

기술가치 평가를 위한 기술사업화 기간 및 비용 추정체계 개발*

전승표

한국과학기술정보연구원 기술사업화분석센터
(spjun@kisti.re.kr)

최대현

국민대학교 경영대학
(dhchoi@kookmin.ac.kr)

박현우

한국과학기술정보연구원 사업기획분석실
(hpark@kisti.re.kr)

서봉군

국민대학교 BIT 전문대학원
(bgseo@kookmin.ac.kr)

박도형

국민대학교 경영대학/비즈니스 IT 전문대학원
(dohyungpark@kookmin.ac.kr)

기술사업화는 기업의 연구개발 과정 및 결과물을 시장에 효과적으로 연계하여 경제 가치를 창출하는 것을 의미한다. 거시적인 관점에서 보면 기술사업화는 국가수준의 R&D 효과성을 강화할 수 있으며, 관련된 산업의 발전을 촉진할 수 있다. 또한, 미시적인 관점에서 보면 기업이나 개인들은 기술사업화를 통해서 경쟁우위를 확보하고, 유지할 수 있다. 특정 기술이 사업화까지 이르기 위해서는 기술 기획, 기술의 연구와 개발, 상용화 즉 시장 진출까지의 크게 세 단계를 거치는 게 일반적이며, 이런 일련의 과정은 많은 시간과 비용을 수반한다. 따라서 연구개발 착수에서 상용화까지 소요되는 기술사업화 기간과 비용은 기업 입장에서는 시장 진출 전략을 결정하는 데 중요한 의사결정 정보가 되며, 기술 투자자에게는 기술가치를 합리적으로 평가하는데 더욱 중요한 정보가 된다. 이렇게 중요한 기술사업화 소요 기간과 비용을 과학적으로 추정하는 것은 매우 중요하지만 현재 까지 이런 두 가지 정보에 대한 연구는 매우 부족한 실정이며, 널리 알려진 방법론도 부재한 상황이다. 본 연구의 목적은 기술사업화 기간과 비용을 추정하는 체계를 설계하고 이를 실제 기업데이터를 활용하여 개발하는 것이다. 구체적으로 특정 기술의 기술 자체의 요인, 기술개발 주체의 역량, 외부 환경 요인의 세 관점에서 어떤 요인들이 기술사업화 기간 및 비용에 영향을 주는지 도출하고, 해당 요인들의 수준에 따라 기술사업화 기간 및 비용을 제시하는 모형을 개발하고자 한다. 본 연구의 결과는 기술을 개발하는 주체와 기술을 투자하는 주체 모두에게 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

주제어 : 기술사업화, 기술가치 평가, 기술사업화 소요 기간, 기술사업화 소요 비용, 기술투자

논문접수일 : 2017년 6월 22일 논문수정일 : 2017년 6월 27일 게재확정일 : 2017년 6월 28일

원고유형 : 일반논문 교신저자 : 박도형

1. Introduction

기술사업화는 연구 개발의 결과물을 통해 시장에 효과적으로 연계하여 경제 가치를 창출할 수 있으며, 해당 기업들은 지속적으로 경쟁우위

를 확보하고 유지할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 기술사업화의 성공을 위해서는 많은 역량(기획, 연구개발, 판매개척 등)이 필요하고 다양한 내부 및 외부 요인들이 영향을 주지만, 개방형 혁신이 활성화되고 지금은 기술금융이나 기

* 본 연구는 한국과학기술연구원 위탁연구과제(K16IA4203R1)의 연구결과가 포함되었습니다.

술평가의 역할도 중요하다. 그런데 기술금융이나 기술이전을 위한 기술평가에 여러 가지 어려움이 있다. 예를 들어서 기술의 가치를 결정하는 방법 중에서 시장접근법의 활용이 가장 권장되지만(Jun et al. 2017), 현재까지 미비한 기술거래 실적 데이터베이스 구축 환경으로 인해 해당 접근법에 의한 기술가치평가가 활성화되지 않고 있는 상황이다. 다양한 방법론을 통해서 기술가치를 평가하는 데 다른 요인들도 중요하지만, 사업화 소요 기간과 소요비용을 도출하는 것은 기술가치평가 및 금액 산출에 직접적으로 영향을 주는 부분이며, 따라서 합리적이고 객관적인 특히 재현 가능한 추정치 필요하다. 이를 위해, 동일 또는 유사 기술의 기술 자체의 요인, 기술개발 주체의 역량, 환경 요인에 의해 해당 기술의 사업성의 평가지표를 추출해냄으로써 사업화를 위한 투자기간 및 소요 비용을 추정하는 과정이 요구된다.

본 연구에서는 합리적인 기술가치평가를 위하여 중소·중견기업의 R&D 기술 사업화(Technology Commercialization)의 소요기간 및 소요비용 추정치를 도출할 수 있는 평가 모형을 제시하고자 한다. 이에 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)의 인프라 자원과 중소기업청에서 제공하고 있는 데이터를 수집하여 데이터베이스를 정규화하고, 기술가치평가방법 중 하나인 시장접근법적 접근에 의한 기본 모형 및 대안 모형을 개발하고자 한다.

본 연구의 결과는 사업화 기간을 과거 데이터 기반으로 추정하기 때문에 기술가치평가 모형에 좀 더 신뢰성 있는 기술가치금액을 산정하는데 활용할 수 있다. 또한 사업화에 소요되는 비용에 대해서도 과학적인 기법을 활용하여 추정치를 제공하기 때문에, 비용을 계산하는 데 있어서도

좀 더 높은 객관성을 확보할 수 있게 한다. 최종적으로 본 연구 결과는 기술정책의 활성화, 기술거래, 투자, 현물출자, 전략수립 등을 위한 기술평가시스템 구축에 다양한 방향으로 활용될 수 있을 것이며, 웹이나 SW 기반의 기술가치평가시스템의 수익모듈에도 즉각적으로 반영될 수 있어 정교한 기술가치평가가 이루어질 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 이러한 연구 내용과 목적을 달성하기 위해서 제 2절에서는 기술가치평가와 기술사업화와 관련된 선행연구를 살펴보고 본 연구의 연구 모형을 설명한다. 제 3절에서는 본 연구 내용을 설명하는데 주요 개념의 조작적 정의, 활용된 자료와 정규화 과정 등을 제시했다. 제 4절에서는 회귀분석과 의사결정나무 분석을 활용해서 기술사업화 소요기간과 소요비용을 추정할 수 있는 방법을 제시했으며, 특히 산업별로 이들 변수에 영향을 줄 수 있는 요인들이 무엇이 있는지 밝혔다. 마지막으로 제 5절에서는 본 연구의 결과를 정리하고 향후 활용을 위한 시사점을 제공했다.

2. Theoretical Background and Research Model

미국을 비롯한 주요 선진국에서는 기술사업화에 관한 관심이 높아짐에 따라 공공연구기관의 기술이전 및 사업화 과정과 성과결정요인 등에 관한 연구가 많이 발표되었다(Link & Siegel, 2007). 하지만 일반적으로 국내 연구기관들에 소속되어 있는 기술사업화 관련 조직은 규모가 작으며, 일부 기관을 제외하면 최근에 설립된 기관이 많아서 기술사업화에 해당하는 성과 요인을

분석한 연구가 많지 않다. 이러한 점을 보완하기 위해 본 연구에는 (1) 기술사업화에 미치는 영향 요인에 대한 연구 (2) 기술가치평가와 기술사업화 관련 선행 연구들을 조사하고 이를 기반으로 (3) 연구 모형을 설계하였다.

2.1 기술사업화의 영향요인에 관한 연구

기술사업화(Technology Commercialization)는 기업의 개발된 기술을 통한 제품 및 상품의 설계, 제조 및 마케팅을 의미하며, 좁은 의미로는 라이선싱이나 양도, 합작투자 등의 기타 협력활동을 통해 기술이전을 하는 것을 말한다(Kollmer & Dowling, 2004). 과거에서부터 지금까지 기술사업화에 관한 연구는 지속적으로 수행되고 있으나 아직까지는 이론과 실제 간의 괴리가 크다고 할 수 있다. 하지만 기술사업화는 연구 개발의 결과물을 통해 경제적인 성과를 향상시켜 줄 수 있다는 점에서 매우 중요한 연구 분야로 볼 수 있다.

기술사업화의 목적은 공공 영역뿐만 아니라 기업의 연구개발 과정 및 결과물을 시장에 효과적으로 연계하여 경제 가치를 창출하는 것이다. 기술사업화가 기술개발을 통해서 기술 혁신 활동을 도모한다는 점을 고려할 때, 국가 R&D의 효과성을 강화할 수 있으며, 특정 기술과 관련된 산업이 발전할 수 있다는 측면에서도 중요하다. 또한 R&D 결과물을 통해 기업의 지속적인 경쟁우위를 확보 및 유지할 수 있다는 점에서도 기술사업화는 중요한 의미를 가질 수 있다(Yoon, 2013).

이와 관련해서 국내에서도 기술사업화 관련한 여러 연구들이 진행되고 있다. Lee & Chung (2010)은 중소기업의 기술사업화 능력이 경영에

미치는 영향에 대한 연구에서 설문조사를 통해 제품화 능력, 마케팅 능력 등의 요소를 기술사업화 능력으로 제시하고 있으며, Park et al.(2014)은 기술사업화 분야에서 빅데이터를 활용하는 방안을 제안하였으며, Hwang & Sung(2015)은 정부출연연구기관에서 기술을 도입한 102개 기업을 대상으로 기술사업화 역량 및 연구개발 역량이 경영혁신성과에 미치는 영향과 시장변동성이 기술사업화 역량 및 혁신성과간의 관계를 조절하는 효과에 대해 실증분석 하였다.

현재 여러 연구들에서 다양하고 서로 다른 관점의 기술사업화 이론을 제안하고 있으나, 기술사업화가 여러 단계로 진행되어 진다는 것은 공통적으로 주장되고 있다(Bright, 1970; Jolly, 1997; Heslop et al., 2001). 기존 기술사업화 단계에 대한 연구 중 대표적 연구로 평가되는 Jolly(1997)는 기술사업화를 기술에 가치를 증대시키는 일련의 과정으로 규정하고, ‘5단계(Sub-process) 4전이(Bridge) 이론’을 제시하였다. ‘5단계 4전이 이론’은 사업화 단계부터 제품의 시장진입과 개선단계에 이르는 기술사업화의 전체 과정을 다룬다. 5단계의 과정은 가능성 있는 기술을 시장기회와 접목시키는 착상단계(Imaging), 새로운 아이디어의 사업화 가능성을 기술 측면과 시장 측면에서 구체화 하는 보육단계(Incubating), 새로운 기술을 판매 가능한 제품으로 구현하고, 시장진출에 대한 기반을 다지는 시연단계(Demonstrating), 새로운 제품의 시장진입에 대한 수용성을 높이는 촉진단계(Promoting), 새로운 기술을 이용한 제품이 시장에서 유지될 수 있도록 다양한 측면에서 관리하는 지속단계(Sustaining) 으로 구성되어 있다. 추가적으로 4개의 전이활동은 각 단계별 이해관계자 충족 및 동원을 위해, 현재 단계에서 후행 단

계로 연결하는데 필요한 자원을 지원하는 것을 의미한다. 각 단계는 구체적으로 관심에 대한 연결, 기술이전과 시장이전을 위한 연결, 기술 확산에 대한 연결이다.

Kokubu(2001)는 기술사업화 과정을 아이디어 구상, 기초연구, 응용연구, 실용화연구, 상용화연구, 상품화모델, 제조단계의 7단계의 과정으로 구분하여 개발된 기술의 상품화에 중점을 두어 상용화 단계를 설명하였다. Cooper(1990)는 성공적인 제품 개발을 위한 상용화 과정을 ‘Stage-gate 프로세스’를 통해 제시하였는데, 이는 제품 개발을 위해 초기 아이디어에서부터 제품의 개발 전체 과정을 관리하는 프로세스이며, Stage, Gate, Gatekeeper로 구성된다. Cooper(1990)에서는 각 단계마다 존재하는 관문이 프로세스를 조절하며, 이는 프로젝트의 성공 여부를 결정할 수 있다고 설명한다. R&D 단계별 연구 개발 목표를 설정하기 위한 모델로서 대표적으로 TRL (Technology Readiness Level; 기술성숙도)모형이 있다. TRL은 특정기술의 성숙도 평가, 이종기술 간의 성숙도 비교를 위한 체계적인 미터법으로 미국 NASA에서 기술투자 위험도 관리의 목적으로 1989년 처음 도입이 되었다. 이후 항공, 우주 및 국방 분야의 R&D 프로그램에 적용하기 위해 정의되었으며, 핵심요소기술의 기술적 성숙도에 대한 일관성 있는 객관적인 지표이다. 따라서 국내에서는 TRL의 도입을 통해 기술개발의 단계별 목표를 설정하거나 정량적인 평가 기준으로 설정하여 사업성과에 기여하고자 하였다. 하지만 최근에는 여러 분야 간 융합을 통해 첨단 기술이 시장에 출시되기 때문에 기술의 전체적인 개발 과정을 TRL로 명확하게 표현하기 어려운 점이 있다. 또한 핵심기술요소를 구분하고 각 세부 기술의 기술적 달성 여부 등을 평가하는 단계

에서 주로 해당 기술분야의 전문가 집단의 판단에 의존하고 있으며, 특정 기술분야에 대한 공인 인증 평가기관이 존재하지 않는 경우에 있어서도 전문가의 주관적인 판단에 의존할 수밖에 없다는 한계를 가질 수 있다. 하지만, 기술을 개발하는 과정에서 기술준비도를 평가하는 것은 전반적인 시스템 개발 성공에 있어서 필수적이기 때문에, 이러한 점을 보완하여 기술의 사업화 추정 모형에 적합하게 활용하는 것이 필요하다.

이상의 기술사업화 관련 연구를 보면 몇 가지 본 연구에 중요한 시사점을 제공한다. 첫째 기술사업화에 대한 정의가 다양하다. 일부 연구에서는 개발된 기술이 상용화되는 단계(Kollmer & Dowling, 2004; Lee & Chung 2010)로 한정되게 해석되기도 하지만, 연구 기획부터 개발은 물론 상용화되는 전 단계를 아우르는 과정 전체를 기술사업화로 정의하기도 한다(Kokubu 2001; Jolly 1997). 본 연구에 정의하는 기술사업화는 후자에 해당된다고 할 수 있다. 두 번째 시사점은 기술사업화에 미치는 영향요인이 매우 다양하다는 것이다. 그런데 산업별로 나타날 수 있는 이런 차이점을 대부분의 연구가 간과하고 있다는 것이다. 본 연구는 이런 점에서 기존 연구와 차별점이 매우 크다고 할 것이다. 세 번째로 기술사업화 성공 여부에 영향을 끼치는 연구는 많지만 정작 기술사업화 기간이나 비용에 끼치는 영향의 정도를 연구한 결과가 없다는 것이다. 본 연구는 기술사업화의 영향요인뿐만 아니라, 기술사업화 소요기관과 비용을 추정하는 객관적인 방법을 찾고 한다.

특히 기술사업화 기간과 비용에 대한 연구는 다양 분석이나 의사결정에 중요한 역할이 기대되지만, 후술할 기술가치평가에서 큰 기여가 기대된다. 기술 사업화를 위해서는 기술의 도입이

나 상용화 투자 여부를 결정하기 위한 기술평가가 필요하며, 기술평가에서 기술사업화 소요기간이나 비용은 평가 결과나 가치산출액에 큰 영향을 주기 때문이다.

2.2 기술가치평가와 기술사업화에 관한 연구

기술가치평가는 기술에 대한 경제적 가치를 추정할 수 있게 하여, 공급자나 수요자측면에서 R&D에 대한 올바른 투자계획 및 집행을 할 수 있게 하는 중요한 역할을 한다. 산업통상자원부(2014)에 따르면 기술가치평가요인 분석에는 크게 기술성, 권리성, 시장성, 사업성 4가지로 구분되어 있고, 각 평가항목에 대한 세부 항목이 존재한다. 대표적인 예를 들어, 기술성을 평가함에 있어서 기술의 개요, 기술의 외부 환경, 기술적 유용성 및 경쟁성에 대한 평가 항목이 존재한다(Kim & Park, 2013).

기술평가에서 기술사업화의 의미는 기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률 제2조에 잘 나타나 있다. 이에 따르면, 기술을 이용하여 제품을 개발, 생산 및 판매를 하거나 이러한 과정의 관련된 기술을 향상시키는 것으로 정의되고 있으며, 기업의 내부 혹은 외부 공급원에서 개발된 기술을 통해서 제품이나 서비스를 생산 및 공급하여 개념으로 창출하는 것으로 정의하고 있다(Park & Yang, 2010; Park & Park, 2014). 또한 좁은 의미로서 실시권 허락, 양도, 기술지도, 공동연구, 합작투자 등의 방법으로 기술이전을 하는 것을 의미하지만, 넓은 개념으로 기술사업화는 초기의 아이디어에서부터 시작하여 경쟁 시장 안에서 독점적인 우위를 차지하기 위한 활동으로 정의할 수 있다(Jeong, 2003). 이와 관련하여, Mitchell & Singh(1996)은 기술사업화를 아이디

어를 획득하고 보완적인 지식을 증대시키며, 상품을 개발 및 제조하여 판매하는 과정이라고 정의한다. 또한 Jolly(1997)는 기술사업화를 사업화가 수행됨에 따라 특정 기술 역시 가치가 커지는 일련의 활동이라 정의하고 있다.

기술가치평가에 있어서 여러 중요한 요인들이 존재하지만 사업화 소요 기간과 소요비용을 추정하는 것은 기술가치평가 및 금액 산출에 직접적으로 영향을 주는 부분이다. 기술을 통해 향후 창출될 매출이나 비용 등이 언제부터 가능할지를 알려준다는 측면에서 사업화 소요 기간은 중요하다 할 수 있으며, 이 기간 동안 사업화를 위해 소요되는 비용은 기술가치평가 시 차감되어야 할 매몰비용(Sunk Cost)이기 때문에, 정확한 추정이 필요하다. 사업화 소요기간 및 비용에 대한 추정은 기술가치평가 측면뿐만 아니라 일반적으로 비즈니스 의사결정에 있어서 가장 중요한 요인들로 꼽을 수 있다. 아무리 특정 기술의 파급력이 크고 유망하다고 판단되어도, 사업화 비용이나 기간에 대한 위험부담이 크다면, 사업화 추진이 어려울 수 있기 때문이다.

따라서 본 연구 과제가 목표로 하는 기술 사업화 소요 기간 및 소요 비용의 추정은 관련 분야의 연구가 적어 학술적으로도 의미가 있을 뿐만 아니라, 실무적, 정책적으로도 매우 중요하다고 할 수 있으며, 과학적 접근 방법을 통한 정량화된 정교한 추정 모형을 개발하는 것은 표준화가 필요한 기술가치분야에서 의미 있는 시도라 할 수 있다.

2.3 기술가치평가와 기술사업화 소요 기간 및 비용

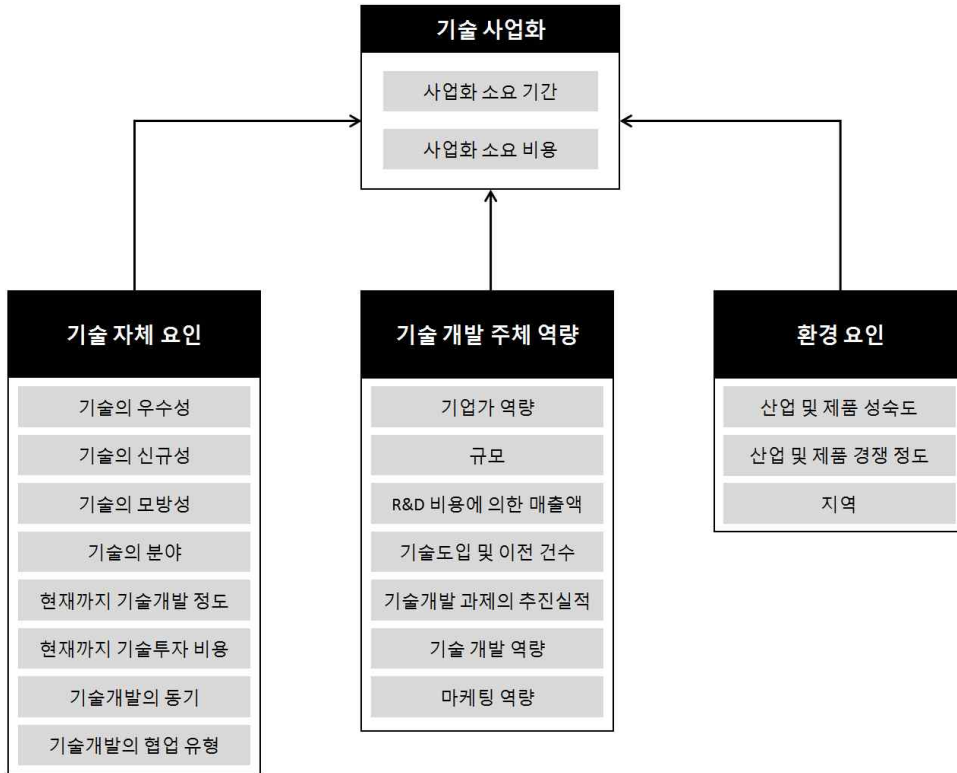
기술가치평가는 특정 기술의 경제적 가치를

평가하는 것을 의미하며, 기술 자체가 가지고 있는 경제적인 가치에 대한 평가가 아니라 기술이 활용되는 기업에 대한 평가를 뜻한다(Kim & Park, 2013). 또한 평가 대상 기술에 관련된 분야의 분석을 통해서 기술의 등급이나 점수, 전문가 의견을 토대로 가치를 측정하는 과정으로 정의되고 있다(Park & Yang, 2010). 기술가치평가를 위한 접근법으로는 크게 해당 기술이 일정 기간 벌어들일 소득을 자본화 시켜서 가치를 평가하는 수익접근법, 기술을 확보하기 위해 과거에 투입된 비용으로 평가하는 비용접근법 그리고 시장에서 거래된 기술의 가치를 기반으로 평가하는 시장사례접근법으로 구분할 수 있다(Seol, 2000). 이러한 평가지표 군을 토대로 공공기관에서 중소기업 및 벤처기업을 주로 지원하는 역할로서 활용하고 있다. 기술가치평가 연구는 기존의 기술사업화 연구와는 기술에 대해 초점을 맞추고 있다는 점에서 유사하며, 기업의 성과 요인 연구와 비즈니스적인 요인을 강조한다는 점에서 유사하다. 하지만 기술가치평가 연구는 기술의 수익성에 중점적으로 초점을 맞춘다는 점에서 기존의 연구들과 차이가 존재한다.

기술가치평가 측면에서 기술의 특성을 평가할 때 일반적으로 기술성, 시장성, 사업역량 등을 평가하는데, 기술성 평가 지표에는 권리안정성, 권리범위, 진부화가능성, 모방용이성, 대체성, 차별성독창성, 전망성, 활용성, 파급성, 혁신성 등이 있으며, 사업성에는 상용화 소요자본, 상용화 요구시간, 파생적 매출, 매출 성장성, 경제적 수명, 시장 점유율, 생산 용이성, 시장 진입성, 영업 이익성 등의 평가지표가 존재한다(Lim et al., 2015). Seol(2000)은 기술 가치의 원천과 결정요인을 4가지로 분류하고 있다. 첫 번째로 기술요

인에는 기술의 우수성, 완성도, 성숙도, 파급효과, 유효 수명, 시스템에서의 위치, 보완 기술, 경쟁 기술의 존재 등의 요소가 있다. 두 번째로 사업요인에는 사업성, 시장성, 기업전략, 기업규모, 권리범위 등의 요소가 있으며, 세 번째 경제요인에는 이자율, 대출시장 상황, 경기변동, 규제 등의 요소가 존재한다. 마지막으로 평가요인에는 평가시점, 평가 목적, 분석력의 요소들이 존재한다고 주장하였다. 또한 Seol & Lee(2002)의 연구에서는 기술가치평가 요인으로 기술요인(혁신성, 환경성, 사회성), 시장요인(환경요인, 산업, 시장, 경쟁 특성), 기업요인(전략요인, 개발력, 생산력, 재무구조, 유통, 기타), 수익성(수익/비용 구조, 수익의 속성), 경영요인(경영자, 핵심전문인력)으로 구분하여 평가리스트를 제시하였다. 또한 Kim & Park(2013)의 대학의 기술이전 성과와 기술가치평가 관련 연구에서는 지식경제부(2011)에서 발행한 기술가치평가 실무가이드를 참고하여 기술가치평가 항목들을 요약 정리하였다. 이 외에도 기술가치평가 방법의 현황과 문제점을 분석하고, 민간 R&D 사업화 평가 모델을 개발하기 위한 가이드라인을 제시하거나, 기술가치평가를 위하여 기존의 특허분류 방법이 아닌 기술의 경제적 수명을 산업별 혹은 업종별로 분류하여 분석한 연구들이 수행되었다.

이상의 문헌들을 종합해보면, 기술사업화 성공요인으로 다음과 같이 (1) 기술 자체의 요인, (2) 해당 주체의 역량 요인, (3) 환경요인으로 구분할 수 있다. 본 연구에서 고려하고자 하는 사업화 소요 기간과 비용 추정에 영향을 주는 요인들은 다음의 연구 모형으로 정리할 수 있다 (Figure 1 참조).



<Figure 1> Research Model

3. Research Design

3.1 사업화 기간 및 비용에 대한 정의

사업화 기간에 있어서 기술개발과 이를 사업화하기 위한 기간은 병행되는 경우가 많아 구분하기 어렵다. 최근에는 기업들이 기술 기획과 동시에 사업화를 함께 고려하여 시장 맞춤 기술을 개발하는 경향이 있기 때문에 이러한 전 과정을 사업화 기간으로 보아야 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 중소기업기술통계 데이터를 기반으로 기술의 사업화의 과정은 ‘개발기획 → 개발

진행 → 사업화’로 구성되는 것으로 정의하고, 전술한 바와 같이 본 연구에서는 사업화 기간을 연구기획, 개발, 사업화의 전체 기간으로 정의한다(Kokubu 2001; Jolly 1997).

현재 기업에서 기술개발과 동시에 경영진은 상업화 노력을 동시에 추진하기 때문에, 각 단계별 비용으로 구분하기 어렵다. 따라서 앞서 정의한 사업화 기간에 발생한 전체 비용으로 하는 것이 바람직하다고 판단하여, 본 연구에서는 사업화 기간에 발생하는 관련 전체 비용으로 정의하고자 한다.

3.2 분석 데이터 및 TRL 5단계별 사업화 기간 및 비용

본 연구의 TRL 단계별 사업화 비용과 기간을 도출하기 위해, 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 데이터베이스와 중소기업청의 중소기업 기술통계(중소기업청과 중소기업중앙회에서 공동으로 매년 실시) 2009년부터 2014년까지의 전체 데이터를 혼합하여 사용하였다. 국가과학기술지식정보서비스 데이터의 경우 기초연구, 응용연구, 개발연구의 3 단계로 각 단계별 비용의 데이터를 보유하고 있지만, 단계별 기간에 대한 정보는 부재한 상황이다. 반면에 중소기업기술 통계 데이터의 경우 개발기획, 개발진행, 사업화의 3 단계의 소요 기간 정보는 있지만, 각 단계별 비용 정보는 가지고 있지 않다. 본 연구에서는 국가과학기술지식정보서비스와 중소기업기술 통계 데이터 모두 3단계로 구분하여 사용하고 있고, 각 단계들이 서로 매칭될 수 있음을 관련 전문가 10인의 의견을 통해 확인하여, 비용에 대한 추정은 국가과학기술지식정보서비스의 데이터를 활용하고, 기간에 대한 추정은 중소기업기술 통계의 데이터를 사용하기로 하였다.

본 연구에서는 TRL 5단계(기초연구, 응용연구, 개발연구, 시제품제작, 사업화)의 단계별 소요기간 및 비용을 추정하는 것이 목적이기 때문에, 각 데이터가 제공하는 세 단계의 값을 다섯 단계로 분배하는 과정이 필요하다. 이를 위해 다음의 추정 로직을 개발하였다.

기존의 데이터에서 첫 번째 단계(기초연구, 기획 단계)를 X로 설정하고, 두 번째 단계(응용연구, 개발단계)를 Y로, 마지막 단계(개발연구, 사업화 단계)를 Z라고 했을 때, 첫 번째 단계(X)는 TRL 1단계인 기초연구 단계로 1:1 매핑하였고, 두 번째 단계 (Y)는 TRL 2단계인 응용연구 단계, TRL 3단계인 개발연구단계로 X, Y에 대한 가중 평균으로 추정하였다. 마찬가지로 방식으로 마지막 단계(Z)를 각각 TRL 4단계인 시제품제작 단계와 TRL 5단계인 사업화 단계로 Y와 Z의 가중 평균을 이용해 도출하였다. 구체적인 추정 로직(수식)은 다음과 같다.

$$T1 = X \quad T2 = Y \times \frac{X}{(X+Y)} \quad T3 = Y \times \frac{Y}{(X+Y)}$$

$$T4 = Z \times \frac{Y}{(Y+Z)} \quad T5 = Z \times \frac{Z}{(Y+Z)}$$

다음의 Table 1과 Table 2는 이렇게 추정된 사업화 소요 비용과 기간의 산업별 도출 값이다.

연구 모형에서 제시된 사업화 비용, 기간 추정 모형 개발을 위해서는 중소기업기술통계 데이터를 활용하였다. 여기서 기술 자체의 요인, 기술 개발 주체 요인, 환경 요인들에 해당되는 데이터를 추출하였고, 종속변수로는 연구 개발 총 소요 기간 및 비용을 활용하였다. 추정 모형은 전체 기간과 비용을 추정하는 것으로 모형 개발하였고, 최종 추정된 값을 앞서 표에서 제시한 비율대로 분배하는 것으로서 최종 TRL 5 단계별 사업화 소요 기간 및 비용을 계산하고자 한다.

<Table 1> Distribution of Commercialization Duration by TRL 5 Steps (Unit: month)

코드	업종	기업 수	T1	T2	T3	T4	T5
10	식료품 제조업	445	4.74	2.70	3.60	2.91	2.51
11	음료 제조업	159	4.60	2.58	3.28	2.87	2.76
13	섬유제품 제조업; 의복제외	347	4.97	2.88	3.96	3.22	2.87
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	227	3.69	1.96	2.21	2.07	2.05
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	186	3.60	1.90	2.13	2.03	2.06
16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	159	3.92	2.26	3.07	2.68	2.71
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	295	4.10	2.34	3.10	2.57	2.31
18	인쇄 및 기록매체 복제업	271	3.38	1.88	2.33	1.97	1.74
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	105	4.52	2.78	4.44	3.34	2.87
20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	584	5.38	3.38	5.70	3.94	3.03
21	의약품 물질 및 의약품 제조업	241	6.00	3.83	6.76	4.69	3.73
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	645	4.83	2.86	4.17	3.07	2.38
23	비금속 광물제품 제조업	326	5.60	3.27	4.61	3.55	2.91
24	1차 금속 제조업	372	5.14	3.14	4.91	3.62	2.97
25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구제외	635	4.78	2.83	4.10	3.24	2.86
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조	635	4.54	2.87	4.95	3.43	2.68
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	574	4.95	3.18	5.72	3.81	2.86
28	전기장비 제조업	622	5.12	3.09	4.72	3.51	2.88
29	기타 기계 및 장비 제조업	663	5.24	3.06	4.32	3.48	3.10
30	자동차 및 트레일러 제조업	603	4.73	2.77	3.92	3.18	2.88
31	기타 운송장비 제조업	355	4.97	2.96	4.36	3.39	2.92
32	가구 제조업	253	4.16	2.47	3.59	2.65	2.07
33	기타 제품 제조업	290	4.61	2.61	3.41	2.66	2.12
38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	80	4.81	2.83	4.05	3.14	2.64
58	출판업	605	5.02	3.06	4.76	3.42	2.66
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	315	5.42	3.19	4.58	3.35	2.54
63	정보서비스업	178	4.13	2.40	3.35	2.67	2.32
70	연구개발업	274	7.07	4.50	7.89	5.10	3.58
72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스	483	5.88	3.43	4.80	3.86	3.42
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	73	4.26	2.50	3.53	2.99	2.93

<Table 2> Distribution of Commercialization Cost by TRL 5 Steps (Unit: 1,000,000 Won)

코드	업종	기업 수	T1	T2	T3	T4	T5
10	식료품 제조업	688	24988	14823	21625	26830	74901
11	음료 제조업	47	3525	1587	1313	2244	7672
13	섬유제품 제조업; 의복제외	416	16204	9763	15029	18554	57293
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	346	15328	9438	15631	18481	53655
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	97	2334	1652	4196	4593	16877
16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	80	3048	1432	1735	2171	4764
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	176	4642	3180	7037	7427	19897
18	인쇄 및 기록매체 복제업	143	4312	2346	3029	4091	13222
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	29	2633	1450	2220	2473	5451
20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	1447	93164	60035	110222	125891	363273
21	의약품 물질 및 의약품 제조업	281	37639	21808	30681	41169	150109
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	869	34487	21044	34017	43359	164300
23	비금속 광물제품 제조업	384	18364	10906	15950	18997	45978
24	1차 금속 제조업	452	18671	11511	19240	22693	66948
25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구제외	1250	38914	24598	42330	50732	159298
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조	2581	108089	78137	206607	238434	1273176
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	1458	67446	46509	104757	117285	417849
28	전기장비 제조업	1800	59425	41769	99600	111987	429587
29	기타 기계 및 장비 제조업	3933	149950	102584	222181	251751	872401
30	자동차 및 트레일러 제조업	1088	55795	35134	59972	80091	443692
31	기타 운송장비 제조업	286	12434	7965	14523	18419	83369
32	가구 제조업	165	4416	2534	3419	4675	17136
33	기타 제품 제조업	381	8910	5938	12080	13043	34557
38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	121	4251	2851	5971	5968	12514
58	출판업	2826	73404	52277	129520	143877	572239
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	368	10395	7578	23035	21510	53266
63	정보서비스업	206	7671	5292	12545	13705	46143
70	연구개발업	285	33759	18963	32943	37425	98478
72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스	1242	64931	36936	48756	62099	172416
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	182	6805	4185	8712	9015	21119

4. Research Result

4.1 사업화 기간 추정 모형

전체 산업에 대해 사업화 총 소요기간에 영향을 미치는 요인을 통계적으로 분석했는데, Figure 1에 제시된 18개 변수군에 대해서 분석했고 그 중에서 8개의 변수가 유의하게 도출되었다($p < 0.1$)(Table 3 참조). 회귀분석을 수행함에 있어서 변수를 입력방식으로 선택하였으며, 공차 한계가 0.1보다 훨씬 크고, VIF도 10미만으로 독립변수들간의 다중공선성의 문제가 없는 것으로 보여 분석에 적합하다고 판단하였다. 유의한 변수들과 사업화 총 소요기간의 관계를 살펴보면, 사업화 총 소요 기간 전체에 대해서 주력 제품 기술을 외부 업체에서 모방 개발하는데 소요되는 기간이 길수록, 주력 제품의 기술의 신규성이 높을수록, 주력제품의 시장도입에서 쇠퇴기까지 제품수명주기가 길수록, 기술의 특성(난이도)이 고기술일수록, 기술개발 추진 방법에 있어서 자체개발 비율이 낮을수록, 기술개발 건수가 적을수록, 해외에 기술이전에 건수가 많을수록 사업

화 총 소요기간이 증가함을 파악할 수 있다. 이 중, 독립변수 중에서 영향력이 큰 요인은 모방개발 소요기간으로 나타났으며, 뒤를 이어 제품 수명주기의 영향이 큰 것으로 나타났다. 이러한 영향력은 두 변수 모두 기간과 직접적으로 관계된 변수이기 때문에 도출된 결과로 해석해볼 수 있다. Table 3에 제시된 회귀분석의 분산분석 결과를 보면 p 값은 0.01보다 낮아 유의미하게 나타났으며, 결정계수도 13%보다 높게 나타나서 사회과학 연구 기준으로 보통 이상인 것을 확인할 수 있었다(Cohen 1992).

전체 업종에 대한 사업화 총 소요기간의 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{사업화 총 소요기간} = & 14.879 + 2.535 * \text{모방개발} \\ & \text{소요기간} - 1.187 * \text{주력 기술의 신규성} + \\ & 0.986 * \text{제품수명주기} - 1.851 * \text{기술특성(난이도)} \\ & - 0.035 * \text{자체개발비율} + 0.023 * \text{국내외 특허 및 지식재산권 등록 합계} \\ & - 0.014 * \text{기술개발 건수} + 3.883 * \text{해외 기술이전건수} \end{aligned}$$

<Table 3> Regression Model of Commercialization Duration of R&D Performance

변수	Unstandardized Beta	Standardized Beta	t-Value	p-Value
(상수)	14.879		14.579	0.001
모방개발 소요기간	2.535	0.271	19.593	0.001
주력 기술의 신규성	-1.187	-0.086	-6.429	0.001
제품수명주기	0.986	0.128	9.666	0.001
기술특성(난이도)	-1.851	-0.096	-7.235	0.001
자체개발비율	-0.035	-0.075	-6.183	0.001
국내외 특허 및 지식재산권 등록 합계	0.023	0.061	4.951	0.001
기술개발 건수(진행중+실패+성공)	-0.014	-0.033	-2.686	0.007
해외 기술이전건수	3.883	0.023	1.931	0.054

Model Fit: adj r²=0.195, F(8,5465) = 166.522(p<0.01)

4.2 사업화 비용 추정 모형

전체 산업에 대해 사업화 총 소요비용에 영향을 미치는 요인을 역시 통계적으로 분석했는데, Figure 1에 제시된 18개 변수군에 대해서 분석했고 그 중에서 9개의 변수가 유의하게 도출되었다($p < 0.1$)(Table 4 참조). 유의한 변수들과 사업화 총 투자비용의 관계를 살펴보면, 연구개발직 보유 인원이 많을수록, 기업 규모 변수인 종사자수가 많을수록, 기술개발 건수가 적을수록, 국내외 특허 및 지식재산권 등록 건수가 많을수록, 주력 제품기술을 외부 업체에서 모방 개발하는데 소요되는 기간이 길수록, 마케팅역량 변수인 기술개발 성공 후 제품화 성공 비율이 높을수록, 기업의 기술분야별 평균 기술수준이 낮을수록, 국내 기술의 도입 건수가 작을수록, 기술의 특성(난이도)이 고기술일수록 사업화 총 투자 비용이 커진다는 것을 파악할 수 있다. 이 중, 기업의 규모 변수인 연구개발직 보유 현황이 가장 강한 영향력을 보였으며, 역시 규모 변수인 종사자수가 영향력이 크게 나타나서 규모가 큰 기업의 연구

가 상대적으로 사업화 비용이 높은 연구를 수행하는 것으로 나타났다. Table 4에 제시된 회귀분석의 분산분석 결과를 보면 p 값은 0.01보다 낮아 유의미하게 나타났으며, 결정계수도 13%보다 높게 나타나서 사회과학 연구 기준으로 보통 이상인 것을 확인할 수 있었다(Cohen 1992).

전체 업종에 대한 사업화 총 투자비용의 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{사업화 총 소요비용} = & -39.186 + 7.773 * \text{연구개발직 보유현황} + 0.8999 * \text{종사자수} - \\ & 1.295 * \text{기술개발 건수} + 0.873 * \text{국내외 특허 및 지식재산권 등록 합계} + 15.404 * \text{모방개발 소요 기간} + 123.824 * \text{기술개발 성공 후 제품화 성공 비율} - \\ & 0.616 * \text{기술분야별 평균 기술수준} - 15.511 * \text{기술특성(난이도)} - 17.617 * \text{국내 기술도입건수} \end{aligned}$$

4.3 산업별 분석

Figure 1에서 제안한 연구 모형을 기반으로 30개의 산업별 구분해서 각각 분석을 수행하여 산업간 영향요인에 대한 차이를 확인해 보았다. 30

<Table 4> Regression Model of Commercialization Cost of R&D Performance

변수	Unstandardized Beta	Standardized Beta	t-Value	p-Value
(상수)	-39.186		-0.991	0.322
연구개발직 보유현황	7.773	0.260	18.235	0.001
종사자수(연구+생산+사무직)	0.899	0.141	10.051	0.001
기술개발 건수(진행중+실패+성공)	-1.295	-0.102	-8.132	0.001
국내외 특허 및 지식재산권 등록 합계	0.873	0.076	5.867	0.001
모방개발 소요 기간	15.404	0.056	4.295	0.001
기술개발 성공 후 제품화 성공 비율	123.824	0.050	4.030	0.001
기술분야별 평균 기술수준	-0.616	-0.042	-3.301	0.001
기술특성(난이도)	-15.511	-0.027	-2.043	0.041
국내 기술도입건수	-17.617	-0.024	-1.887	0.059

Model Fit: adj r²=0.154, F(9,5464) = 111.360(p<0.01)

개의 산업 분류는 표준산업분류(KSIC)를 따랐으며, 대분류(두 자리)를 기준으로 30개 산업을 나누었다. 분석 방법은 전체 산업을 대상으로 진행한 방식과 동일하며, 각 산업의 결과는 기술가치 평가시스템의 고도화에 사용될 수 있기 때문에, 산업별 로직이나 규칙을 도출하기 위해, 의사결정나무 분석 방법을 추가로 수행하였다. 본 논문에서는 모든 산업의 분석 결과를 상세히 제시하기엔 지면의 한계가 있기 때문에, 하나의 산업(전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조 산업: KSIC2 DIGIT - 26)을 예시로 제시한다.

전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조 산업의 사업화 총 소요기간의 경우 총 5개의 독립 변수가 유의하게 도출되었다($p < 0.1$) (Table 5 참조). 유의한 변수들과 사업화 기간의 관계를 살펴보면, 주력 제품 기술을 외부 업체에서 모방 개발하는데 소요되는 기간이 길수록, 주력 제품의 시장도입에서 쇠퇴기까지의 수명주기가 길수록, 기술의 특성(난이도)이 고기술일수록, 기업의 기술분야별 평균 기술수준이 낮을수록, 기술을 개발함에 있어서 자체적으로 개발하는 비율이 낮을수록 해당 업종의 사업화 기간이 증가함을 파악할 수 있다. 이 중, 모방개발 소요 기간과

제품수명주기가 단위당 영향력이 상대적으로 크다는 것으로 파악할 수 있으며, 뒤를 이어 기술개발 난이도와 기술분야별 평균 기술수준 요인의 영향력 정도를 확인할 수 있다. Table 5에 제시된 회귀분석의 분산분석 결과를 보면 회귀식은 통계적으로 유의미하며, 설명력은 보통수준인 것을 확인할 수 있었다.

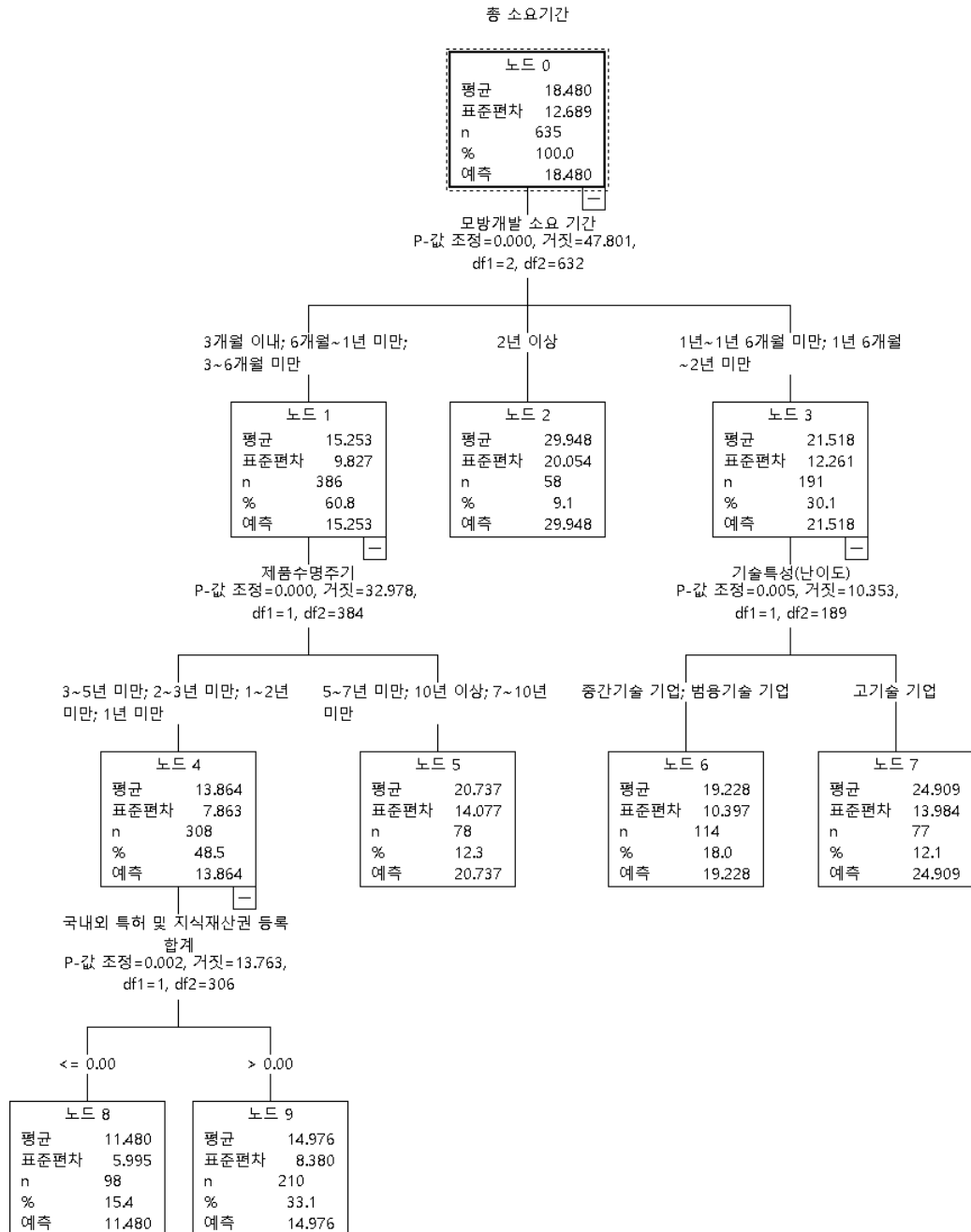
해당 업종에 대한 사업화 총 소요 기간의 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{사업화 총 소요기간} = & 17.324 + 2.109 * \text{모방개발} \\ & \text{소요 기간} + 1.282 * \text{제품수명주기} - 2.723 \\ & * \text{기술특성(난이도)} - 0.053 * \text{기술분야별 평} \\ & \text{균 기술수준} - 0.036 * \text{자체개발비율} \end{aligned}$$

사업화 기간에 대한 통계모형기반 분석 후, 데이터마이닝 기반의 분석을 수행하였다. 시스템 사용 및 직관적인 이해를 돕기 위해 의사결정나무 모형을 활용하였으며, 사업화 기간과 비용을 가장 잘 나눌 수 있는 요인들을 먼저 탐색하고, 이를 기반으로 다음의 Figure 2와 같은 의사결정나무를 제안하고 있다. 본 연구에서는 여러 가지 의사결정나무 분석 방법 중에서 가장 대표적인 회귀나무 방법(이하, ‘CART(Classification and

<Table 5> Regression Model of Commercialization Duration of R&D Performance (KSIC2 DIGIT 26)

변수	Unstandardized Beta	Standardized Beta	t-Value	p-Value
(상수)	17.324		4.688	0.001
모방개발 소요 기간	2.109	0.218	4.057	0.001
제품수명주기	1.282	0.173	3.313	0.001
기술특성(난이도)	-2.723	-0.149	-2.849	0.005
기술분야별 평균 기술수준	-0.053	-0.119	-2.339	0.020
자체개발비율	-0.036	-0.089	-1.778	0.076
<i>Model Fit: adj r²=0.138 F(6,343) = 10.306(p<0.01)</i>				



<Figure 2> Decision-tree Model of Commercialization Duration of R&D Performance (KSIC2 DIGIT 26)

Regression Tree’)을 선택했다(Breiman et al., 1984). 의사결정나무 분석의 타당성 분석을 위해 분석 대상으로 분할했는데, 50%는 훈련 표본으로 50%는 검정 표본으로 설정했다. 불순도 측정은 지니(Gini) 지수를 활용했으며 최소 변화량은 0.0001로 설정했고, 최대 깊이는 5로 설정했다. 또한 오분류 비용은 가중하기 않았다.

전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조 산업의 사업화 총 투자비용의 경우 총 5개의 변수가 유의하게 도출되었다($p < 0.1$)(Table 6 참조). 유의한 변수들과 사업화 비용의 관계를 살펴보면, 국내외 특허 및 지식재산권 등록의 수가 많을수록, 기술개발 건수가 적을수록, 연구개발직 직원 수가 많을수록, 국내 기술도입건수가 적을수록, 해외 기술도입건수가 적을수록 해당 업종의 사업화 총 투자비용이 증가함을 파악할 수 있다. 이 중, 국내외 특허 및 지식재산권 등록의 수가 상대적으로 가장 큰 영향력을 보였고, 기술개발 건수와 연구개발직 보유현황이 유사한 수준으로 뒤를 이어 높은 영향력을 주는

요인으로 판단되었다. Table 6에 제시된 회귀분석의 분산분석 결과를 보면 회귀식은 통계적으로 유의미하며, 설명력은 보통수준인 것을 확인할 수 있었다.

해당 업종에 대한 사업화 총 소요 기간의 추정식은 다음과 같다.

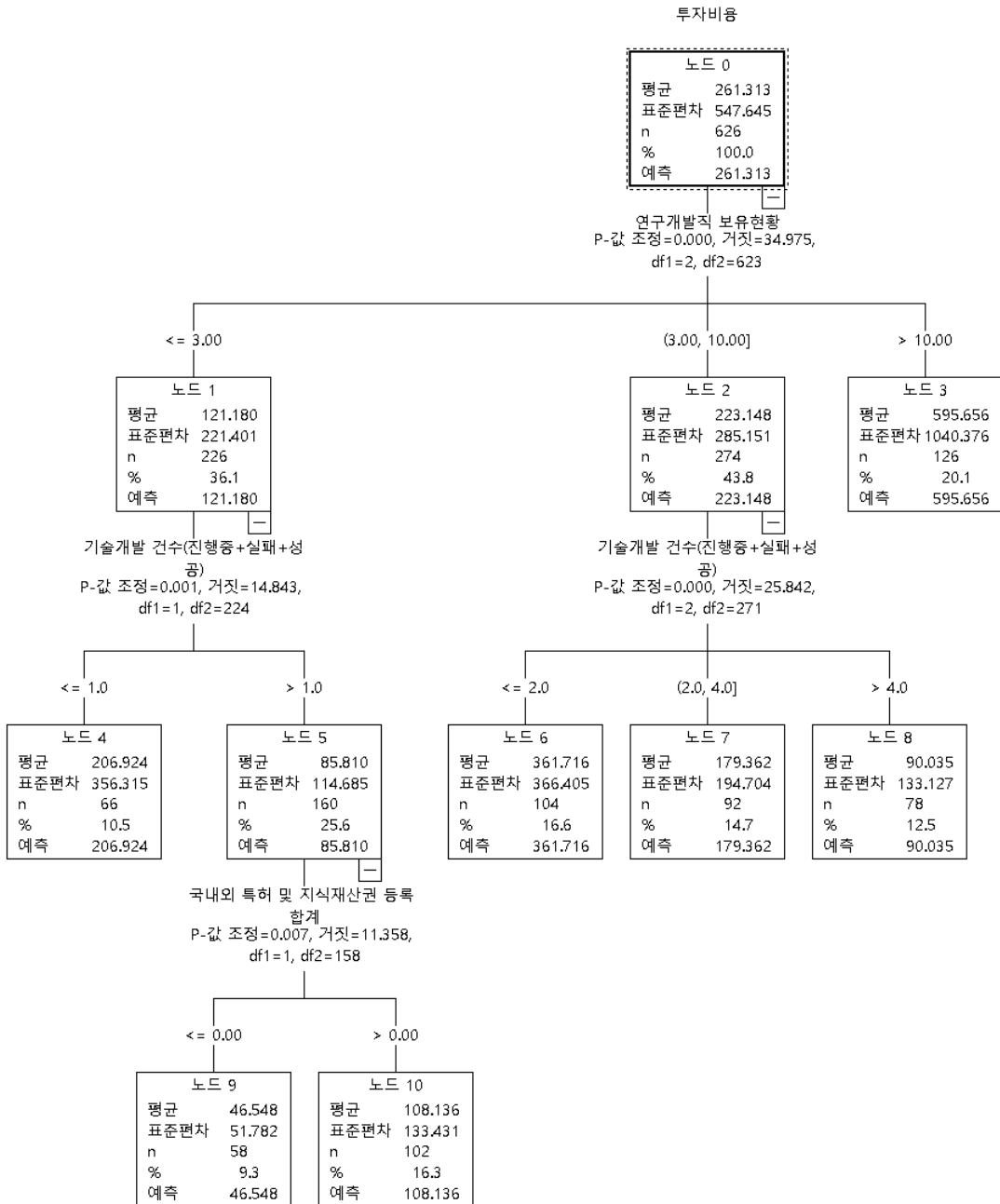
$$\begin{aligned} \text{사업화 총 소요비용} = & 111.232 + 9.715 * \text{국내} \\ & \text{외 특허 및 지식재산권 등록 합계} - 10.596 * \\ & \text{기술개발 건수} + 8.371 * \text{연구개발직 보유 현황} \\ & - 168.838 * \text{국내 기술도입건수} - 45.605 * \\ & \text{해외 기술도입건수} \end{aligned}$$

마찬가지로, 사업화 비용에 대한 통계모형기반 분석 후, 데이터마이닝 기반의 분석을 수행하여 Figure 3에 제시했다.

다음의 <Table 5>와 <Table 6>은 산업별로 사업화 소요 기간 및 비용에 대해서 회귀분석을 통해서 어떤 변수들이 통계적으로 유의했는지를 보여주고 있다.

<Table 6> Regression Model of Commercialization Cost of R&D Performance (KSIC2 DIGIT 26)

변수	Unstandardized Beta	Standardized Beta	t-Value	p-Value
(상수)	111.232		5.215	0.001
국내외 특허 및 지식재산권 등록 합계	9.715	0.596	14.572	0.001
기술개발 건수(진행중+실패+성공)	-10.596	-0.374	-9.119	0.001
연구개발직 보유현황	8.371	0.378	7.434	0.001
국내 기술도입건수	-168.838	-0.140	-3.406	0.001
해외 기술도입건수	-45.605	-0.066	-1.665	0.097
<i>Model Fit: adj r²=0.602 F(5,344) = 106.431(p<0.01)</i>				



<Figure 3> Decision-tree Model of Commercialization Cost of R&D Performance (KSIC2 DIGIT 26)

<Table 5> Significant Variables for Commercialization Duration of R&D Performance Depending on Industry

코드	업종	모방개발 소요기간	제품수명주기	주력 기술의 신규성	기술특성 (난이도)	자체개발 비용	국내의 특허 및 지식재산권 등 특권 관계	연구개발지 보유정확	기술분야별 평균 기술수 준	해외 기술이전 건수	국내 기술도입 건수	기술개발 경험 중 제품화 성 공비율	중사자수 (연구+생산 +사무직)	국내 기술이 전건수	기술개발 건 수 (진행중+성 공+실패)	해외 기술 도입건수
10	식품 제조업	+	+	-	-											
11	음료 제조업	+	+	-	-		+	-	-						+	
13	섬유제품 제조업; 의복제외	+	+	-	-	-				+						
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	+	+	-	-	-										
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	+	+	-	-	-										
16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외			-	-											
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	+		-	-						-					
18	인쇄 및 기록매체 복제업	+	+	-	-											
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업		+	-	-							-				
20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	+	+	-	-	-	+	+								
21	의약품 물질 및 의약품 제조업	+		-	-	-										
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	+	+	-	-	-										
23	비금속 광물제품 제조업	+		-	-	-			+							
24	1차 금속 제조업	+		-	-	-										
25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구제외	+		-	-	-	+									
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조	+	+	-	-	-										
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	+		-	-	-										
28	전기장비 제조업	+	+	-	-	-										
29	기타 기계 및 장비 제조업	+	+	-	-	-										
30	자동차 및 트레일러 제조업	+		-	-	-										
31	기타 운송장비 제조업	+		-	-	-			+						+	
32	가구 제조업	+		-	-	-										
33	기타 제품 제조업	+	+	-	-	-										
38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	+		-	-	-	+									
58	출판업	+	+	-	-	-									+	-
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	+	+	-	-	-										+
63	정보서비스업			-	-	-				+						
70	연구개발업	+		-	-	-										
72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스	+		-	-	-	+									
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	+		-	-	-										

<Table 6> Significant Variables for Commercialization Cost of R&D Performance Depending on Industry

코드	업종	기술개발 건수 (진행중+완료+정리)	연구개발지 보유정확	중사자수 (연구+생산+사무 직)	기술분야별 평균 기술수준	기술특성 (난이도)	국내 기술도 입건수	모방개발 소요 기간	국내의 특허 및 지식재산 권 등록 관계	자체개발 비율	제품수명 주기	해외 기술도 입건수	해외 기술이 전건수	주력 기술의 신규성
10	식품 제조업		+	+	-									
11	음료 제조업	-		+	-									
13	섬유제품 제조업; 의복제외		+								-	+		
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	-	+											
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	-	+											
16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	-										+		
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업		+											
18	인쇄 및 기록매체 복제업													
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업							+	+					
20	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외							+	+					
21	의약품 물질 및 의약품 제조업		+											
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	-	+	+										
23	비금속 광물제품 제조업	-	+											
24	1차 금속 제조업	-		+										
25	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구제외	-	+	+										+
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조	-	+											-
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	-	+	+							+	+		
28	전기장비 제조업	-	+	+										
29	기타 기계 및 장비 제조업	-	+	+									+	
30	자동차 및 트레일러 제조업	-	+								+			
31	기타 운송장비 제조업	-	+											
32	가구 제조업	-	+											
33	기타 제품 제조업	-		+										
38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업													-
58	출판업	-		+					+	+				
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	-		+										
63	정보서비스업	-		+										
70	연구개발업	-		+										
72	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스	-												
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업							+						

5. Conclusion

본 연구는 기술사업화와 관련된 의사결정에 중요한 정보인 기술사업화 소요 기간과 비용을 객관적으로 추정할 수 있는 방법은 제안했는데, 각각에 영향을 줄 수 영향 요인을 전체산업은 물론 30개 산업에 대해서 각각 도출해 비교했다. 본 연구의 연구 결과를 활용하면, 보다 객관적으로 기술사업화 소요 기간과 비용을 산정할 수 있게 될 것이며, 특정 산업이 다른 산업과 기술사업화 소요 기간과 비용의 영향요인이라는 측면에서 어떤 차이가 있는지 밝힐 수 있게 되었다. 이런 본 연구개발 결과의 기대성과 및 활용방안은 아래와 같이 정리될 수 있다.

먼저 기술가치평가모형에 반영되어 보다 객관적인 기술가치 금액 산정에 활용될 수 있다. 기술로부터 향후 벌어질 매출액을 할인하는데 있어, 현재 기술 개발 단계에서 사업화까지 걸리는 기간은 금액 산정에 큰 영향을 미치는 요소이다. 본 연구의 결과는 사업화 기간을 과학적으로 과거 데이터 기반으로 추정하여 주기 때문에, 좀 더 신뢰할 수 있는 기술 가치 평가에 기여할 수 있다. 본 연구에서 통계학적 모형, 데이터마이닝 모형 등 다양한 분야의 모형을 비교 검증하여 최선의 모형을 제안한 점은 이론적으로도 큰 공헌이라 할 수 있다.

더불어, 사업화에 소요되는 비용에 대해서도 과학적인 기법을 활용하여 과거 데이터 기반의 신뢰할 수 있는 추정치를 제공하기 때문에, 기술가치평가시에 관련 비용을 계산하는 데 있어 좀 더 높은 객관성을 확보할 수 있게 한다. 사업화 비용 추정은 과거 연구에서 활발히 연구되고 있지 않은 주제인데, 본 연구를 통해서 사업화 비용의 중요성을 재조명하고 있고, 도출된 연구

결과는 학문적으로도 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다.

마지막으로 본 연구결과는 기술가치평가 시스템에 반영되어, 국가 연구소 및 R&D 담당자들이 정교한 기술가치평가를 할 수 있도록 제공될 수 있다. 관련 로직이나 알고리즘이 시스템에 직접 반영될 수 있도록 독립적으로 구현될 수 있다는 점이 이러한 실무적인 즉각 활용을 가능하게 한 것이다. 결국, 앞선 이론적인 공헌점과 함께 실무적으로도 의미 있는 시사점을 가진다고 생각 된다.

본 연구의 한계도 있는데, 기술사업화 소요 기간과 비용의 추정에서 개별적인 변수의 선정에 대한 이론적 검토가 부족해서, 본 연구의 연구 방법은 체계적인 변수 선정이라기 현장 연구의 결과로 볼 수 있다. 입수 가능한 대규모 설문은 분석 대상 자료 활용했기 때문에 통계적 분석력은 높지만, 역설적으로 기존의 설문 존재하지 않는 변수에 대해서는 고려되지 못한 한계가 있을 수 있는 것이다. 이런 부분을 보완하기 위해서는 이론적 연구기반의 보완적 설문 연구나 사례 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 제공되지 못했지만, 회귀분석의 결과와 데이터마이닝 결과의 차이점에 대한 연구도 향후 필요하다.

참고문헌(References)

- Breiman, L., J. Friedman, C. J. Stone and R. A. Olshen, *Classification and regression trees*, CRC press, 1984
- Bright. J. R., *Practical technology forecasting: Concepts and Exercises*, The Industrial

- Management Center, Austin, TX, 1978.
- Cooper, R. G., "Stage-gate systems: a new tool for managing new products," *Business horizons*, Vol.33, No.3, 44-54.
- Cohen, J., "Statistical power analysis. Current directions in psychological science," Vol.1, No.3(1992), 98-101.
- Heslop, L. A., E. McGregor and M. Griffith, "Development of a technology readiness assessment measure: The cloverleaf model of technology transfer," *Journal of Technology Transfer*, Vol.26, No.4(2001), 369-384.
- Hwnag, K. Y. and E. H. Sung, "The Relationships between Technology Commercialization Competence, R&D Capacity, Innovation and Export Performance: In the Firms Introduced the Technology from Government-funded Research Institutes in Daedeok Innopolis," *Journal of Korea Trade*, Vol.40, No.1(2015), 285-309.
- Jeong, H. S., *Technology Commercialization Theory and Practice*, KISTI, Seoul, 2003.
- Jolly, V. K., *Commercializing new technologies: Getting from Mind to Market*, Harvard Business School Press, Boston, 1997.
- Jun S. P., T. E. Sung and C. San, "A Data-based Sales Forecasting Support System for New Businesses," *Journal of Intelligent and Information System*, Vol.23, No.1(2017), 1-22.
- Kim, C. H. and H. W. Park, "The Role of Technology Valuation in Technology Transfer of Universities," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.16, No.3(2013), 754-783.
- Kokubu, A. "Technology Commercialization in International Technology Transfer", 2001, in Chung, H., *Theory and Practice of Technology Commercialization*, Daejeon: Korea Institute of Science and Technology Information, 2003.
- Kollmer, H. and M. Dowling, "Licensing as a commercialisation strategy for new technology-based firms," *Research Policy*, Vol.33, No.8(2004), 1141-1151.
- Lee, D. S. and L. C. Chung, "A Study on the Effect of Technological Innovation Capability and Technology Commercialization Capability on Business Performance in SMEs of Korea," *The Korean Small Business Review*, Vol.32, No.1(2010), 65-87.
- Lim, S. M., S. G. Kim and H. W. Park, "A Study on a Conceptual Model for Technology Valuation Based on Market Approach," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.18, No.1(2015), 204-231.
- Link, A. N., and D. S. Siegel, *Innovation, entrepreneurship, and technological change*, Oxford University Press. 2007
- Mitchell, W. and K. Singh, "Survival of Businesses Using Collaborative Relationships to Commercialize Complex Goods," *Strategic Management Journal*, Vol.17, No.3(1996), 169-195.
- Park, C. G., H. S. Roh, Y. J. Choi, H. W. Kim and J. K. Lee, "A Study on the Application Methods of Big Data in the Technology Commercialization Process," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol.19, No.4(2014), 73-99.
- Park, S. C. and D. W. Yang, "The Empirical Study on Relationship between SMEs' Technology Evaluation Index and Technology

- Commercialization Performance," *Korea Business of Business Administration*, Vol.23, No.1(2010), 41-63.
- Park, W and H. Y. Park, "A Study on Business Ecosystem Model for Technology Commercialization: Focused on Its Application to Public R&D Commercialization," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.17, No.4(2014), 786-819.
- Seol, S. S. and K. H. Lee, "A Study on Checklists for Technology, Market and Firm Analysis," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.5, No.3(2002), 277-292.
- Seol, S. S., "A Theoretical Framework for the Valuation of Technology," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.3, No.1(2000), 5-21.
- Yoon, C., "A Study on the Management System of Special Organization for University Technology Transfer and Commercialization," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.4, No.4(2013), 1055-1089.

Abstract

Development of Systematic Process for Estimating Commercialization Duration and Cost of R&D Performance

Seoung-Pyo Jun* · Daeheon Choi** · Hyun-Woo Park*** ·
Bong-Goon Seo**** · Do-Hyung Park*****

Technology commercialization creates effective economic value by linking the company's R & D processes and outputs to the market. This technology commercialization is important in that a company can retain and maintain a sustained competitive advantage. In order for a specific technology to be commercialized, it goes through the stage of technical planning, technology research and development, and commercialization. This process involves a lot of time and money. Therefore, the duration and cost of technology commercialization are important decision information for determining the market entry strategy. In addition, it is more important information for a technology investor to rationally evaluate the technology value. In this way, it is very important to scientifically estimate the duration and cost of the technology commercialization. However, research on technology commercialization is insufficient and related methodology are lacking.

In this study, we propose an evaluation model that can estimate the duration and cost of R & D technology commercialization for small and medium-sized enterprises. To accomplish this, this study collected the public data of the National Science & Technology Information Service (NTIS) and the survey data provided by the Small and Medium Business Administration. Also this study will develop the estimation model of commercialization duration and cost of R&D performance on using these data based on the market approach, one of the technology valuation methods.

Specifically, this study defined the process of commercialization as consisting of development

* Technology Commercialization Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology Information

** College of Business Administration, Kookmin University

*** Technology Commercialization Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology Information

**** Graduate School of Business IT, Kookmin University

***** Corresponding author: Do-Hyung Park

College of Business Administration / Graduate School of Business IT, Kookmin University

Jeongneung-Ro 77, Seongbuk-Gu, Seoul, 02707, Korea

Tel: +82-2-910-5613, Fax: +82-2-910-5209, E-mail: dohyungpark@koomin.ac.kr

planning, development progress, and commercialization. We collected the data from the NTIS database and the survey of SMEs technical statistics of the Small and Medium Business Administration. We derived the key variables such as stage-wise R&D costs and duration, the factors of the technology itself, the factors of the technology development, and the environmental factors. At first, given data, we estimates the costs and duration in each technology readiness level (basic research, applied research, development research, prototype production, commercialization), for each industry classification. Then, we developed and verified the research model of each industry classification.

The results of this study can be summarized as follows. Firstly, it is reflected in the technology valuation model and can be used to estimate the objective economic value of technology. The duration and the cost from the technology development stage to the commercialization stage is a critical factor that has a great influence on the amount of money to discount the future sales from the technology. The results of this study can contribute to more reliable technology valuation because it estimates the commercialization duration and cost scientifically based on past data. Secondly, we have verified models of various fields such as statistical model and data mining model. The statistical model helps us to find the important factors to estimate the duration and cost of technology Commercialization, and the data mining model gives us the rules or algorithms to be applied to an advanced technology valuation system. Finally, this study reaffirms the importance of commercialization costs and durations, which has not been actively studied in previous studies. The results confirm the significant factors to affect the commercialization costs and duration, furthermore the factors are different depending on industry classification. Practically, the results of this study can be reflected in the technology valuation system, which can be provided by national research institutes and R & D staff to provide sophisticated technology valuation. The relevant logic or algorithm of the research result can be implemented independently so that it can be directly reflected in the system, so researchers can use it practically immediately. In conclusion, the results of this study can be a great contribution not only to the theoretical contributions but also to the practical ones.

Key Words : Technology Commercialization, Technology Valuation, Cost of Commercialization, Duration of Commercialization, Technology Investment

Received : June 22, 2017 Revised : June 27, 2017 Accepted : June 28, 2017

Publication Type : Regular Paper Corresponding Author : Do-Hyung Park

저 자 소개



전 승 표

KAIST에서 경영학으로 석사학위를 취득하고, 고려대학교에서 과학관리학 전공으로 이학박사를 취득했다. 현재 한국과학기술정보연구원 기술사업화분석센터에 책임 연구원 및 센터장으로 재직 중이며, 과학기술연합대학원대학교 과학기술정책학과 부교수로 재직 중이다. Technological forecasting and social change, Scientometrics, Energy policy, Internet research 등 해외학술지와 한국기술혁신학회지, 지능정보연구 등 국내학술지에 주저자로 다수의 논문을 게재했다. 주요 관심분야는 빅데이터를 활용한 수요 예측, 유망 기술 탐색, 기술가치평가, 산업시장분석 등을 위한 지능형 정보 시스템 연구이다.



최 대 현

Texas A&M University에서 산업공학으로 석사학위를, University of Washington 경영대학원에서 생산관리 전공으로 박사학위를 취득하였다. 학위 후, University of Portland 경영대학에서 1년간 재직하였으며 현재 국민대학교 경영학부 조교수로 재직 중이다. 주요 관심 연구분야는 생산 전략(Operations strategy)과 기술 경영(Management of Technology)이며, 최근에는 공급망에서의 기술 및 혁신 관리 분야에서 산업 내 신기술의 선택 및 확산의 메커니즘에 대한 규명을 위한 수학적 모델링과 경험적 연구를 진행 중에 있다.



박 현 우

홍익대학교에서 경영학박사, 고려대학교에서 이학박사를 취득했다. 산업기술정보원 부 연구위원, San Francisco 주립대 객원연구원, 캘리포니아대학(Santa Cruz) 연구교수를 거쳐, 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원과 과학기술연합대학원대학교(UST) 교수로 재직 중이다. 관심분야는 기술혁신경영, 기술사업화, 기술가치평가 등이며, 당해분야에서 저서 약 10편, 연구보고서 약 20편, 국내외 학술지 게재논문 약 70편 등이 있다.



서 봉 균

국민대학교 경영정보학부에서 학사 학위를 취득하였으며, 현재 국민대학교 비즈니스 IT전문대학원에서 Customer Experience, Business Analytics 트랙으로 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심 분야는 Customer Experience, Customer Analytics, Experience Design 등이다.



박 도 형

KAIST 경영대학원에서 MIS 전공으로 석사/박사학위를 취득하였다. 현재 국민대학교 경영대학 경영정보학부 조교수로 재직 중이며, 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 유망아이템 발굴, 기술가치 평가 및 로드맵 수립, 빅데이터 분석 등을 수행하였고, LG전자에서 통계, 시선/뇌파 분석, 데이터 마이닝 등 활용한 연구 및 소비자 평가 모형을 개발을 담당하였고, 스마트폰, 스마트 TV, 스마트Car 등에 대한 Technology, Business, Market Insight 기반 컨셉 도출 프로젝트를 다수 수행하였다. 현재 주여 관심 분야는 SNS나 온라인 구전 등의 사용자 행동 이론(User Behavior), 사용자 경험 디자인 프로세스 및 혁신 제품 발굴(User eXperience), 빅데이터 기반 사용자 분석(User Analytics) 등이다.