

## 제4차 산업혁명의 기술 상용화에 관한 연구\*

성 태 경\*\*

### 목 차

요약	
1. 서론	4. 연구 결과
2. 문헌 연구	4.1 설문 결과
2.1 제 4차 산업혁명	4.2 논의
2.2 기술의 상용화	5. 요약, 결론 및 향후 연구 방향
2.3 기술 상용화의 성공요인	
3. 연구방법	참고문헌
3.1 표본 및 자료 수집 절차	Abstract
3.2 연구변수의 정의 및 측정	

### 요약

본 연구는 제4차 산업혁명과 기술 상용화에 대해 논의하고, 기술 상용화에 영향을 미치는 성공 요인을 문헌 연구를 통하여 도출하여, 제4차 산업혁명을 주도하는 산업계 경영진에게 설문을 통하여 이들 요인을 실증적으로 검증하였다. 문헌연구 결과 기술 상용화에 영향을 미치는 11가지 성공 요인은 ‘대화와 소통’, ‘경영층 지원’, ‘경영에 대한 이해’, ‘기술 상용화의 이해’, ‘관련자간의 협력’, ‘기술 상용화 장려책’, ‘공동목표 인식’, ‘정부 지원’, ‘기술 상용화 경험’, ‘기술의 구체성’, ‘수요자 요청 기술’이었다.

404부의 설문지를 제4차 산업혁명 업계에 속하는 기업의 CEO와 CIO에게 발송하였고, 최종 응답률은 64.4%(260부)로서 상당히 높은 참여율을 보였다. 응답자들은 제4차 산업혁명의 기술 상용화에 가장 중요한 요인으로 ‘관련자간의 협력’을 꼽았고, 뒤이어 ‘경영층 지원’, ‘대화와 소통’, ‘공동 목표 인식’, ‘기술 상용화에 대한 이해’ 순으로 평가하였다.

기업이 제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트의 성공 가능성을 제고하기 위해서는, 본 연구에서 높은 평가를 받은 성공 요인들에 높은 관심을 가지고 사업을 추진하여야 할 것이다.

*표제어: 제4차 산업혁명, 기술 상용화, 성공요인, Industry 4.0, 정보기술*

접수일(2019년 1월 31일), 수정일(1차:2019년 3월 15일), 게재확정일 (2019년 3월 27일)

\* 본 연구는 2018학년도 경기대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었음

\*\* 경기대학교 지식정보서비스대학 회계세무·경영정보학부 교수, tksung@kyonggi.ac.kr

## 1. 서론

전 세계적으로 미래의 국가 경쟁력을 좌우할 새로운 패러다임으로 각광을 받고 있는 제4차 산업혁명(The Fourth Industrial Revolution)은 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능(AI:Artificial Intelligence), 사물 인터넷(IoT:Internet of Things), 모바일 등 지능정보기술이 기존 산업과 서비스에 융합되거나 3D 프린팅, 로봇공학, 생명공학, 나노기술 등 여러 분야의 신기술과 결합되어 실세계 모든 제품·서비스를 네트워크로 연결하고 사물을 지능화하여 혁신을 가져오고 있다(Li et al, 2017; Swab, 2016).

제4차 산업혁명은 지능정보기술과 여러 다른 분야의 과학기술의 융합에서 시작되었지만 과학기술 분야뿐만 아니라 사회, 경제, 문화, 제도 전반에 미치는 영향력이 막대하기 때문에 제4차 산업혁명에 대한 장기적, 체계적, 전략적 접근이 요구된다. 미국을 포함한 선진국의 견제와 중국을 비롯한 개발도상국의 맹렬한 추격을 받고 있어 새로운 성장 동력을 모색하여야 하는 우리나라로서는 제4차 산업혁명에 대한 대응의 올바른 방향과 진행 속도는 더욱 중요하다 할 수 있다 (Jin and Park, 2017a &2017c; Jung, 2017; Kim, S., 2017).

제4차 산업혁명을 성공적으로 추진하기 위해서는 지능정보기술과 과학기술의 개발과 발전도 중요하지만 연구기관과 대학 등에서 개발된 기술을 산업계로 이전하고 상용화하여 실제 인간의 생활에 적용되는 제품과 서비스를 개발하여, 궁극적으로 국부를 창출하여, 국가와 사회의 비약적인 발전을 도모하는 것이 실질적으로 중요하다고 할 수 있다. 기술의 상용화는 지식정보사회로 지칭되는 21세기의 세계 경제에 있어 지속 가능한 성장을 유지하는 핵심 현상으로 인식되고 있다(World Bank, 1997).

따라서 본 연구는 제4차 산업혁명과 기술 상용화에 대해 논의하고 기술 상용화에 영향을 미치는 성

공 요인을 문헌 연구를 통하여 도출하여 제4차 산업혁명을 주도하는 산업계 경영진에게 설문을 통하여 이들 요인을 실증적으로 검증하고자 한다.

## 2. 문헌연구

### 2.1 제4차 산업혁명

Klaus Schwab이 의장으로 있는 WEF (World Economic Forum)에서 2016년 제4차 산업혁명이 최초로 언급되었으며 정보통신기술 및 지능기술 기반의 새로운 산업사회라는 화두를 던진 용어가 되었다. Swab(2016)은 제4차 산업혁명을 컴퓨터, 인터넷으로 대표되는 정보를 중심으로 하는 제3차 산업혁명에서 한 단계 더 진보한 혁명이라고 주장하였다. 그는 저서 「The Fourth Industrial Revolution」에서 과학기술의 발달에 따른 미래 사회의 변화를 설명하여, 미래사회로의 변화를 상징하는 새로운 패러다임으로 제4차 산업혁명을 주창하였다.

유럽, 특히 독일에서는 제4차 산업혁명 보다는 Industry 4.0을 오히려 새로운 혁신적 패러다임을 표현하는 대표적인 용어로 쓰고 있는데, 이는 주로 스마트 공장(Smart Factory)이라는 개념에 기초하고 있다고 할 수 있다. 생산 인구 감소 및 부가 가치 축소 등을 극복하기 위한 제조 혁신으로, 다양한 정보통신기술을 기반으로 제조업과 서비스업 등이 융합하여 제조 현장의 스마트 공장화를 통하여 기존과는 차별화된 스마트제조 (Smart Manufacturing)를 추진하고 있다(de man & Stradhagen, 2017; Hofmann & Rusch, 2017).

한국을 포함한 아시아 국가들은 제4차 산업혁명을 대표적으로 사용하고 있는데, 이는 Industry 4.0이 제조업에 한정되어 있다는 범위의 제한성을 극복하려는 의도라고 할 수 있다. 국가 산업 전체의 경쟁

력을 제고하기 위해서는 제조업을 넘어서 전체 산업 및 경제에 새로운 패러다임을 제시할 수 있는 제 4차 산업혁명이라는 용어의 폭발력과 설득력을 선호할 수밖에 없다는 것이다(Sung, 2018). 현재 정부, 언론 및 방송도 제4차 산업혁명을 주로 사용하고 일반인에게도 보편화되어 있어, 본 연구에서도 제4차 산업혁명을 대표 용어로 사용하기로 한다.

Swab(2016)에 따르면 제1차 산업혁명은 기계화, 제2차 산업혁명은 전기화, 제3차 산업혁명은 정보화를 중심으로 한 반면, 제4차 산업혁명은 물리학, 디지털, 생물학을 핵심으로 한다. 인류는 과학 기술의 발전을 위한 노력을 경주하여 왔는데, 이러한 과학 기술의 발달은 경제를 포함하여 사회, 문화, 제도, 나아가 철학에 까지 변화를 가져오게 되는데, 이러한 전반적인 변화를 산업혁명이라고 한다(Kim, S., 2017). 제4차 산업혁명은 초지능(super intelligence)과 초연결(hyper-connectivity)의 두 축을 중심으로 진화하기 때문에, 제 1, 2, 3차 산업혁명과 비교할 때 그 범위와 속도는 비교할 수 없을 정도로 넓고 빠르다 할 수 있다(Jin & Park, 2017b & 2017c).

제3차 산업혁명이 컴퓨터 및 인터넷 등을 기반으로 한 다양한 정보의 생산과 교류에 초점이 맞추어 있다고 보면, 제4차 산업혁명은 단순한 정보의 생성, 축적 및 교류에 그치지 않고, 실시간으로 완전한 연결성을 통하여 생성된 대량 정보의 교류 및 융합을 기반으로 연결된 모든 것의 지능화와 자율화를 추진하고 있다. 즉 제3차 산업혁명까지가 하드웨어가 중심이 되었다면, 제4차 산업혁명에서는 소프트웨어에 기계를 연동하여, 데이터가 가치창출의 핵심에 위치하고 있다는 것이다(Kim, S., 2017; Swab, 2016).

또한, 제3차 산업혁명의 핵심이 ICT를 기반으로 한 정보화, 자동화였다면 제4차 산업혁명의 핵심은 초연결 기반의 지능화를 통한 자율화라고 할 수 있다(Table 2-1).

Tab 2-1. Summary of the industrial revolutions

	First	Second	Third	Fourth	
Period	Late 1800s	1900s - Early 2000s	Late 2000s	After 2000s	
Connectivity	Intra-National	Firms to Government	Man•Machine•Environment	Maximize Automation & Connectivity	
	Textile Machine (1784)	Slaughter House (1870)	PLC: Modicon 084 (1969)	-	
Driver	Steam Engine	Electric Energy	Computer Internet	IoT, Big Data AI	
	Transformation of Energy (Tangible Assets)		Transformation of Information Processing (Intangible Assets)		
Trends	Cause	Mechanics	Electrics	Information	Intelligence
	Re-sults	Industrialization	Mass Production	Automation Data Generated from Machine & SW	Autonomization Data Controls Machine & SW
Implications	Rapid Growth of England Textile Industry	Power Shift to U. S. A. (Mass Production)	Digital Innovation based on Internet Growth of American IT Firms	Industry Reform by Hyper-connectivity & Super Intelligence	

여기서 연결성은 물리적 공간과 인터넷상의 공간이 자연스럽게 연동되어 다양한 데이터가 생성, 저장, 공유되는 것을 의미하며, 지능화는 대규모로 집적된 데이터의 분석 및 활용을 통해 실제로 사물 제어가 실시간으로 가능한 수준을 뜻하며, 자율화는 제품 및 서비스의 생산과 제공이 자율적으로 이루어지는 것으로 이해할 수 있다(Kim, S., 2017).

## 2.2 기술의 상용화

20세기 후반부터 시작된 제3차 산업혁명은 정보 및 기술의 혁명으로, 유형적 자원인 자산에서 무형적 자원인 기술로 전환한다는 점에서 이전의 제 1, 2차 산업혁명과 구분된다(Gibson et al., 1992; Sung and Gibson, 2005). 따라서 기술의 발달, 관리, 공유, 전파, 수용, 이전 및 상용화(앞으로 대표 용어로 상

용화를 사용하기로 한다)는 21세기 세계 경제에서, 지속 가능한 성장을 가능하게 하는 중요한 요소로서 인식하여야 한다는 것이다. 정보통신기술의 급격한 발전과 관련 비용의 급속한 하락은 전 세계적으로 사회, 경제, 문화 활동의 완전한 변화를 가져올 수 있는 혁명이 도래하고 있음을 의미하고 있다(World Bank, 1997). 기술을 중심으로 운영하는 경제지역은 일반적으로 최우수 대학과 연구기관의 주변에 위치하는 것이 통상적인데, 이는 기술의 집중을 통하여 대학, 연구기관 등에서 개발 및 발전된 기술의 상용화를 통하여 혁신적이고 다양한 제품과 서비스의 시장화에까지 이를 수 있을 것이라는 가정이 근간이다 (Conceicao et. al., 1997; Smilor et al., 1988a). 여러 연구 (Gibson and Rogers, 1994; Gibson et al., 1992; Sedaitis, 1997)가 첨단 기술, 지식, 정보, 그리고 여유 자본을 근간으로 하는 현명한 기반구조 (Smart Infrastructure)에 물리적으로 가까운 사회일 수록 높은 경제 성장이 가능하다는 주장을 실증적으로 검증하고 있다.

역사를 살펴보면 기술을 개발한 주체가 이를 활용하거나 전파하지 않아, 이를 개발하지 않았더라도 현명하게 활용한 자들에 의해 궁극적으로 경제 발전에서 추월당하는 예를 많이 찾아볼 수 있다. 가장 충격적인 사례는 이동식 인쇄기라고 할 수 있다. 중국은 문자의 발명에 버금갈 수 있는, 이동식 인쇄기를 발명하여 인간의 지식을 대량으로 반영구적으로 기록하고, 전파할 수 있는 도구를 개발하였다. 이는 인류 역사상 지식을 가장 효과적으로 전파할 수 있는 중요한 발명이라고 할 수 있다. 그러나 황제는 이동 인쇄 기술을 황궁에서만 사용하게 하여 일반인으로 지식 전파를 불가능하게 하였지만, 유럽은 인쇄 기술을 상용화하여 오히려 문명에서 한걸음 앞설 수 있게 되었다. 결론적으로 기술의 발전이나 발명도 중요하지만, 기술을 효과적으로 수용, 이전, 상용화하여 부와 직업이 창출되거나 문명에 기여하는 결과 측면에 더욱 초점을 맞추어야 한다는 것이다.

기술의 상용화의 개념을 Bopp(1988)은 역도의 바벨을 사용하여 효과적으로 설명하였다. 바벨의 한 쪽 끝은 연구개발로서 새로운 기술을 개발하는 작업이고, 다른 한 쪽 끝은 연구 개발된 기술을 활용하여 제품 및 서비스를 창출하여 부를 축적하는 작업이라는 것이다. 기술의 상용화의 정의에 대하여 여러 학자들은 조금씩 상이하지만, (1)기술은 사물(thing)이 아니고, (2)상용화는 인간 노력의 결실이라는 점에는 동의하고 있다(Kidder, 1981; Smith and Alexander, 1988).

기술의 상용화는 서로 상이한 조직, 문화, 체계의 장벽을 극복하여야 하고(Badaway, 1988; Peters and Waterman, 1982), 또 서로 다른 개인이나 조직 간의 협력을 필요로 한다는 점에서 많은 노력이 요청되는 까다로운 상호 교류적인 프로세스라 할 수 있다 (Leonard-Barton, 1988; Zaltman et al., 1973). 기술의 상용화는 3가지 양식으로 구분하여 볼 수 있다 (Fig. 2-1).

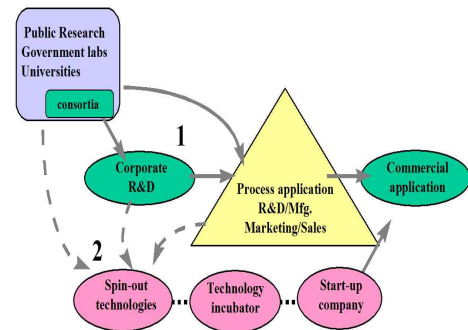


Fig. 2-1 Types of Technology Commercialization

세 가지 양식은 (1)과생 기술을 활용하여 새로운 창업을 하는 방식(점선), (2)연구기관으로부터 기업으로 기술을 이전하여 상용화하는 방식(실선), 그리고 (3)사용 기술을 연구기관으로 환류하여 신기술을 창출하도록 하는 방식이다. 기술 상용화의 3가지 양식 중, (1)과 (2)는 단기적인 성과와 시장 점유율의 증대가 기대되는 반면, (3)은 장기적인 측면의 지속 가능

한 발전을 의미 한다(Evan and Olk, 1990; Gibson and Rogers, 1988; Gibson et. al., 1992).

Sung and Gibson(2005)은 지식 및 기술의 이전 혹은 상용화에 대한 전반적인 연구를 검토하고, 기술의 연구개발, 기술의 수용, 기술의 구현(시장성), 그리고 상용화의 4단계 모형을 개념화하였다. 단계가 진행될수록 더 든든한 협력관계가 요구되고, 해당 기술의 구체성에 대해 초점을 맞추게 되는데, 기술 상용화의 주요 개념을 포괄하면서도 간략하게 표현하였다.

Jolly(1997)는 기술 상용화를 프로세스적 관점에서 조명한 모형을 제시하였는데, 기술의 상용화 과정을 통찰력, 상용화 판단, 시현, 촉진, 유지의 주요 5단계(subprocess)로 구분하였고, 단계를 거치면서 부가가치가 지속적으로 커져야 한다는 것이다. Jolly의 프로세스 모형은 한 단계와 다음 단계로의 이전에서 나타날 수 있는 장애를 나타내는 관심/지원, 자원 획득, 시장 확보, 추가지원 확보의 4가지 격차(Gap)로 기술 상용화의 애로점을 표현하고 있다(Fig. 2-2).

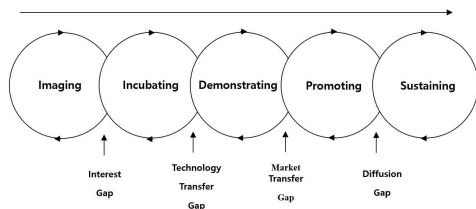


Fig. 2-2 Jolly's Process Model

### 2.3 기술 상용화의 성공 요인

Little(1976)는 기술 상용화의 성과를 분석한 최초의 연구자로서, 기술 상용화의 성공에 영향을 미치는 요인으로 사용자의 필요성과 변화로 발생할 수 있는 위험을 수용하는 모험 정신의 2가지를 제시하였다. Baer(1976)는 연구개발의 기술 이전에 영향을 미치는 요인으로 핵심적인 기술 문제에 대한 이해, 프로젝트의 복잡성, 비용과 위험도, 건전한 산업계,

프로젝트의 복잡성, 건실한 계획, 그리고 시간 제약의 6가지를 도출하였다.

McEachon et al.(1978)은 기술 이전의 중요한 3가지 요인을 제시하였는데, 이들은 연구개발 관리의 시장성, 사용자와 생산자의 요구에 부합하는 연구 결과, 프로젝트 참여자간의 협력과 소통이었다. Ettlie(1982)는 점진적인 혁신, 제품과 서비스의 가격 경쟁력, 그리고 혁신의 실현 용이성을 기술 이전의 3가지 성공 요인으로 제시하였다.

1980년대 중반부터 본격적으로 기술의 상용화에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 시작되었는데, McMullan and Melnyk(1988)은 대학에서 개발된 기술의 이전에 영향을 미치는 변수들을 연구하여, 4가지로 분류하였다. 이들은 마케팅 연구 능력, 기술에 대한 이해도, 유용한 정보의 발견과 활용, 그리고 기술 상용화에 대한 지식과 이해였다. Creighton et al.(1985)은 (1)조직, (2)프로젝트, (3)신뢰성, (4)자발성, (5)보상, (6)문서화, (7)정보의 배분, (8)연결, (9)이전 역량을 성공 요인으로 제시하였다.

Lester(1988)는 Cooper(1986)의 기술 이전 모형에 근거하여, 신기술의 이전을 통한 새로운 제품 및 서비스 개발에 영향을 미치는 요인들을 파악하였는데, 이 중 중요한 것으로는 (1)경영층의 비전, (2)조직 혁신 문화, (3)상호 이해의 공유, (4)신제품 개발 조직, (5)조직원의 전문성, (6)기술과 시장에 대한 깊은 이해 등이었다. Rothwell(1992)은 기술 이전에 심층적 사례 연구를 통하여 21가지의 주요 요인을 제시하였다. Smilor et al.(1988a and 1988b)은 정부 주도의 기술 이전 프로젝트를 조사하여 (1)위험도, (2)장단기 목적비용, (3)성과, (4)네트워크, (5)정보 공유를 주요 성공 변수로 도출하였다.

Sung and Gibson(2005)은 기술 상용화에 관련된 주요 연구들(Albrecht and Ropp, 1984; Avery, 1989; Baer, 1976; Creighton et al., 1985; Devine et al., 1987; Elmes and Wilemon, 1991; Gibson and Smilor, 1991; Gibson and Rogers, 1994; Goel et al, 1991;

Inman, 1984; Lester, 1988; Levinson and Moran, 1987; Little, 1976; McEachon et al., 1978; McMullan and Melnyk, 1988; Pinkston, 1989; Rothwell, 1992; Smilor et al., 1988a and 1988)을 검토한 후, 총 16가지 기술 상용화 성공 요인을 도출하였고, 실증적으로 이들 요인들의 타당성을 검증하였다.

이 연구를 토대로 Sung(2009)은 IT업계의 기술 상용화에 영향을 미치는 요인을 (1)대화와 소통, (2)경영층 지원, (3)기술 상용화 장려책, (4)공동목표 인식, (5)경영에 대한 이해, (6)기술 상용화의 이해, (7)관련자간의 협력, (8)정부 지원, (9)가치와 태도, (10)기술의 구체성, (11)수요자 요청 기술, (12)기술 상용화 경험의 12개로 단순화하고, 이를 실증적으로 검증하였는데, 검증 결과 ‘가치와 태도’를 제외한 11가지 요인이 성공 요인으로 검증되었다. 이어서 Sung(2017)은 한국의 IT업계를 대상으로 11개 성공 요인을 실증적으로 재검증하여, 기술 상용화 성공 요인의 타당성을 증명하였다. 본 연구에서는 이들 11개 기술 상용화 성공 요인을 활용하기로 한다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 표본 및 설문 절차

제4차 산업혁명 프로젝트는 주요 신기술을 다루고, 최고경영자의 의사결정이 반영되고, 조직의 많은 자원이 요구되는 사업이라는 점을 고려하여, 설문대상자를 기업의 최고경영자(CEO: Chief Execution Officer)와 정보담당중역(CIO: Chief Information Officer)으로 하였다. CEO는 제4차 산업혁명 프로젝트의 최종책임자로서 전략적으로 가장 중요한 위치에 있고, CIO는 제4차 산업혁명의 주요 기술을 다루는 책임자로서, 기술 상용화의 성공 요인에 대한 설문에 가장 타당한 답변을 할 수 있다고 평가되었기 때문이다.

제4차 산업혁명 관련 산업으로는 최초로 제4차

산업혁명을 추장한 Swab(2016)이 제시한 23개 산업을 채택하기로 하였는데, 이들 산업은 다음과 같다. 체내 이식형 기술(Implantable technologies), 디지털 정체성(Digital presence), 신 인터페이스 시각(Vision as the new interface), 웨어러블 인터넷(wearable internet), 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing), 주머니 속 슈퍼컴퓨터(Supercomputer in your pocket), 공유 저장소(Storage for all), 사물 인터넷(Internet of things), 커넥티드 홈(Connected home), 스마트 시티(Smart cities), 빅데이터를 이용한 의사결정(Big data for decisions), 자율주행 자동차(Driverless cars), 인공지능과 의사결정 (Artificial intelligence & decision making), 인공지능과 화이트 칼라 직업(AI & white-collar jobs), 로봇공학과 서비스(Robotics & services), 비트코인과 블록체인(Bitcoin & the blockchain), 공유 경제(Sharing economy), 정부와 블록체인(Governments & the blockchain), 3D 프린팅 기술과 제조업(3D printing & manufacturing), 3D 프린팅 기술과 인간 건강(3D printing & human health), 3D 프린팅 기술과 소비자 제품(3D printing & consumer products), 맞춤형 인간(Designer beings), 신경기술(neuro technologies)이다.

위에서 제시한 제4차 산업혁명에 관련된 산업의 상당 부분은 신기술 분야이고 현재의 산업 분류체계와 상당히 달라 상공회의소 등과 같은 공공기관에서 기업 명단을 확보하는 일이 어려웠다. 모 일간지 산업부의 적극적 도움을 얻어 23개 산업 분야에서 총 202개 기업의 명단을 확보하였다. 설문지는 202개 기업의 CEO와 CIO에게 발송되었고, 응답률을 높이기 위하여 일간지 산업부의 도움을 받아 조사 참여를 호소하였다. CIO 직위가 없는 기업은 CIO에 가장 유사한 업무를 수행하는 중역에게 답을 하도록 유도하였다. 최종 응답률은 64.4%(260개/404개)로서 상당히 높은 참여율을 보였다.

#### 3.2 연구 변수의 정의 및 측정

기술 상용화에 영향을 미치는 성공 요인은 앞서 기술한 바와 같이 실증적으로 검증된 Sung(2009 & 2017)의 연구 변수인 ‘대화와 소통’, ‘경영층 지원’, 기술 상용화 장려책’, ‘공동목표 인식’, ‘경영에 대한 이해’, ‘기술 상용화의 이해’, ‘관련자간의 협력’, ‘정부 지원’, ‘기술의 구체성’, ‘수요자 요청 기술’, ‘기술 상용화 경험’을 활용하였다.

설문대상자들은 각 성공 요인이 기술 상용화 프로젝트에 미치는 중요성에 대하여 Likert의 5점 척도에 의하여 응답하도록 하였다. Likert 7점 척도를 적용하지 않은 이유는 과거 설문 조사의 경우 상당수의 응답자들이 양 극단에 해당되는 1점이나 7점을 선택하지 않는 평균 효과가 나타나는 현상을 최소화하기 위한 노력이었다(Chae, 2005).

기술 상용화에 성공 요인은 각각 3개 혹은 4개의 소항목으로 구성되어 있는데, 각 요인별로 소항목의 평균을 계산하여 해당 요인의 대표값으로 하였다(Tab. 3-1).

다음으로 성공 요인의 조사 변수에 대한 신뢰성과 타당성을 검증하였다. 신뢰성이란 측정치의 안정성을 판단하는 것으로, 여건이 달라져도 그 변화가 최소화해 그치는 것이 바람직하다. 신뢰성은 각 측정치가 만들어 내는 오류의 크기로 판단하는데, 크론바흐 알파(Cronbach Alpha)가 사용된다(Nunally, 1978). 각 요인별로 구성 소항목간 분석(inter-item analysis)을 통하여 연구 변수에 대한 신뢰성을 검증하였고, 그 결과가 기술통계와 함께 Table 2에 요약되어 있다. 신뢰성을 보장하는 Cronbach Alpha의 절대적인 기준은 없지만, 가치나 태도 같은 통상적인 변수의 경우는 계수가 0.8을 넘으면 이상적이라 할 수 있다(Brown, 1983). Nunally(1978)에 따르면 실험적인 연구의 경우는 Cronbach Alpha 계수가 0.7 이상이면 신뢰성을 보장할 수 있는 수준이라고 한다.

Tab. 3-1 Summary statistics of research variables

Variables	Items	Average	Std. Dev.	Cronbach's $\alpha$
Communication	4	4.111	0.380	0.763
Management Support	4	4.200	0.351	0.822
Incentives	4	3.907	0.371	0.783
Common Goals	4	4.042	0.402	0.803
Understanding of Business	3	3.534	0.621	0.832
Awareness of Transfer	3	3.995	0.437	0.822
Cooperation	4	4.243	0.377	0.767
Government Support	4	3.594	0.400	0.845
Concreteness	3	3.813	0.495	0.757
Demand Pull	4	3.804	0.623	0.811
Prior Experiences	4	3.220	0.658	0.806

Tab. 3-1을 보면 모든 변수가 Nunally가 제시하는 기준인 0.7을 상회하고 있고, Brown(1983)의 기준에 상당히 근접해 있다. 따라서 조사변수의 신뢰성은 검증되었다고 할 수 있다. 조사 변수의 타당성은 Sung(2009 & 2017)의 앞선 두 연구에서 이미 타당성을 검증하였기 때문에, 본 연구에서의 연구 변수는 타당성을 충족한 것으로 판단하였다.

## 4. 연구결과

### 4.1 설문결과

응답자들은 제4차 산업혁명의 기술 상용화에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로 ‘관련자간의 협력’으로 답하였고, 뒤이어 ‘경영층 지원’, ‘대화 와 소통’, ‘공동 목표 인식’, ‘기술 상용화에 대한 이해’ 순으로 평가하였다(Tab 3-1, Tab 3-2). ‘관련 자간의 협력’이 가장 중요하게 평가된 이유는 제4 차 산업혁명에서 지능정보기술과 혁신 기술 간의 융합이 필요하고, 각기 성격이 다른 기술들이 적절하게 어우러져야 하는 상황에서 관련자 혹은 이해당사 자간의 협력이 정말 중요하다는 점을 그대로 나타내

주는 결과라 할 수 있다. 제4차 산업혁명이 초연결을 의미하는 만큼 여러 기술의 연계를 통한 혁신을 위하여 관련자간의 협력이 중요하다는 것을 다시 한번 상기시켜주는 의미라 할 수 있다 (Kim, S., 2017).

Tab. 3-2 Summary of research results

Variables	2018 (N=260)		2016 (N=196)	
	Rank	Average	Rank	Average
Cooperation	1	4.243	4	3.829
Management Support	2	4.200	2	4.194
Communication	3	4.111	5	3.714
Common Goals	4	4.042	8	3.579
Awareness of Transfer	5	3.995	9	3.519
Incentives	6	3.907	1	4.381
Concreteness	7	3.813	7	3.621
Demand Pull	8	3.804	11	3.133
Government Support	9	3.594	3	3.893
Understanding of Business	10	3.534	5	3.714
Prior Experiences	11	3.220	10	3.444

제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트는 상당한 기업의 자원을 필요로 하고 있고, 성공에 대한 위험이 높으므로 ‘경영층 지원’은 중요할 수밖에 없고, ‘대화와 소통’은 초연결성, 융합성, 지능성을 강조하는 제4차 산업혁명의 특성을 고려할 때, 관련자간의 협력을 위한 기본 조건이라 할 수 있다. 여러 관련자나 이해당사자가 참여하는 기술 상용화 프로젝트에서 ‘공동 목표 인식’이나 ‘기술 상용화의 이해’가 높은 순위에 위치한 것은 ‘관련자간의 협력’이나 ‘대화와 소통’을 중요하게 평가한 이유와 유사한 맥락에서 이해할 수 있다. 이러한 결과는 기존의 연구 결과에서도 보고되고 있다(Gibson and Smilor, 1991; Sung and Gibson, 2005; Sung, 2009; Sung, 2017).

응답자들은 ‘기술 상용화 경험’을 가장 낮게 평가하였는데, 이는 그간 첨단 기업들이 기술 상용화에 대한 경험을 상당히 하였다는 점을 고려할 때 어

느 정도 예상할 수 있는 결과라 할 수 있다. ‘경영에 대한 이해’와 ‘정부 지원’이 낮게 평가된 이유는 과거와 달리 조직 구성원들의 경영에 대한 이해가 이제 상당한 수준에 올랐고, 정부 지원이 기술 상용화에 상당한 도움을 주지만 그 보다는 기업 자체의 노력이 더 중요하다는 것을 인식한 그간의 축적된 인식을 반영한 것이라고 할 수 있다.

본 연구에서 활용한 11개 기술 상용화 성공 요인 모두를 응답자들은 5점 척도에서 3.2 이상으로 평가하여, 기술 상용화 성공 요인의 타당성이 상당한 것으로 판단된다.

## 4.2 논의

Sung(2017)은 본 연구의 기술 상용화 성공 요인 11개와 동일한 변수로 IT 업계의 기술 상용화 프로젝트를 대상으로 설문을 실시하였다. 2016년에 조사된 설문 결과와 본 연구의 설문 결과를 비교 분석하는 것은 과연 그 동안의 성공 요인의 중요성이 어떻게 변화하였나를 알 수 있어 의미가 있을 것이다. 물론 IT 업계와 제4차 산업혁명 업계는 상이하여 정확한 비교는 어렵지만, 첨단 지능정보기술을 활용한다는 공통점을 고려할 때 성공 요인을 변화 추세의 감지가 가능할 것으로 판단된다. Table 3-2는 Sung(2017)의 설문 결과와 본 연구의 설문 결과를 비교하여 중요도 평가에 따라 각각 순위를 정리한 것이다.

본 연구와 Sung(2017) 연구 결과는 상당한 변화가 있는 것으로 판명되었다. 가장 큰 변화는 ‘기술 상용화 장려책’이라고 할 수 있다. Sung(2017)의 연구에서는 1위였으나, 본 연구에서는 6위를 차지하였다. 이는 IT 업계의 기술 상용화 프로젝트의 상당 부분이 정부의 지원에 의해서 이루어진다는 점과 제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트의 경우는 실험적 성격이 짙어 정부의 공식적인 지원이 어렵다는 점에서 순위의 변화를 이해할 수 있다. 두 연구에서 순



위의 변화가 가장 큰 성공 요인은 ‘정부 지원’인데, 이 역시 위와 같은 맥락과 외부 지원보다는 자체 노력이 더 중요하다는 경험에서 나온 결과라 할 수 있다.

Sung(2017)의 연구에 비해 순위가 상당히 상승한 성공 요인은 ‘공동목표 인식’ (8위→4위)과 ‘기술 상용화의 이해’ (9위→5위), 그리고 ‘관련자간의 협력’ (4위→1위)으로 파악되었다. 제4차 산업혁명에서 지능정보기술과 다른 혁신 기술 간의 결합을 통한 초연결성, 상당한 기업의 자원이 투입되어야 한다는 점, 성공에 대한 높은 위협도, 성격이 다른 기술들 간의 융합이라는 점 등을 고려할 때 서로 기술 상용화를 명확히 이해하고, 공동 목표를 인식하고, 적극적인 협력을 모색하여야 한다는 것이 강조된 결과라 할 수 있다. 앞으로 기업이 제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트를 수행할 때 유념하여야 할 사항이라 볼 수 있다.

기업이 제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트의 성공 가능성을 제고하기 위해서는, 본 연구에서 높은 평가를 받은 성공 요인인 ‘관련자간의 협력’, ‘경영층 지원’, ‘대화와 소통’, ‘공동 목표 인식’, ‘기술 상용화에 대한 이해’에 관심을 가지고 사업을 추진하여야 할 것이다.

제4차 산업혁명 산업계의 기술 상용화에는 제4차 산업혁명의 특수성인 초연결성, 융합성, 지능성 등의 과학적인 측면뿐만 아니라 이러한 첨단 기술이 경제적, 문화적, 사회적, 인류적 등 여러 측면에서 패러다임을 어떻게 바꿀 것인지에 대한 심도 있는 철학적 고찰과 함께, 단기적 성과에 집착하지 않는 장기적, 전략적 측면을 고려하여야 할 것이다(Jung et al, 2017; Kim, J. 2017; Li et al, 2017; Swab, 2016).

## 5. 요약, 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 제4차 산업혁명과 기술 상용화에 대해

논의하고, 기술 상용화에 영향을 미치는 성공 요인을 문헌 연구를 통하여 파악하여, 제4차 산업혁명을 주도하는 산업계 경영진에게 설문을 통하여 이들 요인을 실증적으로 검증하는 것이다.

문헌 연구 결과 기술 상용화에 영향을 미치는 11가지 성공 요인은 ‘대화와 소통’, ‘공동목표 인식’, ‘경영에 대한 이해’, ‘경영층 지원’, ‘기술 상용화 장려책’, ‘정부 지원’, ‘기술의 구체성’, ‘수요자 요청 기술’, ‘기술 상용화의 이해’, ‘관련자간의 협력’, ‘기술 상용화 경험’이었다.

설문지는 202개 제4차 산업혁명 기업의 CEO와 CIO에게 발송되었고, 최종 응답률은 64.4%(260개/404개)로서 상당히 높은 참여율을 보였다.

응답자들은 제4차 산업혁명의 기술 상용화에 가장 중요한 요인으로 ‘관련자간의 협력’을 꼽았고, 뒤이어 ‘경영층 지원’, ‘대화와 소통’, ‘공동 목표 인식’, ‘기술 상용화에 대한 이해’ 순으로 평가하였다. 본 연구와 Sung(2017) 연구 결과는 상당한 변화가 있는 것으로 나타났다. 가장 큰 변화는 ‘기술 상용화 장려책’인데, Sung(2017)의 연구에서는 1위였으나, 본 연구에서는 6위를 차지하였다. 또한 순위가 상당히 상승한 성공 요인은 ‘공동목표 인식’ (8위→4위)과 ‘기술 상용화의 이해’ (9위→5위), 그리고 ‘관련자간의 협력’ (4위→1위)으로 파악되었다.

기업의 제4차 산업혁명의 기술 상용화 프로젝트의 성공 가능성을 제고하기 위해서는, 본 연구에서 높은 평가를 받은 성공 요인인 ‘관련자간의 협력’, ‘경영층 지원’, ‘대화와 소통’, ‘공동 목표 인식’, ‘기술 상용화에 대한 이해’에 관심을 가지고 사업을 추진하여야 할 것이다.

본 연구에는 앞으로 개선하여야 할 여러 한계점이 있다. 먼저 문헌연구를 통하여 기술 상용화의 성공에 영향을 미치는 요인들을 파악하였지만, 제4차 산업혁명의 기술 상용화에 고유하게 해당되는 성공

요인을 도출하지는 못했다는 것이다. 아직 제4차 산업혁명의 성공요인에 관한 연구가 아주 제한적이어서 IT 업계의 기술 상용화 성공 요인을 차용한 점은 개선이 필요하다. 둘째로, 연구대상 표본의 대표성을 개선하여야 할 것이다. 즉 제4차 산업혁명에 해당되는 보다 명확하게 산업계를 정의하고, 이들 기업을 대상으로 연구가 되어야 타당성이 제고될 수 있고, 연구 결과를 일반화 할 수 있을 것이다. 마지막으로, 기술 상용화의 성공을 측정할 수 있는 종속 변수에 관한 문제이다. 즉 제4차 산업혁명의 성공을 측정할 수 있는 종속변수의 개발 및 이를 위한 도구 및 방법론이 개발되어야, 기술 상용화 성공 요인의 타당성과 신뢰성을 명확하게 검증할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 연구의 한계점은 새롭고 보다 심도 있는 연구를 방향을 제시하고 있다. 차후 연구는 위에 열거한 한계점을 해결할 수 있도록 보다 논리적이고 실증적으로 수행되어야 할 것이다.

## Reference

- [1] Albrecht, T. and Ropp, V. (1984). Communication about innovation in networks of three U. S. organizations, *Journal of Communication*, 11(2), 79-91.
- [2] Avery, C. (1989). Organizational communication in technology transfer between an R&D consortium and its shareholders: The case of the MCC, Doctoral Dissertation, The University of Texas at Austin.
- [3] Badaway, M. (1988). Managing human resources, *Research of Technology Management*, September-October, 19-35.
- [4] Baer, E. et al. (1976) Analysis of federally funded demonstration projects, Executive summary, R-1926, Rand Corp.
- [5] Bopp, G. (1988). Federal lab technology transfer: Issues and policies, Praeger,
- [6] Brown, F. (1983). Principles of educational and psychological testing, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- [7] Chae, S. (2005). *Research methodology for social science*, 3<sup>rd</sup> E., B&M Books.
- 채서일(2005). *사회과학조사방법론*, 3판, 비앤엠북스
- [8] Conceicao, P., Gibson, D., Heitor, M., and Shariq, S. (1997). Towards a research agenda for knowledge policies and management, *Journal of Knowledge Management*, 1(2), 129-141.
- [9] Cooper, R. (1986). *Winning at new products*, Addison-Wesley Pub.
- [10] Creighton, J., Jolly, V. and Buckles, T. (1985). The manager's role in technology transfer, *Journal of Technology*, 10(1), 65-81.
- [11] De Man, J. C., & Strandhagen, J. O. (2017). An industry 4.0 research agenda for sustainable business models. *Procedia CIRP*, 63, 721-726.
- [12] Devine, M., James, T., and Adams, I. (1987). Government supported industry research centers: Issues for successful technology transfer, *Journal of Technology Transfer*, 12(1), 27-38.
- [13] Elmes, M. and Wilemon, D. (1991). A field study of intergroup integration in technology-based organizations, *Journal of Engineering Technology Management*, 7(3-4), 1991, 229-250.
- [14] Ettlie, J. (1982). The commercialization of federally sponsored technological innovations, *Research Policy*, 11, 173-192.
- [15] Evan, W. and Olk, P. (1990). "R&D consortia: A new U.S. organizational form, *Sloan Management Review*, 31(3), 37-46.
- [16] Gibson, D., Kozmetsky, G., and Smilor, R. (1992). The technopolis phenomenon: smart cities, fast systems, and global networks. Rowman & Littlefield.
- [17] Gibson, D. and Rogers, E. (1988). The MCC comes

- to Texas," in *Measuring the Information Society*, ed. by Frederick Williams, Sage.
- [18] Gibson, D. and Rogers, E. (1994). *R & D collaboration on trial: The microelectronics and computer technology corporation*, Harvard Business Press.
- [19] Gibson, D. and Smilor, R. (1991). Key variables in technology transfer: A field-study based empirical analysis, *Journal of Engineering and Technology Management*, 8, 287-312.
- [20] Goel, R., Brown, K., and Berry, L. (1991). Guidelines for successfully transferring government-sponsored innovations, *Research Policy*, 20, 121-143.
- [21] Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- [22] Inman, B. (1984). The microelectronics and computer technology corporation, in R. Kuhn (Eds.), *Commercializing Defense-Related Technology*, Praeger, 149-152.
- [23] Jin, S. K. and Park, Y. W. (2017a). A Exploratory study of institutional readiness for the fourth industrial revolution, *Journal of Regional Policy*, 28(1), 107-135(진상기와 박영원(2017), 제4차 산업혁명 대비 미래대응체계 및 개산방향에 대한 탐색적 연구, 지역정책연구, 28(1), 107-135).
- [24] Jin, S. K. and Park, Y. W. (2017b). The study on the institutionalism in the 4th industrial revolution readiness of Korean government, *GRI Review*, 19(3), 467-495(진상기와 박영원(2017), 제도주의 관점에서의 제4차 산업혁명 대응, GRI연구논총, 19(3), 467-495).
- [25] Jin, S. K. and Park, Y. W. (2017c). The Study on the Korean future readiness policy for the 4th industrial revolution, *Journal of Korean Association for Regional Information Society*, 20(3), 31-58(진상기와 박영원(2017), 제4차 산업혁명의 미래전략체계에 관한 연구: AHP분석을 중심으로, 한국지역정보학회지, 20(3), 31-58).
- [26] Jolly, V. J. (1997). *Commercialization new technologies*, Harvard Business School Press.
- [27] Jung, Eun-Mi, The influences and implications of the fourth industrial revolution on manufacturing industry, Research Report, KIET, 2017(정은미(2017), 4차 산업혁명이 제조업에 미치는 영향과 시사점, 산업연구원.).
- [28] Jung, Eun-Mi and others. (2017), The influences and challenges of the fourth industrial revolution on Korean major industries, Research Report, KIET (정은미 외 20명(2017), 제4차 산업혁명이 주력산업에 미치는 영향과 주요 과제, 산업연구원).
- [29] Kidder, T. (1981). *The soul of a new machine*, Little Brown.
- [30] Kim, J. K. (2017). Trade Brief, Institute for International Trade, 22(김정균(2017), 트레이드 브리프, 22)
- [31] Kim, S. H. (2017). The 4th industrial revolution - major concepts and cases. *Industrial Economics*, KIET, July, 67-80(김상훈(2017), 4차 산업혁명 - 주요 개념과 사례 - , 산업경제, KIET, 67-80)
- [32] Leonard-Barton, D. (1988). Implementation as mutual adaptation of technology & organization, *Research Pol.*, 17, 251-267.
- [33] Lester, D. (1988). Critical success factors for new product development, *Research Technology Management*, 36-44.
- [34] Levinson, N. and Moran, D. (1987). R&D management and organizational coupling, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 34(1), 28-35.
- [35] Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017). Fourth industrial revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 27(4), 626-637.
- [36] Little, A. D. (1976). *Federal funding of civilian rese*

- arch and development, USGPO.
- [37] McEachron, N. (1978). Management of federal R&D for commercialization, Executive Summary and Final Report, SRI International.
- [38] McMullan, W. and Melnyk, K. (1988). University innovation centers and academic venture formation, *R&D Mgt.*, 18, 5-12.
- [39] Nunally, J. (1978). *Psychometric theory*, McGraw-Hill.
- [40] Peters, T. and Waterman, R. (1982). In search of excellence: Lessons from America's best-run corporations, Harper and Row.
- [41] Pinkston, J. (1989). Technology transfer: issues for consortia," In K. D. Walters (Ed.), *Entrepreneurial Management: New Technology and New Market Development*, Ballinger, 143-149.
- [42] Rothwell, R. (1992). Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s, *R&D Management*, 22(3), 221-239.
- [43] Sedaitis, J. (1997). *Commercializing high technology: East and west*, Rowman & Littlefield Pub.
- [44] Smilor, R., Gibson, D., and Kozmetsky, G. (1988a). Creating the technopolis: linking technology commercialization and economic development, Ballinger.
- [45] Smilor, R., Gibson, D., and Kozmetsky, G. (1988b). Creating the technopolis: high-technology development in Austin, Texas, *Journal of Business Venturing*, 4, 49-67.
- [46] Smith, D. and Alexander, R. (1988). *Fumbling the future: How Xerox invented, the ignored, the first personal computer*, William Morrow.
- [47] Sung, T. K. and Gibson, D. (2005). Knowledge and technology transfer grid: empirical assessment," *International Journal of Technology Management*, 29 (3-4), 216-230.
- [48] Sung, T. K. (2009). Technology transfer in the IT industry: A Korean perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 76(9), 700-708.
- [49] Sung, T. K. (2017). A study on success factors for technology commercialization in IT industry, *Journal of Service Research and Studies*, 7(2), 91-105(성태경(2017), IT업계의 기술상용화 주요 요인에 관한 연구, *서비스연구*, 7(2), 91-105).
- [50] Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*, Penguin Random House, U.K.
- [51] World Bank (1997). Report.
- [52] Zaltman, G., Dundan, R., and Holbeck, J. (1973). *Innovation & organizations*, Wiley.

**Sung, Tae Kyung (tksung@kyonggi.ac.kr)**



Sung, Tae Kyung is a Professor of Accounting & MIS Division at Kyonggi University. He Received his Ph.D. in MIS from the University of Texas at Austin. Dr. Sung's research interests include information systems strategy, planning, and management, fraud detection and prevention, data mining and applications, business innovation, knowledge management, technology commercialization.

# A Study on Technology Commercialization in the 4th Industrial Revolution

Tae kyung, Sung\*

## ABSTRACT

This study discusses the 4th industrial revolution and technology commercialization (TC), identifies success factor (SFs) for TC from the literature review, and empirically tests these factors through questionnaires to executives in the 4th industrial revolution industries. Literature review identifies 11 SFs and they are communication, management support, incentives for TC, common goals, understanding business, awareness of TC, cooperation among partners, government support, concreteness of technology, demand-pull technology, and experience of TC.

Questionnaires were administered to CEOs and CIOs in 202 companies in the 4th industrial revolution industries and final response rate was 64.4% (260 out of 404) that is considered to be high. Respondents rate cooperation among partners as the most important, followed by management support, communication, common goals, and incentives for TC.

To successfully pursue technology commercialization projects in the 4th industrial revolution industries, the attention should be focused on SFs that are evaluated as very important.

*Keywords: The 4th Industrial Revolution, Technology Commercialization, Success Factors, Industry 4.0, Information Technology*

---

\* Kyonggi University, Accounting & MIS Division, Professor, tksung@kyonggi.ac.kr