특허 및 논문 계량정보 분석을 통한 소프트웨어 부문에서의 국가 기술수준 분석방법론 제안

조일구* · 이중만**

Methodology Analysis on National Technology Level in the Field of Software Through Patent and Bibliometrics

Ilgu Cho* · Jung Mann Lee**

Abstract

Software is not only control and operational technology of computer, various system, and machines, but also knowledge handling and service technology for production, storage, and utilization of digital information. Many nations invest enormous budget in SW R&D to acquire core and original technology, and commercialize. To select and concentrate on SW R&D investment by segmenting diverse functions and element technologies consisting of sw technology, introduction of evaluation and analysis methodology on technology level utilizing reliable patent and bibliometrics is demanded these days. The purpose of this paper is to suggest some analysis frameworks of national technology level in the field of sw technology. Another practical purpose is to verify sw technology policy using qualitative and quantative indicators of patent and bibliometrics.

Keywords : SW, Evaluation on Technology Level, Patent, Bibliometrics

논문접수일 : 2014년 11월 07일 논문수정일 : 2014년 12월 07일 논문게재확정일 : 2014년 12월 07일

* 정보통신기술진흥센터 수석, e-mail : cho19@iitp.kr
** 교신저자, 호서대학교 경영학부 교수, e-mail : mann@hoseo.edu

1. 서 론

소프트웨어는 인간의 창조적 지식 및 기술을 컴퓨터 및 시스템을 구현하여 삶의 질과 기업의 경쟁력을 향상시키는 핵심기술로써 국가 미래 산업 경쟁력의 원천이며, 기기, 서비스, 사용자를 연결하는 산업의 성장엔진으로 급부상하고 있다.

소프트웨어 기술이란 컴퓨터 및 다양한 시스템, 기기의 제어 및 운영 기술에서부터 디지털정보의 생산, 저장, 활용을 위한 지식처리 및 서비스를 아우르는 분야로써 핵심・원천기술 확보 및 상용화를 위해 세계 주요 국가들은 연구개발(R&D)에 막대한 국가 예산을 투자를 하고 있다[KEIT, 2012]. 연구개발(R&D) 예산 투자의 효율성 및 효과성을 제고 및 확보하기 위해서는 소프트웨어 기술을 구성하고 있는 다양한 기능 및 요소기술을 세분화하여 어느 분야에 강점이 있고, 취약한지를 분석하여 강점은 유지하면서 취약한 분야는 개선하는 연구개발(R&D) 투자전략 수립 및 시행이 필요하다.

이를 위해 소프트웨어 기술에 대한 국가 기술수준을 평가 및 분석하는 것이 중요하며 기술수준을 측정하기 위해서는 기존의 전문가 설문조사 방식의 한계점을 극복하면서 보다 신뢰성 있는 특허와 논문 등의 계량정보를 활용하여 기술수준을 측정 및 평가하는 것이 요구되고 있다. 그러나 최근의 일부 연구기관 및 연구자들의 제한된 연구사례를 제외하고는 소프트웨어 기술분야에 대한 특허 및 논문의 계량정보에 기반 한 기술수준 평가 사례 및 방법론이 전무한 실정이다.

본 논문에서는 기존의 전문가 설문조사에 대한 개선모형으로써 특허와 논문의 핵심적인 양적・질적 지표를 조사・분석하여 소프트웨어 기술분야의 한국을 비롯하여 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국, 중국, 인도 등 12개 주요 소프트웨어 연구개발(R&D) 및 생산국가의 기술수준을 측정 및 평가하는 실용적인 모형, 방법론, 결과도출 프레임워크를 제안 및 실증하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 기술수준평가의 정의

최근 들어 과학과 기술에 기반한 국가 경쟁력은 경제성장 및 새로운 생산력 제고에 있어서 가중 중요한 요소이다[Porter et al., 2001]. 또한, 기술경쟁력은 국가 경쟁력을 강화시키는데 있어서 핵심요소로 작용하며, 미국, 유럽, 일본, 중국, 한국 등 세계 주요국의 정부는 기술혁신을 강화시키기 위해 미래 핵심원천기술 확보 및 개발에 집중해나가고 있다[Ryu and Byeon, 2011; Wang et al., 2007]. 이와 같이 국가 경쟁력의 핵심요소인 기술수준을 파악하기 위하여 기술수준평가를 도입 및 확산이 되어 왔음을 알 수 있다.

하지만 기술수준평가에 대해 전 세계적으로 명확하게 일반화 되거나 공식화 된 방법은 존재하지 않으나, 전문가 인터뷰 및 설문조사, 델파이 조사를 중심으로 추진한 사례가 다수 존재하여 왔다. 이와 같은 전문가의 직관에 의한 방법은 개별 전문가의 편차 등에 따라 조사결과의 변동이 크게 나타나는 것이 문제점으로 지적되어 왔다[Cho and Park, 2014].

기술수준평가는 과학기술이나 산업기술 등에 대해 국가, 산업, 기업 등 복수의 주체에 대하여 비교·평가하는 것이다. 다양한 평가항목 중에서 가장 중요하고 핵심이 되는 '기술수준'의 정의는 다양한 문장으로 표현할 수 있는데, '투자, 생산, 혁신에 있어 기술지식을 효율적으로 사용하는 능력[Solow, 1957]', '산업생산과 관련된 기술지식의 축적 정도[Schmookler, 1966]', '기술이 목적으로 하는 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 기능모수와 기술모수로 구분하여 정량적으로 나타낸 것

[Martino, 1993]' 등이 그와 같은 연구결과이다[한민규 외, 2010]. 이를 종합해보면 기술수준평가에서의 기술수준이란 '특정 시점에서 특정기술의 성능을 측정치로 나타내는 것'으로 특정 비교대상이나 비교시점과 현재를 평가했을 때 의미가 있는 지표라고 정의할 수 있다.

2.2 특허 계량지표

특허 계량정보는 과학과 기술의 활동 및 성과를 이해하는 지표로 1차적으로 발명자의 권리를 보호하고 2차적으로 산업발전을 도모하고 나아가 산업을 이끌어나가기 위한 핵심동력으로 활용되기도 한다[박정규, 허은녕, 2005]. 이러한 특허는 특허 계량정보를 제공하는 동시에 특허통계정보를 즉, 특허지표로 기술정책적 연구 및 전략적 판단 가치를 제공하기도 한다[Dutfield and Suthersane, 2008].

특허지표는 거시적, 미시적 관점에서 기술의 여러 속성들을 분석할 수 있는 도구로써 국가 기술혁신시스템과 경제성장을 뒷받침하는 요인을 설명하고, 국가간, 지역간, 산업간, 기술분야간, 기업간의 지식의 확산 정도를 추적할 수 있으며, 연구개발(R&D) 성과, 특정기술 및 산업의 구조와 발전수준을 측정하는데 적용되고 기술의 성과를 측정 또는 평가하는데 가장 합리적으로 사용될 수 있다[Ernst, 2003].

특허지표는 개별 특허 문건에 나타난 서지사항에서 추출할 수 있는 정보, 즉 특허출원수, 특허패밀리수, 피인용수, 삼극특허수, 미국등록특허수를 바탕으로 특허가 가지는 혁신성과 기술적 가치를 측정하는 지표이다.

Schankerman and Pakes[1986]는 특허지표를 특허의 품질이나 특성들을 측정할 수 있는 도구로 정의하였으며, Harhoff et al.[2003]은 특허지표를 이용하여 특허가 가지는 다양하고 신뢰성 있는 정보를 측정할 수 있다고 실증하였다.

OECD[1994]에서 각국의 분야별 전문화를 측정하는데 활용되며, 전문화 지표(Specialization index), RTA(Revealed Technological Advantage), 현시기술우위지수로 불리며, 특허출원수를 이용한 특허지표는 특허활동지수(AI : Activity Index)로서 특정연구주체가 전체 특허출원건수를 대상으로 특정 기술분야에서 차지하는 비율을 의미한다.

시장확보지수(PFS : Patent Family Size)는 특허패밀리수를 이용한 특허지표로서 기업이나 국가의 시장 확보 정보를 측정하는 지표로서 사용된다.

인용도지수(CPP : Cites per Patents)는 특허피인용수를 이용한 특허지표로서 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값을 의미하며, 인용도 지수값이 높을수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미한다.

미국 상무부에서 특정 국가의 기술력을 평가하기 위한 지표로서 활용되는 기술력지수(Technology Strength)는 회사 또는 국가의 미국등록특허수와 영향력지수를 곱하여 나타낸 지수이다.

특히, Cho and Park[2014]는 다양한 선행연구결과를 분석하여 특허지표를 NP(특허출원수), PGPA(특허출원의 성장률), PCPA(특정국가의 특허점유율), NF(패밀리특허수), CI(특허인용도), CII(특허영향력지수), TS(특허 기술경쟁력), TCT(특허 기술수명주기), NC(특허인용수), TI(특허기술의 독립성), RPA(현시선호 특허율) 등 11개 특허지표를 분류 및 정리하여 제시하고 모든 특허지표는 특허의 출원건수와 인용수의 함수로 구성되어 있음을 확인하였다. 특허지표는 다양한 측정 통계지표가 존재하나 기본적으로 특허의 양적지표인 출원건수, 특허의 질적 지표인 패밀리수와 인용도를 중심으로 R&D 성과 측정 및 기술수준 평가를 추진하는데 사용될 수 있는 충분통

계량의 속성을 파악할 수 있다[Cho, 2014].

따라서 특허의 양적・질적 측정지표를 활용하여 과학기술적 수준평가는 합리적으로 적용될 수 있음을 확인할 수 있다.

2.3 논문 계량지표

계량서지학(Bibliometrics)적인 다양한 특징으로부터 논문 정보는 과학기술을 포함한 인간의 향상과 진보 수준에 대한 계량적인 평가 기반을 제공한다[Hood and Wilson, 2001]. 논문의 계량서지학적 지표는 연구과제 및 연구지원 성과, 연구수준을 분석하는 도구로 다수의 연구자에 의해 연구가 이루어지고 있다.

과학기술적 논문의 양적, 질적인 통계는 국가간의 과학기술적 협력과 경쟁에 있어서 현황 및 수준을 파악하는데 일반적으로 사용될 수 있음을 제안하였다[Vinkler, 2005; King, 2004].

일반적으로 논문의 지표는 2가지 형태가 존재하는데 논문의 양적인 생산인 논문게재수와 논문의 질적인 영향력인 인용도로 구성되어 있다. 논문의 양적 거재건수와 질적 인용건수는 동시에 고려하면 과학기술 및 연구개발(R&D)의 생산성과 영향력을 측정하는 통계량으로 활용될 수 있다[Rinia et al., 1998].

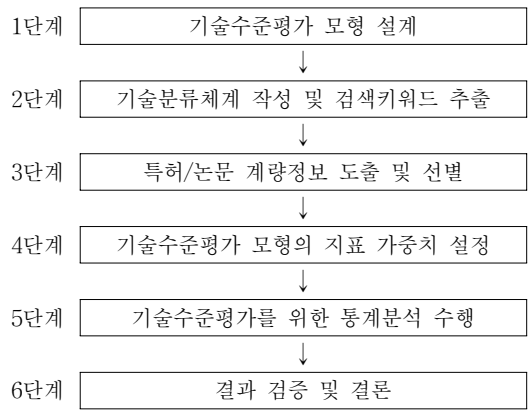
특히 Cho[2014]은 다양한 선행연구결과를 분석하여 논문지표를 NP(논문수), RJ(저널의 등급), AI(논문활동), NC(논문의 인용건수), IF(논문의 영향도), RPR(논문의 상대적 집중도), II(즉시인용지수), AAI(논문의 연관도), RCR(상대적 논문인용도) 등 10개 논문지표를 분류 및 정리하여 제시하고 모든 논문지표는 논문의 게재건수와 인용수의 함수로 구성되어 있음을 확인했으며, 또한 R&D 성과 측정 및 기술수준 평가를 추진하는데 사용될 수 있는 충분통계량의 속성을 파악할 수 있다고 제시하였다.

따라서 논문의 양적・질적 측정지표를 활용하여 과학기술적 수준평가는 합리적으로 적용될 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 연구모형 설계

3.1 연구 프로세스

Cho and Park[2014] 연구에 따르면, 특허 및 논문 등 계량정보를 활용한 기술수준평가를 위한 연구 프로세스는 일반적으로 <그림 1>과 같이 6단계 프로세스로 진행할 수 있다고 정립한바 있다. 1단계, 소프트웨어 기술수준평가를 위한 목적에 맞게 측정모형을 설계하여 평가지표를 확정한다. 2단계, 소프트웨어 기술 범위에 따라 관련 산업체, 대학, 연구소 전문가와 기존 분류체계를 조사・분석을 통해 기술분류체계를 작성하고 정보검색 및 추출을 위한 검색 키워드(key words)를 도출한다. 검색키워드는 기술분류체계상 적합하고 충분성(sufficiency)이 보장되는 키워드를 추출하여야 한다. 3단계, 검색키워드를 활용한 특허 및 논문 계량정보를 도출하여 DB화 한 후 DB의 적합성 및 충분성 검토를 통해 분석대상 DB를 확정한다. 만약 DB의 적합성과 충분석이 확보되지 못하면 2단계를 다시 수행하여야 한다.



〈그림 1〉 기술수준평가 점수화 연구 프로세스

4단계, 기술수준평가 모형의 평가 지표의 가중치를 설정한다. 5단계, 기술수준평가를 위한 통계분석을 통하여 기술수준평가 점수(score)를 계산한다. 점수화 시 데이터의 안정화 및 표준화를 진행하여 오차 최소화 및 정보 습득의 가독성을 제고하여야 한다. 6단계. 기술수준평가 결과에 대한 신뢰성(reliability) 및 타당성(validity)을 검증하고 전략적 연구개발 투자 및 기술확보 방안 수립 등에 결과를 활용한다.

3.2 특허 기반 기술수준평가 모형

특허(patent)의 양적・질적 측정지표 기반의 기술수준평가 모형을 'Patent AMC'로 정의하고자 한다. <표 1>과 같이 Patent AMC에 사용되는 특허지표는 기존 선행연구에서 가장 기본적이고 일반적・공통적으로 사용되는 특허활동도(PAI), 특허시장력(PMI), 특허영향력(PCI) 이상 3가지 특허 평가지표를 기반으로 기술수준평가를 시행할 수 있다.

〈표 1〉 선정된 특허기반 기술수준 평가지표

평가항목	지표설명
특허활동도 (PAI)	• (절대적) 특허 출원건수 • PAI = 특정국가 특허출원수÷전체 특허출원수 • Patent Activity Index
특허시장력 (PMI)	• 특허 패밀리 건수 • PMI = (특정국가 평균특허 Family 국가수/특정국가 특허출원건수)÷(전체 Family 국가수의 합계/전체 특허출원건수) • Patent Market-power Index
특허영향력 (PCI)	• 피인용 특허등록건수 • PCI = (특허국가 피인용특허수/특허국가 특허등록건수)÷(전체 피인용특허수/전체 특허등록건수) • Patent Citation Index

Patent AMC 모형에 기반한 기술수준평가를 위한 점수화는 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Patent AMC} = W \times P' = (W_1 \times PAI) + (W_2 \times PMI) + (W_3 \times PCI), \quad (1)$$

여기서 $W = (W_1, W_2, W_3)$, $P = (PAI, PMI, PCI)$. W는 가중치 벡터이고 P는 특허 평가지표 벡터이다.

3.3 논문 기반 기술수준평가 모형

특허와 유사하게 논문(paper)의 양적・질적 측정지표 기반의 기술수준평가 모형을 'Paper AC'로 정의하고자 한다. <표 2>와 같이 Paper AC에 사용되는 논문지표는 기존 선행연구에서 가장 기본적이고 일반적・공통적으로 사용되는 논문활동도(BAI), 특허영향력(BCI) 이상 2가지 논문 평가지표를 기반으로 기술수준평가를 시행할 수 있다. 특허의 경우 속지주의 원칙하에 각 국가의 특허청에서 동일한 특허의 내용으로 각각 출원되는 패밀리 특허가 존재한다. 특허권은 속지주의의 원칙상 권리를 획득한 국내 내에서만 그 효력이 발생하기 때문에 발명자는 특허권을 보호받기 위해 각국의 특허청에 특허를 출원한다. 하지만 논문의 경우는 1개의 학술지에 1개의 논문을 게재하는 것이 원칙으로 되어 있어 패밀리에 근거한 논문의 BMI(Bibliometric Market-power Index)는 존재하지 않는다.

〈표 2〉 선정된 논문기반 기술수준 평가지표

평가항목	지표설명
논문활동도 (BAI)	• (절대적) 논문 게재건수 • BAI = 특정국가 논문수÷전체 논문수 • Bibliometric Activity Index
논문영향력 (BCI)	• 피인용 논문수 • BCI = 특정국가 논문인용수÷총 논문인용수 • Bibliometric Citation Index

Paper AC 모형에 기반한 기술수준평가를 위한 점수화는 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Paper AC} = T \times B' = (T_1 \times BAI) + (T_2 \times BCI) \quad (2)$$

여기서 T = (T_1, T_2), B = (BAI, BCI). T는 가중치 벡터이고 B는 논문 평가지표 벡터이다.

3.4 특허 및 논문 기반 통합기술수준평가 모형

특허와 논문 계량정보 기반의 통합기술수준 평가모형을 'Composite TLE'로 정의하고자 한다. Composite TLE는 Paper AMC와 Paper AC로 구성되는데 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Composite TLE} = Z \times U' = (Z_1 \times \text{Patent AMC}) + (Z_2 \times \text{Paper AC}), \quad (3)$$

여기서 Z = (Z_1, Z_2), U = (Patent AMC, Paper AC). Z는 가중치 벡터이고 U는 Composite TLE의 평가지표 벡터이다.

3.5 데이터 안정화 및 표준화 방법

서규원[2011]은 기술수준을 측정하는 지표에 대해 표준의 변동성과 왜곡된 분포를 보완 또는 방지하기 위해 적합한 변환을 해야 하며, Re-scaling 방법을 통해 표준화를 해야 한다고 제안하였다.

본 연구에서는 데이터 처리의 안정성 제고를 위해 집계된 원본 데이터(raw data)에 대해서는 Root square Transformation을 실시한다. 데이터 비교 용이성 확보를 위해서는 계산된 평가지표값의 범위를 (0, 1)로 한정하는 Re-scalling을 식 (4)와 같이 시행한다.

$$\text{표준화 값} = \text{각 국가의 기술수준값} / \text{최고수준 점수값}. \quad (4)$$

4. 실증 분석

4.1 소프트웨어 기술분류체계

기술수준평가 대상인 소프트웨어 기술분류체계는 한국산업기술평가관리원 소프트웨어 PD(Program Director)를 중심으로 한국전자통신연구원, 전자부품연구원, KAIST, 건국대, SK CNS, KT 등 한국의 연구개발(R&D) 최고의 산학연 전문가 총 39명이 참여하여 2012년 9월 15일부터 2012년 10월 31일까지 3차례의 워크샵을 통한 합의(consensus) 도출 방식으로 수립하였다.

<표 3>과 같이 대분류인 소프트웨어 기술을 기능과 기술의 2차원 매트릭스 형태로 도출하였다. 중분류 수준은 소프트웨어 기능별로 기업용 소프트웨어, 임베디드 소프트웨어, 디지털콘텐츠, 기타 영역으로 구분되며, 기술별로 응용 소프트웨어, 미들웨어 소프트웨어, 시스템 소프트웨어로 분류하였다. 또한 소분류는 기업관리용 소프트웨어, 임베디드 소프트웨어 엔지니어링, 동작인식 등 총 50개로 중분류에 따라 분류하였다.

4.2 특허 및 논문 분석대상 표본 데이터

본 논문에서는 <표 3>의 소프트웨어 기술분류체계에 대한 키워드 검색을 통해 특허와 논문 분석대상 표준 데이터를 추출하였다. <표 4>와 같이 특허 분석 데이터는 출원인 기준 최근 12년간으로 1999년 1월 1일부터 2011년 12월 31일 기간에 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허청에 국가별 출원한 특허중 해외 출원 특허를 대상으로 구성하였다. PCT(Patent Cooperation Treaty) 출원특허와 파리조약출원 방식 특허데이터를 합산하여 분석대상 특허를 추출함으로써 질적 수준도 제고하고 언어 장벽도 해소하여 데이터의 질적 신뢰성과 양적 충분성을 동시에 고려하였다.

〈표 3〉 소프트웨어 기술분류체계

구분	기업용 S/W	임베디드 S/W	디지털콘텐츠	기타
응용 S/W	Enterprise Management S/W	Embedded Browser	Media player	Question AnS/Wering
	Design and Manufacturing Automation	Embedded S/W engineering	Media authorizing tool	Semantic search
	Special Purpose S/W (Application S/W for Science/Military/Medicine /Educations)	SOC for Embedded App.	Augmented reality	Recommencer S/W
	Officeware	Embedded Media Player	Graphics S/W	Personal Assistant
	Mobile application	Embedded Office (Viewer)	Virtual reality	Intelligent Service S/W
	SaaS (Software as a Service)		Game S/W	Business Intelligence S/W
	Enabler			Decision Supporting S/W
	GIS			
	(Geographical Information System)			
	Data processing			
	(Big Data) S/W			
미들웨어 S/W	Special purpose MW	Embedded UI/UX	Multimodal	Natural Language Processing
	Web Application Service (WAS)	Light App/Web Engine	UI/UX	Information Retrieval
	Platform as a service (PaaS)	D2D connection middleware	Media framework	Artificial Intelligence
	System management	Embedded distributed MW	Rendering	Information-to-Knowledge S/W
	Application platform	Embedded Security (Mobile, etc.)	HILS	Speech Recognition
			3D Engine	Cognitive Engineering converging S/W
			Encoder/Decoder	Gesture Recognition
시스템 S/W	System development S/W	Embedded OS		
	Operating System	Main memory DB		
	Compiler	Embedded File system		
	Storage management S/W	Integrated Development Environment		
	Virtualization	Cross compiler		
	laaS (Infrastructure as a service system S/W)	SW-HW codesign (SoC for system level S/W)		

또한, 논문의 경우도 SCI(E)급 게재 논문을 포괄할 수 있는 SCOPUS DB를 활용하여 양적·질적 수준을 동시에 제고하였다.

〈표 4〉 특허 및 논문 분석 DB

구 분	특허	논문
대상 Data	한국, 미국, 일본, 유럽의 해외출원 특허	SCOPUS 등재논문
대상 국가	한국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국, 네덜란드, 스웨덴, 중국, 이스라엘, 캐나다, 인도	
적용 기간	출원일 기준 12년간 (1999. 1. 1~2011. 12. 31)	등록일 기준 12년간 (1999. 1. 1~2011. 12. 31)
분석 기간	2012. 11. 1~2013. 2. 1	
활용 DB	WIPS DB, FOCUST DB	SCOPUS DB

2012년 말에 조사한 결과, <표 5>와 같이 1999년에서 2011년간 최근 12년간의 12개국의 총량적 특허 출원수는 202,596건, 특허 패밀리수 296,700건, 특허 피인용수는 316,738건으로 나타났다. 또한 논문 게재수는 47,947건, 논문 인용수는 519,393건으로 조사되어 이를 대상으로 12개국 간의 기술수준평가를 추진하였다.

〈표 5〉 특허 및 논문 표본 데이터 현황

항목		건수 합계 (1999~2011, 12개국)
특허	출원수	202,596
	패밀리수	2,969,700
	피인용수	316,738
논문	게재수	47,947
	인용수	519,393

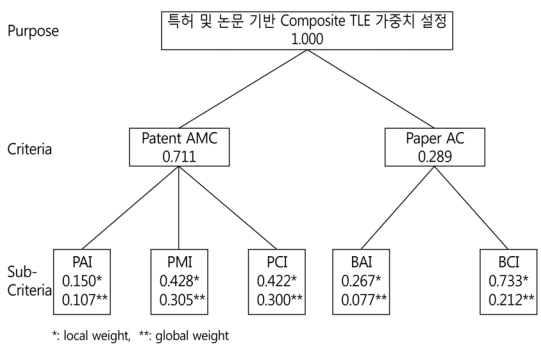
4.3 기술수준평가지표 가중치 설정

특허와 논문에 기반한 기술수준평가 관련 최근의 선행연구인 Archibugi and Coco[2004], Aksnes and Taxt[2004], Ernst[2003] 등에 따르면 관련된 평가지표에 대해 특별한 이론적 실증적 근거가 없어 동일 가중치(1/n)를 부여하여 추정한바 있다. 이는 각 평가지표에 대한 상대적 중요도가 다른 점을 간과하여 모형을 추정하는 단점이 존재한다.

Heng[2011]에 따르면, 다차원의 의사결정 문제에 있어서 평가요인들간의 상대적 중요도를 결정하는 것이 중요하며 대략 2가지 범주로 체계화 하였다. 첫 번째는 표본 데이터를 활용하여 최소자승법, 요인분석법 등 상관도와 분석을 고려하여 추정하는 방법이다. 두 번째는 관련된 전문가의 컨설팅을 활용하여 점수화하는 방법으로 계층분석적 의사결정방법인 AHP(Analytic Hierarchy Process), Delphi 조사, 질문지 조사 등이 주도 활용되어 왔다.

본 연구에서는 개별 표본 데이터에 따라 변동되는 첫 번째 데이터 추정법 대신에 다양한 의사결정 연구분야 및 현장에서 대표적으로 적용되는 AHP 방법을 적용하여 'Expert Choice 2000'을 사용하여 가중치를 추정하였다.

2013년 1월 15일부터 2013년 1월 21일간 AHP 조사에 참여한 전문가는 총 39명의 전문가로서 산업체 13명, 대학 12명, 연구소 13명이 균형 있게 참여하여 <그림 2>와 같이 가중치가 추정되었다.



〈그림 2〉 AHP 기반 가중치 추정결과

4.4 국가 기술수준평가 점수추정

소프트웨어 기술분야의 1999년부터 2011년간 핵심 특허출원 202,596건과 SCI(E)급 논문게재 47,947건을 대상으로 특허, 논문, 종합분석을 실시하였다.

먼저 소프트웨어 기술분야 특허기반 국가 기술수준 평가를 Patent AMC 모형에 따라 추정한 결과는 <표 6>과 같다. 1위 국가는 미국, 2위 이스라엘, 3위 캐나다, 4위 스웨덴, 5위 영국으로 평가되었으며, 일본은 7위, 한국은 10위, 인도는 11위, 중국은 12위를 기록하였다.

특히 미국은 특허활동도(PAI), 특허시장력(PMI), 특허영향력(PCI) 등 전반적으로 높게 나타났으며, 이스라엘은 특허영향력(PCI)이 1위로 나타났다.

〈표 6〉 Patent AMC 기술수준평가 점수 추정치

국가	PAI	PMI	PCI	Patent AMC	Rank
한국	0.10	0.78	0.74	0.631	10
미국	0.32	1.25	1.16	1.000	1
일본	0.16	0.82	0.94	0.730	7
독일	0.09	0.88	0.84	0.714	8
프랑스	0.06	0.94	0.84	0.739	6
영국	0.07	1.04	1.03	0.859	5
네덜란드	0.07	0.89	0.82	0.710	9
스웨덴	0.04	1.02	1.07	0.867	4
중국	0.04	0.72	0.46	0.490	12
이스라엘	0.04	1.06	1.23	0.949	2
캐나다	0.05	0.99	1.14	0.883	3
인도	0.03	0.60	0.69	0.535	11

다음으로 소프트웨어 분야 논문기반 국가 기술수준 평가를 Paper AC 모형에 따라 추정한 결과는 <표 7>과 같다. 1위 국가는 미국, 2위 네덜란드, 3위 캐나다, 4위 영국, 5위 스웨덴, 6위 이스라엘으로 평가되었으며, 한국 9위, 일본 10위, 인도 11위, 중국 12위로 나타났다.

특히 미국은 논문활동도(BAI), 논문영향력(BCI)이 모두 1위이고, 중국은 논문활동도(BAI)가 2위인 반면 논문영향력(BCI)이 12개국 중 가장 낮아 최종적으로 12위를 기록하였다.

〈표 7〉 Paper AC 기술수준평가 점수 추정치

국가	BAI	BCI	Paper AC	Rank
한국	0.07	0.85	0.626	9
미국	0.19	1.33	1.000	1
일본	0.08	0.81	0.600	10
독일	0.09	1.03	0.760	8
프랑스	0.07	1.09	0.797	7
영국	0.10	1.15	0.848	4
네덜란드	0.05	1.20	0.871	2
스웨덴	0.04	1.15	0.832	5
중국	0.16	0.52	0.413	12
이스라엘	0.03	1.14	0.823	6
캐나다	0.07	1.17	0.854	3
인도	0.06	0.69	0.509	11

마지막으로 특허와 논문을 동시에 고려한 Composite TLE 모형으로 소프트웨어 기술분야 국가 기술수준평가를 실시한 결과는 <표 8>과 같다. 1위는 미국, 2위 이스라엘, 3위 캐나다, 4위 스웨덴, 5위 영국, 6위 네덜란드로 평가되었으며, 일본은 9위, 한국은 10위, 인도는 11위, 중국은 12위로 나타났다.

〈표 8〉 Composite TLE 점수 추정치

국가	Composite TLE	Rank
한국	0.629	10
미국	1.000	1
일본	0.692	9
독일	0.727	8
프랑스	0.756	7
영국	0.856	5
네덜란드	0.756	6
스웨덴	0.857	4
중국	0.468	12
이스라엘	0.913	2
캐나다	0.875	3
인도	0.527	11

4.5 기술수준평가 추정치 비교 및 검증

기술수준평가 모형의 추정에 대해 Patent AMC, Paper AC, Composite TLE, 그리고 기존의 일반적인 기술수준평가 방식인 전문가 델파이 조사결과에 대한 비교 및 검증을 실시하고자 한다. 이와 같은 모형의 추정치에 대한 검증연구는 Corder and Foreman[2009]와 Cho and Park[2014]에서 비모수적인 방법으로 Spearman 통계량을 이용한 순위 상관분석을 통해 검토할 수 있음을 확인하여 이를 적용하였다.

첫 번째, Patent AMC 모형에 있어서 평가지표간의 비모수 상관분석을 통한 통계량간의 설명력 검증을 실시하였다. <표 9>와 같이 특허시장력(PMI)와 특허영향력(PCI)이 상관도(0.904**)가 높게 나타났으나, 특허활동도(PAI)와 특허시장력(PMI), 특허영향력(PCI)와는 상관도가 낮게 나타났다. Patent AMC 추정치와 특허시장력(PMI)와 특허영향력(PCI)와의 상관도(0.937**, 0.981**)는 매우 높게 나타났다. 양적 지표인 특허활동도(PAI)와 질적 지표인 특허시장력(PMI), 특허영향력(PCI)이 상관도가 낮게 나타나서 양적 질적 지표를 동시에 투입하는 것이 필요하며, 상관도가 낮은 특허활동도(PAI)는 Patent AMC에서 제외하여 추정하는 것도 가능함을 확인할 수 있다.

〈표 9〉 Patent AMC 모형의 평가지표 상관분석

구 분		PAI	PMI	PCI	Patent AMC
PAI	Spearman's rho	1.000	.176	.159	.176
	Sig. (2-tailed)	-	.583	.622	.583
	N	12	12	12	12
PMI	Spearman's rho	.176	1.000	.904**	.937**
	Sig. (2-tailed)	.583	-	.000	.000
	N	12	12	12	12
PCI	Spearman's rho	.159	.904**	1.000	.981**
	Sig. (2-tailed)	.622	.000	-	.000
	N	12	12	12	12
Patent AMC	Spearman's rho	.176	.937**	.981**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.583	.000	.000	-
	N	12	12	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

두 번째, Paper AC 모형에 있어서 평가지표간의 비모수 상관분석을 통한 통계량간의 설명력 검증을 실시하였다. <표 10>과 같이 논문활동도(BAI)와 논문영향력(BCI)의 상관도(-0.092)가 낮게 나타났다. Paper AC 추정치와 논문영향력(BCI)의 상관도는 0.998**으로 높게 나타나서 논문의 경우는 논문영향력(BCI)을 통해서 기술수준평가를 추진할 수 있고, 논문활동도(BAI)는 제외될 수 있음을 확인하였다.

〈표 10〉 Paper AC 모형의 평가지표 상관분석

구 분		BAI	BCI	Paper AC
BAI	Spearman's rho	1.000	-.092	-.063
	Sig. (2-tailed)	.	.777	.845
	N	12	12	12
BCI	Spearman's rho	-.092	1.000	.998**
	Sig. (2-tailed)	.777	.	.000
	N	12	12	12
Paper AC	Spearman's rho	-.063	.998**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.845	.000	.
	N	12	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

세 번째, 기존 일반적으로 적용되는 전문가 델파이 설문조사 방식의 국가 기술수준조사 결과(Delphi Survey)와 Patent AMC, Paper AC, Composite TLE에 대해 <표 11>과 같이 비모수 상관분석을 실시하였다. Composite TLE와 Patent AMC, Paper AC 등 3개 평가지표는 전체 상호간에 상관도가 높게 나타내서 설명력이 높음이 확인되었다. 또한 Delphi Survey와 Composite TLE도 상관도(0.979**)가 높게 나타남에 따라 기존 연구방법론에 대체 모형으로써 설명력이 높음이 확인되었다.

〈표 11〉 기술수준평가 모형의 상관분석

구 분		Patent AMC	Paper AC	Composite TLE	Delphi Survey주)
Patent AMC	Spearman's rho	1.000	.727**	.951**	.958**
	Sig. (2-tailed)	.	.007	.000	.000
	N	12	12	12	12
Paper AC	Spearman's rho	.727**	1.000	.874**	.832**
	Sig. (2-tailed)	.007	.	.000	.001
	N	12	12	12	12
Composite TLE	Spearman's rho	.951**	.874**	1.000	.979**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000
	N	12	12	12	12
Delphi Survey주)	Spearman's rho	.958**	.832**	.979**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.
	N	12	12	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).
주) Delphi Survey : 산학연 전문가 39명을 통한 설문조사 결과[KEIT, 2012].

5. 결 론

5.1 논의

본 논문은 최근의 전 세계적으로 국가 성장산업인 소프트웨어 산업기술 분야에 대한 과학기술적 계량정보인 핵심인 특허와 논문을 기반으로 한 국가 기술수준 분석방법론 제안 및 실증연구가 목적이다.

국가 기술경쟁력은 좀 더 우수한 지적재산권, 효율적인 기술규제 및 표준화 정책, 그리고 부상하는 정보통신기술의 전 세계적인 확산 측면에서 국가의 경제적 성과에 중요한 요소이다. 또한, 기술능력은 기술운영 측면에서 기술경쟁력을 측정하는 추상적인 수준의 핵심요소로써 기술수준은 기술지식을 효율적으로 활용하는 상대적 기술능력이라고 정의할 수 있었으며, 기술지식이 축적, 투자, 생산, 혁신이 되는 정도를 의미한다. 기술수준은 과거의 기술 활용을 통해서 기술 축적과 성취된 현재의 상태라고도 말할 수 있다. 따라서, 기술수준평가는 특정한 평가시점에서 기술적 성과와 능력에 대하여 기술적 현재 상태를 계량통계적으로 추정하거나 사정하는 활동이라고 정의할 수 있다.

최근에 국가 기술수준평가를 위한 몇 가지 새로운 모형이 개발되어 왔는데, 이러한 모형들은 어떤 하나의 이론적이고 실증적인 컨센서스(consensus)에 의해서 연구가 이루어진 것들이었다. 국가수준의 기술수준평가에 대한 종합지표의 구성이 최근 들어서 중요한 하나의 연구주제가 되었다. 기술정책 분석가들과 대학의 교수, 연구자들 모두는 기술적, 경제적, 사회적 진보를 이해하는데 있어서 국가의 성과측면을 고려한 기술수준평가에 대한 새롭고 보다 향상된 측정도구가 필요하게 된 것이다. 특히, 국가 정부는 정책적 결정을 내리는데 있어서 국가의 연구개발(R&D) 성과에 대한 효율적・효과적인 정보를 지속적으로 요구하고 있기도 하다. 따라서 이러한 정보는 다른 국가의 연구개발(R&D) 성과인 특허와 논문 등의 계량통계를 양적・질적으로 비교・분석해봄으로써 더 잘 이해할 수 있게 된다.

오랜 기간 동안 기술혁신과 전략의 연구분야는 적합한 통계적 데이터의 부족 및 시간제한, 방법론 부재의 문제 등으로 전문가에 의존한 설문조사 방식으로 기술수준평가가 상당수 진행되어 왔으나 이에 따른 전문가 개인별 변동 및 편차가 심한 문제점 발생으로 신뢰성 및 타당성에 대한 반성이 있어왔다. 세계지적재산권기구(WIPO)에 따르면 과학기술적 정보가 90% 이상 특허와 논문에 담겨 있다고 함에 따라 이를 잘 활용하여 기술수준평가를 한다면 신뢰성과 타당성을 확보한 기술수준 평가방법 및 실증이 가능하게 되는 것이다.

새로운 평가지표를 만든 후 이 평가지표가 측정하는 평가대상에 대해 그 목적을 잘 수행하는지 검증(test)하는 방법은 명확하게 존재하고 있지 않으나, 제한된 통계지표 및 표본데이터 분석결과에 의존해서 기존의 일반화된 연구결과와의 차이점이 있는지 없는지를 살펴봄으로써 신뢰성과 타당성을 어느 정도 검증이 가능함을 확인하였다. 하지만 선행연구에서 보듯이 이러한 평가지표는 정책전문가, 학자, 연구자 등의 활용확산 또는 합리적 합의를 통해서 일반적으로 검증을 하는 것이다. 이를 위해 향후 관련 연구 및 관련 학자, 연구자간의 논의가 추가적으로 필요한 것이다.

5.2 요약

특허와 논문 계량정보를 활용한 기술수준평가 프로세스는 기술수준평가 모형 설계, 기술분류체계 작성 및 검색 키워드 추출, 특허/논문 계량정보 도출 및 선별, 기술수준평가 모형의 지표 가중치 설정, 기술수준평가를 위한 통계분석 수행, 결과 검증 및 결론 등 6단계의 연구수행 프레임워크를 설계한 후 각 단계별로 추진한 결과 기술수준평가 목적을 달성하는데 효율적인 체계임을 확인할 수 있었다. 특히 평가지표의 가중치는 AHP 방법을 적용하여 관련 산・학・연 전문가를 균형 있게 구성하여 운영하여 합리적으로 설정할 수 있었다. 본 연구의 소프트웨어 기술분야 특허에 71.1%, 논문에 28.9%의 가중치를 설정되었다.

50개의 요소기술로 구성된 소프트웨어 부문의 기술에 대한 국가 기술수준평가 점수를 추정한 결과는 다음과 같다. 먼저 특허기반의 Patent AMC 모형에 따라 추정한 결과는 1위 미국(1.000), 2위 이스라엘(0.949), 3위 캐나다(0.883), 4위 스웨덴(0.867), 5위 영국(0.859)이었으며, 일본(0.730)은 7위, 한국(0.631) 10위, 인도(0.535)는 11위, 중국(0.490)은 12위로 평가되었다. 논문기반의 Paper AC 모형에 따라 추정한 결과는 1위 미국(1.000), 2위 네덜란드(0.871), 3위 캐나다(0.854), 4위 영국(0.848), 5위 스웨덴(0.832)이었으며, 한국(0.626)은 9위, 일본(0.600)은 10위, 인도(0.509) 11위, 중국(0.413) 12위로 평가되었다. 특허와 논문을 동시에 고려한 Composite TLE 모형에 따라 소프트웨어 부문의 국가 기술수준평가를 실시한 결과, 1위는 미국(1.000), 2위 이스라엘(0.913), 3위 캐나다(0.875), 4위 스웨덴(0.857), 5위 영국(0.856), 6위 네덜란드(0.756)로 나타났으며, 일본(0.692)은 9위, 한국(0.629)은 10위, 인도(0.527)는 11위, 중국(0.468)은 12위로 평가되었다.

또한, 기존의 연구방법론인 전문가 델파이 조사결과와 본 연구방법론과의 상관분석 결과 상호간에 설명력이 높게 나타남으로써 신규 방법도 측정도구로써의 신뢰성과 타당성이 어는 정도는 검증됨을 확인되었다.

5.3 연구의 한계 및 추가연구

본 연구에서는 특허와 논문을 기반으로 제안한 기술수준평가 측도에 대한 타당성과 평가지표의

가중치는 확고하게 이론적, 통계적으로 검증에 일부 한계가 존재한다. 따라서 충분한 이론적 연구를 위한 문헌 조사연구의 확대, 관련 학자와의 논의와 합의가 필요하고, 다양한 산업, 기술 분야에 대한 통계적으로 실증하는 연구가 필요하다. 특히, 특허와 논문의 모든 통계지표를 선별한 후 광범위한 통계적 실증, 즉 요인분석 등을 통한 설명력 있고 독립적인 통계지표를 선별하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 소프트웨어의 중요 연구결과물인 소프트웨어 등록에 대한 분석도 본 논문에서는 포함하지 않은 한계점도 존재함을 밝혀둔다.

또한 기술수준평가 결과에 대한 국가별 수준평가 점수치를 제공하는 것도 중요하지만, 연구개발(R&D) 투자규모, 인력규모, 인프라, 생산규모, 시장창출 규모, 시장점유율, 전략 투자분야 등 국가 경쟁력에 복합적으로 영향을 미치거나 연구개발(R&D) 성과로 창출되는 요인관계를 밝혀서 국가 기술혁신 체제에 대한 명확한 프레임워크를 제공하는 것도 연구가 추가 필요하다. 이를 통해서 특허와 논문 계량정보 기반의 국가 기술수준평가 모형이 이론적 타당성, 실용적 적용성이 높아질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 박정규, 허은녕, “특허지표 분석을 통한 특허실사 방법론 고찰”, 한국기술혁신학회, 추계학술대회논문집, 2005, pp. 637-646.

[2] 서규원, “특허지표를 활용한 기술수준평가 연구방법론의 개발 및 적용”, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2011.

[3] 한국산업기술평가관리원, “소프트웨어(SW) 분야 기술수준조사 보고서”, 2012.

[4] 한민규, 김병수, 유지연, 변순천, “기술성장모형에 기반을 둔 기술수준평가 결과 및 시사점 : 바이오칩・센서기술을 중심으로”, *기술혁신학회지*, 제13권 제2호, 2010, pp. 252-281.

[5] Aksnes, D. W. and Taxt, R. E., “Peer reviews and bibliometric indicators : a comparative study at a Norwegian university”, *Research Evaluation*, Vol. 13, No. 1, 2004, pp. 33-41.

[6] Archibugi, D. and Coco, A., “A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries(ArCo)”, *World Development*, Vol. 32, No. 4, 2004, pp. 629-654.

[7] Cho, I. G. and Park, M. C., “Technological-level evaluation using patent statistics : model and application in mobile communications”, *Cluster Computing*, 2014, pp. 1-10.

[8] Cho, I. G., “Developing patent and paper-based composite indicators for comparative technological-level evaluation at the country level : model and application in mobile communications”, *KAIST, Ph.D. Dissertation*, 2014.

[9] Corder, G. W. and Foreman, D. I., “Nonparametric Statistics for Non-Statisticians : A Step-by-Step Approach”, *Hoboken, N. J. : Wiley, ISBN 978-0-470-4546-19, OCLC 276228975*, 2009.

[10] Harhoff, D., Scherer, F. M., and Volpel, K., “Exploring the tail of the patent value distribution”, *In : Grandstrand, O.(Ed)*, 2003, pp. 279-310.

[11] Dutfield, G. and Suthersanen, U., “Global intellectual property law”, *Edward Elgar Publishing*, 2008.

[12] Ernst, H., “Patent information for strategic technology management”, *World Pat. Inf.*, Vol. 25, No. 3, 2003, pp. 233-242.

[13] Heng, T., “The empirical analysis of enter-

prise scientific and technological innovation capability", *Energy Procedia*, Vol. 5, 2011, pp. 1258-1263.

[14] Hood, W. W. and Wilson, C. S., "The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics", *Scientometrics*, Vol. 52, No. 2, 2001, pp. 291-314.

[15] King, D. A., "The scientific impact of nations", *Nature*, Vol. 430, No. 6997, 2004, pp. 311-316.

[16] Martino, J. P., "A comparison of two composite measures of technology", *Technological forecasting and social change*, Vol. 44, No. 2, 1993, pp. 147-159.

[17] OECD, "Using Patent Data as Science and Technology Indicators-Patent Manual", 1994.

[18] Porter, A. L., Roessner, J. D., Jin, X. Y., and Newman, N. C., "Changes in national technological competitiveness, 1990, 1993, 1996 and 1999", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 13, No. 4, 2001, pp. 477-496.

[19] Rinia, E. J., Van Leeuwen, T. N., Van Vuren, H. G., and Van Raan, A. F., "Comparative analysis of a set of bibliometric indicators and central peer review criteria : Evaluation of condensed matter physics in the Netherlands", *Research policy*, Vol. 27, No. 1, 1998, pp. 95-107.

[20] Ryu, J. and Byeon, S. C., "Technology level evaluation methodology based on the technology growth curve", *Technol. Forecast. Soc.*, Vol. 78, No. 6, 2011, pp. 1049-1059.

[21] Schankerman, M. and A. Pakes, "Estimate of the value of patent rights on European countries during the post-1950 period", *The Economic Journal,* Vol. 96, No. 384, 1996, pp. 1052-1076.

[22] Schmookler, J., "Invention and Economic Growth", *Harvard University Press*, 1966.

[23] Solow, R., "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3, 1957, pp. 312-320.

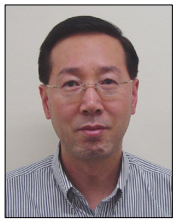
[24] Vinkler, P., "Science indicators, economic development and the wealth of nations", *Scientometrics*, Vol. 63, 2005, pp. 417-419.

[25] Wang, T. Y., Chien, S. C., and Kao, C., "The role of technology development in national competitiveness-Evidence from Southeast Asian countries", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, No. 8, 2007, pp. 1357-1373.

저자소개

조 일 구

미래창조과학부 산하 정보통신기술진흥센터(IITP) 기술기획그룹 팀장으로 재직 중이며, 중앙대학교 응용통계학과 학사, 서울대학교 계산통계학과 석사, KAIST 기술경영학과에서 박사학위를 취득하였고, 주요 관심분야는 정보통신 기술정책, 기술경영, 기술관리 등이다. 주요 연구결과는 Cluster Computing, International Telecommunications Society, 디지털정책학회, 한국콘텐츠학회 논문지 등 국내외 학술지에 논문을 발표하였다.



이 중 만

고려대에서 경영학사, 미국 City University of New York에서 경제학 박사학위를 취득하였으며, 현재 호서대학교 경영학부 디지털 기술경영전공 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 과학기술 및 인력정책, 기술경영, 콘텐츠 비지니스 등이다. 주요 연구결과는 Technological and Economic Development of Economy, 한국정보기술응용학회, 한국콘텐츠학회, 디지털 정책학회 등 국내외 학술지에 다수의 논문을 발표하였다.