

국가혁신역량 측정모형의 신뢰성과 타당성 분석: 유럽연합의 IUS를 중심으로[†]

Analysis of the Feasibility and Reliability of Models Measuring National
Innovative Capability: with a Focus on the IUS of the EU

엄익천(Ik-Cheon, Um)*, 조주연(Joo-Yeon, Cho)**, 김대인(Dae-In, Kim)***

목 차

I. 서 론	III. 분석결과
II. 이론적 논의와 분석방법	IV. 결론과 향후 연구주제

국 문 요 약

국가혁신역량은 경제성장의 중요한 결정요인으로 이에 대한 측정과 관리는 매우 중요하다. 국가혁신역량을 측정하는 다양한 접근방법 중 복합지표 접근법이 널리 활용되고 있지만, 그 타당성과 신뢰성에 대한 검토는 부족한 실정이다. 따라서 국가혁신역량을 측정하는 가장 대표적인 유럽연합 IUS (Innovation Union Scoreboard)의 최근 3개년 보고서(11년~13년)를 중심으로 신뢰성과 타당성을 분석하였다. 분석결과 IUS 복합지표 측정모형의 크롬바흐(Chronbach's) α 검정 결과 신뢰도는 권고기준을 충족하였다. 하지만 구성타당도와 예측타당도를 분석한 결과, 구성타당도에서는 절대적합지수와 증분적합지수 모두 권고기준을 충족하지 못하였다. 또한 IUS 복합지표의 각 부문과 항목에 대한 패널 선형회귀분석 결과, 예측타당도가 매우 낮게 나타났다. 이러한 분석결과를 토대로 복합지표 접근법으로 국가혁신역량을 측정할 때 고려사항과 주요 시사점을 제시하였다.

핵심어 : 국가혁신역량, 복합지표, 모형의 타당성과 신뢰성

※ 논문접수일: 2014.1.15, 1차수정일: 2014.2.10, 게재확정일: 2014.2.12

* 한국과학기술기획평가원 부연구위원, 02-589-2961, flysky@kistep.re.kr, 교신저자

** 한국전통문화대학교 문화재관리학과 연구교수, chojy2011@gmail.com, 02-910-4308

*** 기초과학연구원 선임연구위원, bigmankim@ibs.re.kr, 042-878-8109

† 본 연구는 한국과학기술기획평가원의 기관고유사업에서 지원받아 수행한 「2013년도 주요 경쟁력 보고서의 과학기술경쟁력 종합분석」의 일부로 2013년도 한국기술혁신학회 추계학술대회에서 발표한 내용을 수정·보완하였음을 밝힌다.

ABSTRACT

National Innovative Capability (NIC) is an important decisive factor where economic growth is concerned. As such, it is very important to measure and manage NIC. The composite index approach is one of the widely used approaches to measuring NIC, but there have been insufficient reviews of its feasibility and reliability. This paper conducted an analysis of the feasibility and reliability of the report on the last three years (i.e. 2011 through 2013) of the Innovation Union Scoreboard (IUS) of the EU, which is the most representative means of measuring NIC. It turned out that its reliability meets the recommended criteria as a result of Chronbach's alpha-based test of the models of IUS-related composite index. However, neither the absolute fit index nor the incremental fit index was found to meet the recommended criteria in a construct validity analysis. It also turned out that predictive validity is very low as a result of panel linear regression analysis of sectors and items of IUS-related composite index. This paper presents a number of considerations to be made when measuring national innovative capability using the composite index approach, as well as major policy suggestions based on the results of the analysis.

Key Words : National innovative capability, Composite indicator, Feasibility and reliability of models

I. 서 론

국가혁신역량은 각 국가별 경제성장의 차이를 설명할 수 있는 주요 결정요인이자 국가경쟁력의 원천이다(Romer, 1990; Furman et al., 2002). 따라서 국가경쟁력의 주요 하위 구성요소인 국가혁신역량의 측정과 관리는 매우 중요하다. 국가혁신역량은 기술역량(technological capability)과 이를 제품화하는 생산역량(production capability), 정부정책, 지식재산권 보호수준 등의 비기술역량(non-technological capability)을 포괄하는 매우 추상적인 개념이다(권명화, 2013: 231-232). 이로 인해 국가혁신역량을 측정하는 다양한 접근방법 중 양과 질을 모두 고려할 수 있는 복합지표 접근방법이 널리 활용되고 있다(Archibugi et al., 2009). 유럽연합의 Innovation Union Scoreboard(이하 'IUS'로 칭함)는 국가혁신역량을 측정하는 가장 대표적인 보고서다. 유럽연합 집행위원회 산하 기업산업연구총국에서는 2001년부터 IUS 보고서를 발표한다. 동 보고서는 리스본 전략의 일환으로 EU 회원국 27개국과 크로아티아, 세르비아, 터키, 아이슬란드, 노르웨이, 스위스, 마케도니아 7개국의 혁신성과에 대한 상대적인 평가결과를 제공하고 점검하기 위한 도구로 활용된다.

그동안 IMD(스위스 경제경영개발원) 세계경쟁력연감이나 WEF(세계경제포럼) 세계경쟁력 보고서와 같은 국가경쟁력의 복합지표 측정모형에 대한 신뢰성과 타당성에 대해서는 고차확인요인분석, 회귀분석 등을 통해 다양한 비판과 개선방안이 제시되었다(Lall, 2001; 차용진·이홍재, 2007; 최영출, 2009; 차용진, 2012; 고길곤·박세나, 2012). 하지만 국가혁신역량의 복합지표 측정모형에 대한 신뢰성과 타당성 분석은 거의 찾아볼 수가 없다. 다만 국가혁신역량의 순위산출 결과와 국내총생산(GDP) 순위 간에 스피어만 서열상관분석으로 법칙타당도를 평가한 일부 연구가 있다(Archibugi et al., 2009; Hye-Jung J. et al., 2010). 하지만 상관분석은 인과관계를 검증할 수 없으므로 측정모형의 타당성을 정확히 평가했다고 볼 수 없다. 특히 국가혁신역량의 복합지표 측정모형의 신뢰성과 타당성 확보는 국가혁신역량을 제고하기 위한 정책적 함의를 올바르게 이끌어내는 데 매우 중요하다.

본 연구에서는 유럽연합의 IUS를 중심으로 국가혁신역량 측정모형의 신뢰성과 타당성을 분석하고자 한다.¹⁾ 먼저 국가혁신역량과 복합지표 측정모형의 이론적 논의와 분석방법을 기술하였다. 그런 후 유럽연합 IUS의 최근 3개년(2011년~2013년) 보고서²⁾를 중심으로 복합지표

1) IMD와 WEF도 국가혁신역량의 측정과 관계되는 하위 부문의 세부지표들이 존재하나, 주요 목적은 국가경쟁력을 측정하는 데 있다. 물론 국가혁신역량을 측정하는 국가과학기술혁신역량평가(COMPOSITE SCIENCE AND TECHNOLOGY INNOVATION INDEX, 이하 'COSTII'로 칭함)와 세계혁신지수(GII: Global Innovation Index)가 있다. 하지만 COSTII는 유럽연합의 IUS 보고서 등을 참조하여 개발하였으며 국제적인 공신력을 확보하기 위한 노력을 전개하는 초기 상황이다. 또한 세계혁신지수(GII)는 2007년부터 발표되어 불과 6년밖에 되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 유럽연합의 IUS를 대상으로 분석하였다.

측정모형의 신뢰성과 타당성을 분석하였다. 구체적으로 신뢰성은 크롬바흐 알파(chronbach's α) 값을 활용해서 신뢰도 분석을 수행하였고, 타당성은 구성타당도(construct validity)와 예측타당도(predictive validity)를 측정하였다. 구성타당도는 AMOS 18.0을 활용해서 구조방정식 모형의 고차확인요인분석으로 검증하였으며 구성타당도 중 법칙타당도는 스피어만 서열상관분석(spearman correlation analysis)으로, 예측타당도는 패널선형회귀분석으로 검증하였다. 이 분석결과를 토대로 복합지표 접근법의 국가혁신역량 측정 시 고려사항과 주요 시사점을 논의하였다.

II. 이론적 논의와 분석방법

1. 국가혁신역량의 개념정의와 구성요소

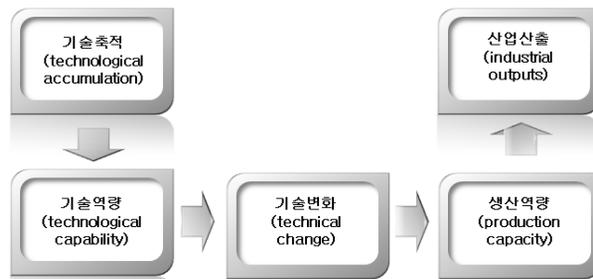
Furman et al.(2002)는 “정치적·경제적 실체로서 한 국가가 장기적으로 경제적 가치가 있는 혁신적인 기술을 창출하고 사업화하는 능력”으로 국가혁신역량을 정의한다. 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원(2012: 3)은 “국가가 과학기술 분야의 혁신 및 개선을 통해 최종단계에서 경제적·사회적으로 가치가 있는 성과를 산출할 수 있는 능력”이라고 제시한다. 권명화(2013: 244)는 두 개념정의를 바탕으로 “한 국가 또는 경제가 장기적으로 가치가 있는 혁신적인 기술을 창출하고 사업화하는 능력으로서 상업적 혁신을 가져올 수 있는 잠재적 능력”으로 보았다. 즉 국가혁신역량에는 기술의 개발과 축적뿐만 아니라 그 기술을 통해 경제적 성과를 창출해낼 수 있는 다양한 인적 자원, 제도, 혁신정책 등의 비기술 측면도 포함된다.

따라서 국가혁신역량은 크게 기술역량과 비기술역량으로 구성된다고 볼 수 있다. 기술역량은 기술지식의 효과적인 활용능력과 이를 통한 신기술 창출능력(Westphal et al., 1985; Kim, 1980)이라면, 비기술역량은 기술역량을 사업화해서 경제적 가치로 실현하는 역량으로 개발된 기술을 제품화하는 생산역량, 마케팅, 조직 혁신, 제도 혁신 등을 포괄하는 개념이다(Archibugi et al., 2009). 기술역량은 이질적인 요소들로 구성되는데, 세 가지 대비되는 특징이 있다(Archibugi and Coco, 2005: 177-178). 첫째 기술역량은 자본재와 장비, 인프라처럼 체화된 형태 혹은 인적 숙련도나 과학적·기술적 전문지식처럼 비체화된 형태가 될 수 있다. 이 두 가지 형태의 기술역량은 한 국가의 기술적 기반에 중요하게 기여한다는 공유된 믿음이

2) 유럽연합 IUS 분석자료 수집의 한계점과 분석의 용이성을 위해 최근 3개년 보고서로 한정하였다.

있다. 둘째 기술역량은 형식지나 암묵지의 형태로 존재한다. 청사진이나 매뉴얼, 특허, 과학적 출판물과 같은 형식지 형태의 기술역량은 실행과 응용을 통해 습득된 암묵지만큼 중요하다. 형식지 형태의 기술역량은 측정하기가 한결 수월한 반면, 암묵지 형태의 기술역량은 측정하기가 쉽지 않다. 마지막으로 기술역량의 생성과 확산이다. 지식의 생성과 그 지식의 확산·모방은 유용한 기술적 자산을 제공한다.

기술역량은 비기술역량의 여러 부문 중 생산역량과 매우 밀접한 상관관계가 존재하는데, (그림 1)처럼 나타낼 수 있다(Bell and Pavitt, 1993). 기술역량은 연구개발투자 등의 과학기술 발전을 통한 기술축적을 통해 높아진다. 또한 이렇게 축적된 지식, 기술, 경험 등은 제도적인 구조물과 조직들과의 연계를 통해 기술적인 변화를 촉발시킨다. 이 기술변화는 생산역량에 영향을 미치게 되고 궁극적으로 산업적인 산출물에 영향을 미치게 된다. 따라서 기술역량이 축적되면 생산역량도 자연스럽게 높아진다고 볼 수 있다. 다만 반드시 그렇지 않음에 주의해야 한다. ‘스웨덴 역설(sweden paradox)’에서 지적하듯 일부 국가는 새로운 지식을 많이 생산하면서도 정작 산업현장에 적용이 느린 반면, 다른 국가는 생성된 지식의 산업화 역량이 높을 수도 있다. 생산역량에는 연구결과물을 제품화하기 위한 생산설비, 노하우, 생산디자인 등의 다양한 유무형 요소들이 영향을 미치기 때문이다.

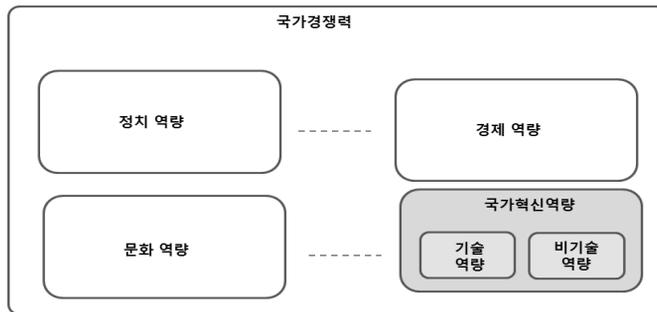


(그림 1) 기술역량과 생산역량의 관계

출처: Bell and Pavitt(1993)

한편 국가혁신역량은 국가경쟁력을 구성하는 주요 구성요소 중 하나로 파악할 수 있다. 기존 선행연구를 살펴보면 WEF는 국가경쟁력을 “국가의 생산성 수준을 결정하는 제도와 정책, 요인들의 집합”으로 정의한다(WEF, 2010), IMD는 국가경쟁력을 “경제성장의 관점에서 번영의 의미로 단기적 경제성장만이 아니라 삶의 질, 환경보호, 안전한 사회, 정의로운 사회 등을 포괄하는 장기적 의미”로 이해한다(IMD, 2008). 또한 국내의 연구에서도 국가경쟁력을 삶의 질과 생활수준을 포함하여 정의한다(김유찬·정지선, 2009; 하혜수, 2009; 삼성경제연구소,

2008). 혹은 기업의 환경적인 측면(왕윤중 외, 1999)을 강조하거나 국가의 정책에 대한 부분에 초점을 두어 국가의 역할을 국가경쟁력으로 파악하기도 한다(최영출·최외출, 2008). 이처럼 국가경쟁력은 한 국가의 정치 역량을 비롯해서 경제 역량, 문화 역량, 국가혁신역량 등을 하위 구성요소로 포함한다. 국가경쟁력은 이 개별 하위요소들의 역량에 좌우되는데, 여기서 국가혁신역량은 앞서 지적했듯 기술역량과 비기술역량으로 세분화되므로 (그림 2)처럼 국가혁신역량과 국가경쟁력의 개념적 관계를 도식화할 수 있다.³⁾ 현재 정부에서는 과학기술경쟁력을 국가경쟁력의 하위 요소로 파악하여 국가경쟁력의 차원에서 접근하고 있다. 그동안 국제평가지수를 관리하는 국가경쟁력분석협의회를 운영해왔는데, 2013년에는 이를 ‘국가경쟁력정책협의회’로 확대·개편해서 국가경쟁력을 점검하고 과학기술, 노동, 금융 등의 다양한 제도개선 과제를 발굴·논의하는 협의체(기획재정부훈령 제144호인 국가경쟁력 분석 및 제고에 관한 규정)를 운영 중이다.⁴⁾



(그림 2) 국가혁신역량과 국가경쟁력의 개념적 관계

2. 국가혁신역량의 복합지표 측정모형

1800년대 이후 유럽에서는 사회 분야와 자연과학 분야에서 다양한 측정이 이루어지면서 지표(indicator)가 개발되기 시작하였다.⁵⁾ 당초 지표는 구체성이 명확하거나 지속적으로 산출될 수 있는 데이터를 지칭하였다(김석현·정현주, 2013: 5). 지표는 다양한 개념정의가 존재하지만 일정한 주제에 대해 방향, 추세, 또는 차원을 나타내는 표시로 볼 수 있다(최성호·

3) (그림 2)는 직관적으로 이해하기 위해 표현한 그림에 불과하다. 현실은 이보다 더욱 복잡한 상호관계가 존재한다.

4) 기획재정부 보도자료, 2013.9.4.일자 제1차 국가경쟁력정책협의회 개최 참조.

5) 지표(indicator)가 주목할 만한 사회적 현상의 변화를 보여주는 통계라면, 지수(index)는 보다 빈번하며 그 측정이 한결 객관성이 높아 경제학과 경영학에서 자주 사용되는 용어로 엄밀히 구분할 수 있다(김석현 외, 2009: 32). 이처럼 두 개념을 구분할 수도 있지만, 본 연구에서는 유사개념이므로 혼용해서 사용하였다.

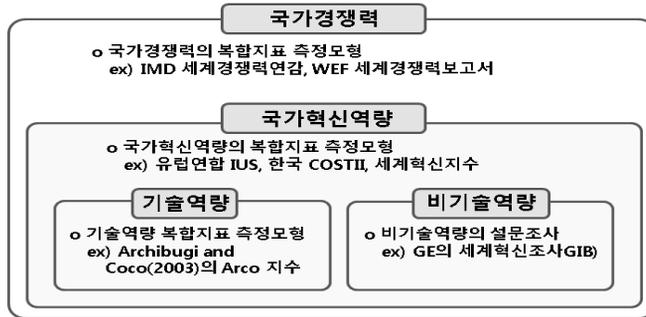
문혜선, 2006: 28). 지표는 단독으로 활용되기도 하지만, 점차 여러 개별지표를 종합해서 활용하는 복합지표로 발전하고 있으며 1990년대 중반 이후부터 정치·경제·사회 전반에 걸쳐 널리 활용되고 있다(Bandura, 2006). 가령 부패지수(Corruption Perception Index), 세계화지수(Globalization Index), 민주화지수(Democracy Index), 행복지수(Happiness Index) 등을 들 수 있다. 이러한 복합지표는 국제기구나 연구소에서 생산되며 언론과 인터넷, 학술연구 등에서 신속히 소비·확산되고 있다. 복합지표는 일련의 관찰된 사실에 대한 양적·질적 측정치를 모두 포함한다. 특히 복합지표는 관심이 대상이 되는 주제에 관한 다량의 정보를 통합하여 용이하게 이해할 수 있는 간명한 형식으로 구성하는 유용한 수단이다. 따라서 복합지표는 다양한 정책 부문에서 의사전달이나 정책결정의 도구로 널리 활용되지만, 여러 단점도 존재한다(OECD, 2008: 13). 첫째 지표가 잘못 설계되어 있다면 잘못된 시그널을 줄 수 있으며 지나치게 단순한 정책함의로 이어질 수 있다. 둘째 지표작업이 투명하지 않거나 타당한 통계작업을 거치지 않는다면 왜곡되어 사용될 수 있으며, 세부 지표의 선정과 가중치가 논란의 여지가 있다. 셋째 작성과정이 투명하지 않다면 그 문제점을 찾기도 어려울 수 있으며, 중요한 성과의 측면이 지표에 반영되지 않으면 지표에 따른 정책이 잘못될 수 있다.

복합지표는 과학기술 분야에서도 각 국가별 과학기술경쟁력을 파악하고자 국가혁신역량을 측정하는 데 널리 활용된다(Archibugi et al., 2009).⁶⁾ 물론 국가혁신역량은 계량경제모형, 자료포락분석 등의 계량방법론을 활용해서 측정할 수 있다. 하지만 앞서 지적했듯 국가혁신역량은 그 개념 자체가 매우 추상적이다. 따라서 국가혁신역량의 양적 측면과 질적 측면을 동시에 반영해야 한다. 즉 복합지표 접근법으로 국가혁신역량을 정확히 측정하려면 기술역량과 비기술역량을 함께 고려해야 한다는 의미다. 특히 비기술역량은 생산역량이나 마케팅, 제도 혁신, 정부정책 등 대부분 정성적인 측면이 많다. 이로 인해 국가혁신역량의 복합지표 측정모형에서는 Archibugi et al.(2009)가 지적했듯 연구개발투자액처럼 계량화하기 쉬운 기술역량의 측정에 초점을 두는 경우가 많다(Archibugi and Coco, 2003; Khayyat and Lee, 2012). 그렇다고 하더라도 비기술역량은 기술역량 못지않게 중요한 국가혁신역량의 구성요소다. 따라서 두 요소를 모두 고려할 수 있는 복합지표 측정모형을 설계해야 한다.

(그림 3)은 이러한 국가혁신역량 측정 관련 보고서들을 유형화해서 보여준다. 이는 앞서 논의한 국가혁신역량과 국가경쟁력의 개념적 관계에 근거한다. (그림 3)에서 보듯 IMD 세계경쟁력연감과 WEF 세계경쟁력보고서는 국가혁신역량을 구성하는 기술역량과 비기술역량을 함께 고려하지만, 국가경쟁력을 측정하는 데 기본적인 목적이 있다. 이와 달리 국가혁신역량의 측정이 주요 목적인 보고서는 유럽연합 IUS 보고서가 가장 대표적이며 그밖에도 세계

6) 과학기술지표의 기원과 역사적 변천과정에 대한 자세한 내용은 Godin(2003)을 참조하기 바란다.

혁신지수, COSTII 등이 있다. 또한 기술역량을 측정하는 복합지표 모형에는 Archibugi and Coco(2003)의 Arco 지수 등이 있으며 GE(General Electric)의 세계혁신조사(Global Innovation Barometer; GIB)처럼 복합지표 방법론 대신 설문조사를 실시해서 정부정책, 혁신환경, 제도 등의 비기술역량을 측정하는 데 주력하기도 한다.



(그림 3) 국가혁신역량 복합지표 보고서의 유형화

3. 국가혁신역량의 복합지표 측정모형에 대한 장점과 한계점

국가혁신역량을 측정하는 복합지표 측정모형은 주요 세 가지 장점을 제공한다(Arundel and Garrelfs, 1997). 첫째 기술역량을 분석하기 위한 세부지표들의 관리를 통해 기술변화의 지식을 넓히고 증가시킬 수 있다. 둘째 공공정책을 위한 정책의제 설정 기능이다. 정책결정자들은 자국의 강·약점을 고려한 정책을 입안할 수 있으므로 기술역량의 통계적 분석은 정책 결정과정에 한걸 효과적이고 효율적인 정책을 입안할 수 있는 정보를 과학적인 방법으로 도출할 수 있게 해준다. 셋째 기업전략을 수립할 수 있다. 기술역량과 관련한 세부지표와 그 측정모형의 통계적 분석은 각 국가의 지리적 특성 등을 고려해서 기업전략 수립에 활용할 수 있기 때문이다.

그러나 (그림 1)에서 제시된 국가혁신역량의 복합지표 보고서들은 이론적 근거, 측정목적과 조사항목, 측정방법의 세 가지 측면에서 한계점이 있다. 첫째 기존 국가혁신역량을 측정하는 복합지표 측정모형들은 대개 이론적 근거가 부재하다(Archibugi and Coco, 2005). 통상 이론을 충실히 따를 경우 각 국가별 비교가 가능한 세부지표의 가용성과 측정모형의 활용성이 떨어지게 된다. 이로 인해 이론적 충실성과 복합지표 측정모형의 활용성 간에 절충점을 찾아 측정모형을 설계하는 경우가 많다. 그렇다고 하더라도 복합지표 측정모형을 통해 올바른 정책의제를 설정하려면 가능한 한 이론적 근거를 통해 복합지표 측정모형의 하위 분야들과 그에

따르는 세부지표들이 구성되어야 한다. 측정개념을 이론적 근거가 없이 임의로 조작적인 정의를 해서 그 하위 부문과 항목들을 구성해버리면 잘못된 측정결과가 초래될 수 있기 때문이다(OECD, 2008: 22).

둘째 측정목적과 조사항목 측면에서 IMD의 세계경쟁력연감과 WEF의 세계경쟁력보고서와 같은 일부 보고서는 국가경쟁력의 하위요소로 국가혁신역량을 파악함에 따라 국가혁신역량을 측정하는 데 기본적인 목적이 있지 않다. 또한 기업경쟁력 위주로 구성된 조사항목의 편향성이다. IMD 세계경쟁력연감, WEF 세계경쟁력보고서, GE 세계혁신조사 등은 대부분 기업활동과 관련된다.

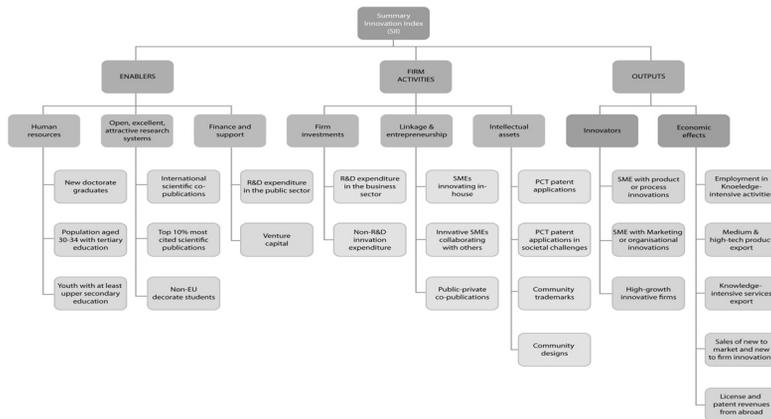
마지막으로 측정방법은 객관성과 가중치 설정, 측정오차의 세 가지 부문으로 구분해서 살펴볼 수 있다. 먼저 설문조사의 활용에 따른 객관성의 부족이다. IMD의 세계경쟁력연감과 WEF의 세계경쟁력보고서는 기업인 대상의 설문지표가 많아 기업인의 사회만족도 조사 측면이 강하다. 특히 온라인과 오프라인 등 설문조사의 답변경로도 국가별로 큰 차이가 존재하며 설문조사의 응답율이 저조해서 조사결과에 대한 신뢰성이 낮을 수 있으므로 순위 변동성이 클 우려가 있다.⁷⁾ 이는 복합지표 측정모형의 신뢰성을 떨어뜨리는 주요 원인이다. 또한 가중치 설정이 자의적인 경우가 많아 순위산출의 타당성에 의문점이 제기될 수 있다. 이 한계점을 해결하고자 복합지표 산출 시 동등 가중치를 설정하기도 한다. 아울러 국가혁신역량을 측정하는 복합지표 측정모형의 순위산출에 대한 측정오차 이슈다. 가령 2011년 WEF의 세계경쟁력보고서의 경우 스위스(1위, 5.74점)와 한국(29위 5.02점) 간에는 0.72점의 차이밖에 나지 않지만, 순위는 28위나 차이난다. 따라서 측정오차의 신뢰구간이 명확히 제시되지 않으면 이 순위산출의 차이가 실질적인 차이인지 아니면 측정오차에 기인한 오차인지를 판단하기가 어렵다. 따라서 국가혁신역량을 비롯한 복합지표를 활용하는 측정모형에서는 측정결과의 신뢰도를 제고하기 위해 측정오차를 제시해야 한다(고길곤 · 박세나, 2012: 54).

4. 유럽연합의 IUS 복합지표 측정모형

유럽연합의 IUS는 유럽연합 국가의 국가혁신역량을 측정하고자 2000년도에 사전연구(pilot study) 이후 2001년도부터 공식적으로 발표되었다. 2002년에는 측정국가 수가 17개국에서 33개국으로 확대되었다. 2003년~2004년에는 세부지표가 22개로 늘어났으며 2006년에는 25개 세부지표와 34개국, 2007년에는 34개국에서 37개국으로 확대되었다. 2008년에는 방법론 위

7) 2008년 WEF의 온라인 설문조사 비율은 한국이 3%, 벨기에 96%로 큰 차이가 있으며 IMD는 설문 응답율이 평균 15%에 불과하다(삼성경제연구소, 2008)

크숍을 통해 기존 IUS 보고서의 여러 비판을 개선하였다.⁸⁾ 이 워크숍 이후 IUS의 국가혁신역량을 측정하는 복합지표 모형이 (그림 4)처럼 2007년 5개 분야에서 2008년 이후 3대 분야 8개 부문으로 크게 변화되었다. 또한 더욱 복잡해지는 혁신과정을 반영하고자 ‘고성장 혁신기업’과 같은 신규지표가 2011년도에 새롭게 추가되었다. 이는 국가혁신역량 중 비기술역량을 측정하려는 시도인데, IUS 보고서에서는 아직까지 어떤 기업을 고성장 혁신기업을 파악할 지에 대한 개념정의의 제시하지 않는다. 이 개념정의 부재로 고성장 혁신 기업은 복합지표 측정 모형의 세부지표로 제시되나, 정작 국가혁신역량을 측정하는 종합혁신지수 산출에는 고려되지 않는다.



(그림 4) 유럽연합의 IUS 복합지표 측정모형

자료: European Commission(2013: 4)

특히 2010년도에는 보고서의 명칭이 EIS(European Innovation Scoreboard)에서 IUS로 변경되었다. 2011년 이후에는 2008년의 방법론 워크숍 이후 변경된 측정모형의 3대 분야 8대 부문 25개 세부지표로 유럽연합 27개국을 포함한 스위스, 터키 등의 총 34개국의 국가혁신역량을 측정한다. 2013년 IUS 보고서(IUS 2013)에서는 2012년도(IUS 2011)에 비해 총 3가지 지표가 변화되었다. 첫째 벤처 캐피탈 투자에 대한 정의는 유럽 벤처 캐피탈 협회에 의해 벤

8) 주요 비판은 다음과 같다. 첫째 혁신모형의 부족이다. 정책에 직접적인 영향을 미치는 요인을 반영하지도 못하고 차원과 지표들을 명확하게 분류할 수 있는 모형이 아니라는 점이다. 둘째 합성지표의 문제다. 과정적인 복잡성을 간과하며 하나의 복합지표의 사용이 문제가 될 수 있다. 셋째 첨단산업에 대한 혁신을 너무 많은 지표로 측정한다. 넷째 다중공선성의 문제다. 많은 지표가 서로 높은 상관관계를 가지고 있기 때문에 오류가 있을 수 있다. 다섯째 결측치가 많고 시기적절한 데이터의 부재다. 실제 많은 국가의 자료가 유용하지 않다. 여섯째 높은 혁신지수가 높다고 해서 혁신성과가 높게 나타나지 않는다는 점이다(Hollanders and Cruysen, 2008: 8-10).

처 캐피털 단계로 변경되었다. 이전에는 초기단계, 확장단계, 대체단계로 총 3단계로만 구분하였으나 6단계로 세분화되었다. 둘째 2011년에 적용한 사회 도전 분야의 보건과 환경 특허를 측정하는 PCT 출원은 기후 변동완화로 측정하였으나 더 이상 갱신이 어려워 환경친화기술로 대체되었다. 마지막으로 전체 제품 수출 중 중간·첨단기술 제품의 수출비중은 무역수지에 중간·첨단기술 제품의 수출 기여도를 측정하는 지표로 대체되었다. <표 1>은 유럽연합 IUS의 연도별 세부지표와 측정국가 수의 변화 추이를 보여준다.

<표 1> IUS(Innovation Union Scoreboard) 복합지표 측정모형의 세부지표와 측정국가

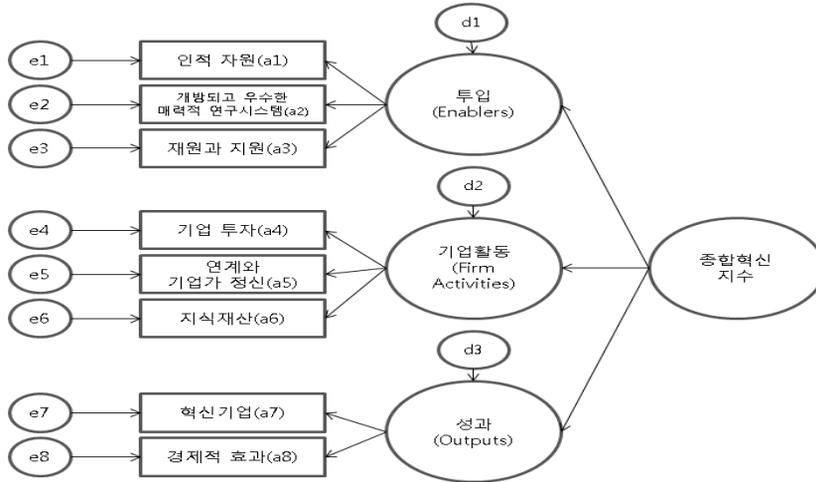
보고서	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013
세부지표	18	18	22	22	26	25	25	29	29	24	25	25
측정국가	17	33	33	33	33	34	37	32	34	34	34	34

5. 분석방법

본 연구에서는 유럽연합 IUS의 최근 3개년(2011년~2013년) 보고서를 중심으로 복합지표 측정모형의 신뢰성과 타당성을 분석하였다. 신뢰성은 측정한 변량 간의 일관된 정도(김계수, 2011: 154)를 의미하는데, 일반적으로 사용하는 크롬바하 알파(chronbach's α) 값으로 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 수준은 학자별로 다양한 기준이 제시되지만, 탐색적인 연구에서는 크롬바흐 α 계수 값이 0.6 이상이면 신뢰도가 높다고 판단한다(Nunnally and Bernstein, 1994).

타당성은 이론적 구성개념과 이를 측정하는 측정도구들의 일치 정도로 내용타당도(content validity)와 '예측타당도, 구성타당도'가 있다. 내용타당도는 측정도구를 구성하는 항목들이 측정하려는 개념을 대표하는 정도를 의미한다. 예측타당도는 한 속성이나 개념에 대한 측정값이 다른 속성의 변화를 예측하는 정도에 의해 평가되는 타당도를 의미한다. 구성타당도는 측정도구가 연구하고자 하는 개념을 잘 구성하였는지 검증할 수 있는데, 집중타당도(convergent validity)와 판별타당도(discriminant validity), 법칙타당도(nomological validity)로 구성된다. 집중타당도는 잠재변수를 측정하는 관측변수들의 일치성 정도를 말하며 판별타당도는 서로 독립된 잠재변수 간의 차이를 나타내는 정도를 말한다. 법칙타당도는 이론적 배경을 바탕으로 어떤 구성개념이 다른 구성개념을 정확히 예측하는 지를 의미한다(우종필, 2012: 161). IUS 복합지표 측정모형은 <표 1>에서 보듯 매년 지속적으로 수정·보완되고 있으므로 내용타당도가 확보되었다고 평가할 수 있다. 따라서 타당성 중 구성타당도와 예측타당도를 분석하고자 한다. 구성타당도는 AMOS 18.0을 활용해서 국가경쟁력의 타당성을 분석한 기존 연구

(최영출, 2009; 차용진, 2012; 고길곤·박세나, 2012)처럼 (그림 5)에서 보듯 구조방정식 모형의 고차확인요인분석으로 검증하였다.



(그림 5) IUS 복합지표 측정모형의 구성타당도 분석모형

(그림 5)의 구조방정식 모형에 대한 모형적합도(model fit)는 절대적합지수인 χ^2 , GFI (Goodness-of-Fit-Index)⁹⁾, AGFI(Adjusted Goodness-of-Fit-Index), RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)와 증분적합지수인 NFI(Normed-Fit-Index), CFI(Comparative-Fit-Index), TLI(Turker-Lewis Index)를 활용하였다.¹⁰⁾ (그림 5)의 구성타당도 중 집중타당도를 파악하고자 평균분산추출(AVE)과 개념신뢰도¹¹⁾를 측정하였는데, 평균분산추출은 0.5 이상, 개념신뢰도는 0.7 이상이면 적합한 모형이라고 판단한다. 또한 판별타당도는 잠재변수의 평균 분산추출이 잠재변수 간 상관계수의 제곱보다 큰 지를 확인하는 방법을 활용하였다(우종필, 2012: 170). 특히 구조방정식모형의 고차확인요인분석은 표본 수¹²⁾를 고려해야 하므로 최근

9) 절대적합지수(GFI)는 모델에 의해 설명되는 관측된 분산과 공분산 간의 상대적 정도를 나타내는 지수로 0(무적합)~1(완벽한 적합)의 범위 값을 가진다. GFI는 표본크기의 변화나 다변량정규성의 위반에 별로 영향을 받지 않으며 제안모델의 적합도를 잘 설명해 준다. 이 값이 크면 좋은 적합도를 나타내지만 수용가능성에 관한 절대적 기준은 없다(Joreskog and Sorbom, 1989).

10) χ^2 는 p값이 0.5 이상이면 적합, GFI와 AGFI는 0.9 이상이면 적합, RMSEA 0.1 이하면 적합, NFI와 CFI, TLI 0.9 이상이면 적합하다고 판정한다(우종필, 2012: 361).

11) 개념신뢰도는 $(\sum \text{표준적재치}^2) / (\sum \text{표준적재치}^2 + \text{측정변수의 오차합})$ 로 계산하며 평균분산추출은 $(\sum \text{표준적재치}^2) / (\sum \text{표준적재치}^2 + \text{측정변수의 오차합})$ 로 산출한다(우종필, 2012).

12) 기존 국내에서 수행된 국가경쟁력의 타당성을 고차확인요인분석으로 검증한 연구들(최영출, 2009; 고길곤·박세나, 2012)은 구조방정식 모형이 표본 수를 정확히 고려하지 못한 한계점이 있다(Hair et al., 2010: 102).

3개년(2011년~2013년) IUS 보고서별 유럽연합 27개국 복합지수를 pooled data로 구성해서 활용하였다.¹³⁾ 한편 국가혁신역량은 경제성장과 밀접한 상관관계가 있다. 따라서 IUS 복합지표 측정모형과 경제성장 간의 개념적 관계가 기존 이론에 잘 부합한다면 구성타당도 중 법칙타당도가 높으며, 그러한 개념적 인과관계를 잘 설명한다면 예측타당도도 높다고 평가할 수 있다. 법칙타당도는 IUS 복합지표 측정모형의 각 분야·부문별 복합지수 순위와 측정국가의 1인 당 GDP 순위 간의 스피어만 서열상관분석으로 검증하였고, 예측타당도는 IUS 복합지표 측정모형의 각 분야·부문별 복합지수와 1인 당 GDP 간의 패널선형회귀모형으로 검증하였다. 이러한 분석결과를 종합해서 국가혁신역량의 복합지표 측정모형에 대한 고려사항과 주요 시사점을 논의하였다.

III. 분석결과

1. 신뢰성 분석

유럽연합 IUS의 복합지표 측정모형의 최근 3개년 보고서의 신뢰도 분석결과는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 보듯 2011년도 발표된 IUS 2010 보고서의 크롬바흐 알파(chronbach's α) 값을 살펴보면 투입 분야의 a1-a3는 0.823, 기업활동 분야의 a4-a6는 0.878로 신뢰도가 높게 나타났지만, 성과 분야의 a7-a8은 신뢰도가 권고기준을 충족하지 못하였다.¹⁴⁾ 2012년에 발표된 IUS 2011 보고서도 IUS 2010 보고서와 동일한 결과가 나타났다. 하지만 2013년에 발표된 IUS 2013 보고서는 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야의 모든 분야에서 신뢰도가 높게 나타났다.

<표 2> IUS 복합지표 측정모형의 신뢰도 분석 결과

신뢰도	보고서	투입 분야 (Enablers)	기업활동 분야 (Firm Activities)	성과 분야 (Outputs)
크롬바흐 알파 (chronbach's α)	IUS 2010	0.823	0.878	0.574
	IUS 2011	0.831	0.866	0.529
	IUS 2013	0.791	0.879	0.719

13) 유럽연합의 IUS 복합지표 측정모형은 2011년~2013년까지 유럽연합 27개국과 크로아티아, 세르비아, 터키, 아이슬란드, 노르웨이, 스위스, 마케도니아 7개국으로 총 34개국이 평가대상국이다. 하지만 혁신국가의 유형분류와 25개 세부지표의 모든 값이 있는 국가는 유럽연합 27개국만 해당하여 이를 분석하였다.

14) a1은 인적자원, a2는 개방되고 우수한 매력적 연구 시스템, a3은 자원과 지원, a4는 기업 투자, a5는 연계와 기업 가정신, a6은 지식재산, a7은 혁신기업, a8은 경제적 효과를 의미한다.

2. 타당성 분석

1) 집중타당도와 판별타당도

(그림 5)의 IUS 복합지표 측정모형에 대한 집중타당도를 검증하고자 <표 3>처럼 평균분산추출과 개념신뢰도를 산출하였다. <표 3>에서 보듯 최근 3개년 보고서의 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야 모두 평균분산추출은 0.5 이상, 개념신뢰도는 0.7 이상으로 권고기준을 충족하여 집중타당도가 높게 나타났다.

한편 판별타당도는 잠재변수의 평균분산추출이 잠재변수 간 상관계수의 제곱보다 큰 지를 확인하는 방법으로 분석하였다. 분석결과 <표 4>처럼 평균분산추출 값이 0.940~0.981으로 최근 3개년 IUS 보고서의 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야에 대한 상관계수의 제곱보다 크게 나타나 (그림 5)의 IUS 복합지표 측정모형은 판별타당도가 높게 나타났다.

<표 3> IUS 복합지표 측정모형의 집중타당도 분석결과

보고서	집중타당도	투입 분야 (Enablers)	기업활동 분야 (Firm Activities)	성과 분야 (Outputs)
IUS 2010	평균분산추출	0.971	0.982	0.946
	개념신뢰도	0.990	0.994	0.972
IUS 2011	평균분산추출	0.976	0.982	0.940
	개념신뢰도	0.992	0.994	0.969
IUS 2013	평균분산추출	0.973	0.982	0.962
	개념신뢰도	0.991	0.994	0.981

<표 4> IUS 복합지표 측정모형의 판별타당도 분석결과

	구분		투입	기업활동	성과	평균분산추출
	투입 분야	상관계수				
IUS 2010	투입 분야	상관계수	1			0.971
	기업활동 분야	상관계수	0.753	1		0.982
	성과 분야	상관계수	0.412	0.748	1	0.946
IUS 2011	투입 분야	상관계수	1			0.976
	기업활동 분야	상관계수	0.830	1		0.982
	성과 분야	상관계수	0.694	0.830	1	0.940
IUS 2013	투입 분야	상관계수	1			0.973
	기업활동 분야	상관계수	0.691	1		0.982
	성과 분야	상관계수	0.381	0.626	1	0.962

2) 구성타당도

〈표 5〉는 AMOS 18.0을 활용해서 (그림 5)의 IUS 복합지표 측정모형에 대한 고차확인요인 분석 결과를 보여준다. 〈표 5〉에서 보듯 최근 3개년 보고서 모두 절대적합지수인 χ^2 의 p 값이 0.000으로 권고기준인 $p > 0.05$ 를 충족하지 못하였다. GFI와 AGFI 값도 권고기준인 0.9 이하로 나타났으며 RMSEA 값은 권고기준인 0.1 이하를 충족하지 못하였다. 증분적합지수인 NFI와 CFI, TLI도 권고기준인 0.9 이하로 나타났다. 따라서 IUS 복합지표 측정모형은 모형적합도의 권고기준에 부합하지 않으므로 측정모형의 구성타당도가 낮게 나타났다.

〈표 5〉 IUS 복합지표 측정모형에 대한 고차확인요인분석의 모형적합도 분석결과

구분	절대적합지수					증분적합지수		
	χ^2	p	GFI	AGFI	RMSEA	NFI	CFI	TLI
IUS 2010	144.7	0.000	0.850	0.682	0.211	0.864	0.877	0.878
IUS 2011	130.4	0.000	0.863	0.710	0.196	0.880	0.893	0.824
IUS 2013	151.0	0.000	0.845	0.671	0.216	0.860	0.872	0.874
판단기준	작을수록 좋음	0.1보다 커야함	0.9 이상	0.9 이상	0.1 이하	0.9 이상	0.9 이상	0.9 이상

3) 법칙타당도¹⁵⁾

앞서 지적했듯 국가혁신역량이 높으면 GDP도 높은 정(+)의 상관관계가 존재한다. 만일 복합지표 측정모형의 특정 분야와 그 하위 부문들이 GDP와 음(-)의 상관관계가 나타난다면 법칙타당도가 낮다고 의미다. 따라서 (그림 3)의 IUS 복합지표 측정모형에서 제시한 복합지수 순위와 측정국가의 1인당 GDP 순위 간에 스피어만 서열상관분석을 통해 법칙타당도를 분석하였다(Archibugi and Coco, 2005; Archibugi et al., 2009). 스피어만 서열상관분석에는 최근 3개년(2011년~2013년) IUS 보고서의 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야에 대한 5개년 복합지수의 평균값 순위와 측정국가의 1인 당 GDP 순위 간의 서열상관관계를 분석하였다. 특히 유럽연합 27개 국가를 선도국형과 개도국형으로 유형화해서 어떠한 차이가 나는지도 분석하였다.¹⁶⁾ 스피어만 서열상관분석 결과, 2011년~2013년 3개년 보고서 모두 IUS 복합지표 측정모형의 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야에 대한 국가별 순위와 1인 당 GDP 순위

15) 스피어만 서열상관분석 결과는 지면의 제한으로 2013년도 분석결과만 제시하였다.

16) IUS는 측정국가를 혁신선진국과 혁신추격국, 혁신일반국, 혁신후발국의 4단계로 분류한다(European Commission, 2013: 12). 본 연구에서는 2013년에 발표된 IUS 2013 보고서에서 제시한 혁신선진국과 혁신추격국을 선도국형으로, 혁신일반국과 혁신후발국은 개도국형으로 분류하였다.

간에 유의수준 $p < 0.01$ 에서 통계적으로 유의미한 상관관계가 나타났다.

〈표 6〉 IUS 복합지표 측정모형의 법칙타당도 분석결과: 유럽연합 전체 국가

IUS 2013		투입 분야	기업활동 분야	성과 분야	GDP
투입 분야	상관계수	1.000			
기업활동 분야	상관계수	0.840 (0.000***)	1.000		
성과 분야	상관계수	0.723 (0.000***)	0.810 (0.000***)	1.000	
GDP	상관계수	0.792 (0.000***)	0.810 (0.000***)	0.850 (0.000***)	1.000

주: ()는 유의확률: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

또한 유럽연합의 27개국을 선도국형과 개도국형으로 유형화해서 IUS 복합지표 측정모형을 분석한 결과, 2011년도(IUS 2010 보고서)는 선진국의 기업활동 분야와 성과 분야가 유의수준 $p < 0.1$ 과 $p < 0.05$ 에서 통계적으로 유의미하며 개도국의 기업활동 분야와 성과 분야가 유의수준 $p < 0.01$ 에서 통계적으로 유의미하였다. 2012년도(IUS 2011 보고서)는 선진국의 성과 분야만 유의수준 $p < 0.1$ 에서 통계적으로 유의미한 반면, 개도국은 투입 분야와 기업활동 분야와 성과 분야 모두 유의수준 $p < 0.05$ 에서 통계적으로 유의미하였다. 2013년(IUS 2013 보고서)은 〈표 7〉처럼 선도국은 IUS 복합지표 측정모형의 성과 분야만 유의수준 $p < 0.05$ 에서 통계적으로 유의미한 상관관계가 나타난 반면, 개도국은 IUS 복합지표 측정모형의 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야 모두 유의수준 유의수준 $p < 0.1$ 과 $p < 0.01$ 에서 통계적으로 유의미한 상관

〈표 7〉 IUS 복합지표 측정모형의 법칙타당도 분석결과: IUS 2013

선도국 (14개국)					개도국 (13개국)					
투입	상관 계수	투입 분야	기업 활동 분야	성과 분야	GDP	투입	상관 계수	기업활동 분야	성과	GDP
투입	상관 계수	1.000				투입	상관 계수	1.000		
기업 활동	상관 계수	0.437 (0.118)	1.000			기업 활동	상관 계수	0.484 (0.094)	1.000	
성과	상관 계수	0.231 (0.427)	0.209 (0.474)	1.000		성과	상관 계수	0.379 (0.201)	0.846 (0.000)	1.000
GDP	상관 계수	0.305 (0.288)	0.165 (0.573)	0.604 (0.022**)	1.000	GDP	상관 계수	0.478 (0.098*)	0.863 (0.000***)	0.775 (0.002***)

주: ()는 유의확률: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

관계가 나타났다. 따라서 스피어만 서열상관분석 결과를 종합해볼 때 유럽연합의 IUS 복합지표 측정모형은 1인 당 GDP 순위와 정(+)의 상관관계가 나타나 기존 이론과 부합하므로 법칙 타당도가 높다고 볼 수 있다.

4) 예측타당도

IUS 복합지표 측정모형의 예측타당도를 검증하고자 (그림 5)에서 제시한 IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야 8대 부문과 1인 당 GDP 간에 패널선형회귀분석을 실시하였다. IUS 보고서는 5년 단위의 패널자료를 제공하므로 회귀분석보다 패널선형회귀분석이 적절한 분석방법으로 판단된다. 이 패널선형회귀분석을 통해 IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야 8대 부문이 1인 당 GDP와 통계적 유의미성이 존재한다면 예측타당도가 높다고 판단할 수 있다. 구체적으로 3대 분야인 투입과 기업활동, 성과를 독립변수로 설정해서 1인 당 GDP에 영향을 미치는 분석(모형 1)과 함께, 이 3가지 독립변수의 상호작용이 1인 당 GDP에 미치는 영향(모형 2)도 분석하였다. 특히 국가혁신역량의 측정과 관리에 관한 주요 시사점을 도출하고자 IUS 복합지표 측정모형의 8대 부문, 곧 투입 분야의 하위 3가지 부문인 인적 자원과 개방되고 우수한 매력적 연구 시스템, 재원과 지원, 기업활동 분야의 하위 3가지 부문인 기업투자, 연계와 기업가 정신, 지식재산, 성과 분야의 하위 2가지 부문인 혁신기업, 경제적 효과를 독립변수로 설정해서 어떤 독립변수가 1인 당 GDP에 영향을 미치는 지도 파악하였다. 또한 패널선형회귀분석에서는 IUS 복합지표 측정모형의 법칙타당도 분석처럼 유럽연합 27개국을 선진국과 개도국으로 유형화하여 분석하였다.

〈표 8〉은 IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야 8대 부문의 예측타당도 분석결과를 보여준다.¹⁷⁾ 〈표 8〉에서 보듯 IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야 중 투입 분야만 1인 당 GDP에 유의수준 $p < 0.05$ 에서 통계적으로 유의미할 뿐 기업활동 분야와 성과 분야는 통계적 유의성이 없었다. 이는 유럽연합 27개국을 선진국과 개도국으로 유형화한 분석결과에서도 동일하였다. 또한 IUS 복합지표 측정모형의 8대 부문이 1인 당 GDP에 미치는 영향을 분석한 결과, 8개 부문 중 투입 분야의 인적 자원 부문과 기업활동 분야의 기업투자·지식재산, 성과 분야의 혁신기업만이 유의수준 $p < 0.1$ 과 $p < 0.05$ 에서 통계적으로 유의미하였다. 이러한 분석결과를 종합해볼 때 유럽연합의 IUS 복합지표 측정모형은 예측타당도가 낮다고 판단된다.¹⁸⁾

17) 하우스만 검정결과 $p < 0.001$ 로 귀무가설을 기각함에 따라 고정효과모형으로 분석하였다(민인식·최필성, 2010).

18) 〈표 11〉의 분석결과를 예측타당도 관점에서 벗어나 바라볼 때 경제성장을 제고하려면 국가의 혁신수준별로 차별된 접근이 필요하며, 특히 개도국은 선진국과 달리 우수한 인적 자원 확보에 주력할 필요가 있음을 시사한다.

〈표 8〉 IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야 예측타당도 분석결과

구분	전체 (유럽연합 27개국)			유럽연합 27개국의 유형 분류				
	모형	모형 1	모형 2	선진국(14개국)		개도국(13개국)		
				모형 1	모형 2	모형 1	모형 2	
IUS 2010	분야	투입	6375.86**	12521.11	81,1227	-26407.5	10897.11**	20410.99
	부문	지식재산	8752.26**		6972.96		11070.29**	
IUS 2011	분야	투입	1608.56	16547.67**	-1900.39	6908.204	10592.39**	19827.64
		투입*성과	-	-27592.92**	-	-	-	-
		기업활동	-	-	-746.18	-23600.37	9710.24**	2386.22
	부문	인적 자원	-		-2401.39		10219.98**	
		기업투자	-		-6408.17		4192.10**	
IUS 2013	분야	투입	13096.92**	7389.439	11712.14**	-21240.34	16395.12**	2913.018
	부문	인적자원	11394.90*		11466.26		10385.57**	
		지식재산	7280.60**		5939.80		16153.68*	
		혁신기업			3910.89		2798.10**	

주: 1) 모형 1은 투입과 기업활동, 성과만을 독립변수로 설정. 모형 2는 투입과 기업활동, 성과 이외에 투입*기업 활동, 투입*성과, 기업활동*성과 변수의 상호작용효과를 포함한 모형. 부문은 상호작용효과 미고려

2) * p(0.1, ** p(0.05)

3. 분석결과의 종합과 논의

지금까지의 분석결과를 종합해서 주요 시사점을 논의하면 다음과 같다. 첫째 IUS 복합지표 측정모형은 전반적으로 신뢰도가 높게 나타났다. 구체적으로 IUS 2010와 IUS 2011의 성과 분야의 측정지표들을 제외하고는 모두 신뢰도가 권고기준을 충족하였다. 특히 IUS 2013은 투입 분야와 기업활동 분야, 성과 분야 모두 권고기준을 충족하여 신뢰도가 향상되었다. 이는 〈표 1〉에서 제시했듯 IUS 복합지표 측정모형에 대한 세부지표들의 수정·보완이 매년 꾸준히 추진된 결과로 판단된다. 특히 IUS 복합지표 혁신모형은 복합지표의 산출과정에서 모든 세부지표에 동등 가중치를 부여하며 정량지표로 구성된다는 점에 주목할 필요가 있다. 세계혁신지수(GII), IMD 세계경쟁력연감, WEF 세계경쟁력보고서와 같은 국가혁신역량 측정과 관련된 보고서들은 설문조사 자료를 활용하는 정성지표가 많이 포함된다. 이는 국가혁신역량의 비기술역량을 측정하려는 노력으로 중요하다. 하지만 설문조사는 표본크기와 응답율에 따라 산출된 자료가 매년 달라질 수밖에 없어 국가혁신역량 측정모형의 신뢰도를 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 국가혁신역량을 측정하는 복합지표 측정모형의 신뢰도를 높으려면 IUS 복합지표 측정모형처럼 가능한 한 정량지표와 동등 가중치를 부여하는 방법이 한결 바람직하

다(최영출, 2009: 60).

둘째 타당성을 검증한 결과 IUS 복합지표 측정모형은 집중타당도와 판별타당도가 높게 나타났다. 이는 IUS 복합지표 측정모형의 세부지표들 간에 다중공선성 문제가 없다는 의미다. 2008년 방법론 워크숍 이전에 발표된 IUS 복합지표 측정모형에서는 세부지표 간의 상관관계가 높아 다중공선성 이슈가 제기된 바 있다(Hollanders and Cruysen, 2008: 8-10). 집중타당도와 판별타당도가 높게 나타난 본 연구의 분석결과에 비춰볼 때 이 이슈는 해결되었다고 판단된다. 따라서 복합지표 접근법을 활용하는 국가혁신역량의 측정모형에서 세부지표를 새로 추가하거나 변경할 때에는 IUS 복합지표 측정모형처럼 세부지표들의 다중공선성 문제가 발생하는 지 지속적으로 점검해 나가야 하겠다.

셋째 구조방정식 모형의 고차확인요인분석으로 유럽연합 IUS 복합지표 측정모형을 검증한 결과 절대적합지수와 증분적합지수의 모형적합도가 권고기준에 미치지 못해 측정모형의 구성타당도가 낮게 나타났다. 또한 스피어만 서열상관관계로 분석한 결과 법칙타당도를 확보하였지만 패널선형회귀분석으로 예측타당도를 검증한 결과, IUS 복합지표 측정모형의 투입 분야와 8대 부문 중 4대 부문(인적 자원과 기업투자, 지식재산, 혁신기업)만 통계적 유의성이 있어 예측타당도가 낮게 나타났다. 이러한 결과가 도출된 주요 원인은 앞서 지적했듯 이론적 근거가 빈약한 복합지표를 구성하는 측정모형이 많음에 기인한다(Archibugi et al., 2009). IUS의 복합지표 측정모형은 그동안 혁신과정에 대한 기반 모델이 없다는 점을 비판받았다. 2008년 이후에는 이 한계점을 극복하고자 투입 - 과정 - 산출의 선형모형(linear model)을 제시해서 국가혁신역량을 측정한다. 하지만 선형모형은 혁신과정의 직관적인 이해가 쉬운 반면, 복잡한 혁신과정을 정확히 설명하지 못하는 한계점이 있다(Narin, 1994). 이에 대해 Hollanders and Cruysen(2008: 8-9)는 IUS의 복합지표 측정모형이 혁신과정을 설명하기보다 리스본 전략의 정책목표 달성 여부를 점검하는 데 일차적인 목적이 있음을 강조한다. 이는 국가혁신역량의 복합지표 측정모형 개발 시 이론적 엄밀성과 정책적 활용성 간의 절충점이 필요함을 말해준다. 그렇다고 하더라도 가능한 한 이론적 근거가 뒷받침된 측정지표를 반영해서 IUS 복합지표 측정모형의 타당성을 제고하려는 노력이 꾸준히 필요하다. 특히 국가혁신역량의 기술역량을 비롯해서 IUS 복합지표 측정모형에서 제시하는 ‘고성장 혁신기업’의 세부지표처럼 비기술역량을 측정하는 세부지표 개발에도 주력해야 하겠다. 이러한 접근은 국가혁신역량의 전반적인 측면을 포괄하므로 측정모형의 타당성을 한결 제고하는 데 기여할 수 있다.

마지막으로 IUS 복합지표 측정모형은 각 국가별 순위산출 결과에 대한 측정오차를 본 보고서에 보고할 필요가 있다. 2007년부터 발표된 세계혁신지수(GII)는 2011년 보고서부터 민감도 분석을 실시하였으며 2012년 보고서부터는 90%의 신뢰구간에서 국가별 순위 산출결과의

측정오차를 보고한다. 이 측정오차의 보고는 복합지표 측정모형의 산출결과에 대한 신뢰성을 높이는 데 기여할 수 있기 때문이다.

IV. 결론과 향후 연구주제

본 연구에서는 유럽연합 IUS 복합지표 측정모형에 대한 신뢰성과 타당성을 분석해서 복합지표 접근법으로 국가혁신역량 측정 시 고려사항과 주요 시사점을 논의하였다. 분석결과 IUS 복합지표 측정모형의 크롬바흐 알파(Chronbach's α) 검정 결과 신뢰도는 권고기준을 충족하였다. 또한 타당성 측면에서 집중타당도와 판별타당도를 확보하였지만, 구조방정식 모형의 고차확인요인분석으로 검증한 결과 모형적합도의 권고기준을 충족하지 못해 측정모형의 구성타당도가 낮게 나타났다. IUS 복합지표 측정모형의 3대 분야와 8개 부문과 1인 당 GDP 간의 패널선형회귀분석 결과 예측타당도가 낮게 나타났다.

이러한 분석결과를 토대로 복합지표 접근법으로 국가혁신역량 측정 시 고려해야 할 사항들을 제시하면 다음과 같다. 첫째 IUS 복합지표 측정모형에서 보듯 국가혁신역량의 측정모형은 세부지표의 지속적인 수정·보완이 중요하다. 이 과정에서는 가능한 한 정성지표보다는 정량지표를 고려하는 방법이 복합지표 측정모형의 신뢰도를 한결 높일 수 있다.¹⁹⁾ 둘째 IUS 복합지표 측정모형처럼 국가혁신역량의 복합지표 측정모형에서 측정지표를 새로 추가하거나 변경할 경우 다중공선성 이슈가 발생하는 지 지속적으로 점검해야 한다. 이 측면에서 COSTII 복합지표 측정모형의 세부지표 중 자원 부문의 지식자원 세부지표(최근 15년간 SCI 논문 스투)와 성과 부문의 지식 창출 세부지표(연구원 1인 당 SCI 논문수와 인용도)는 상관관계가 매우 높다.²⁰⁾ 따라서 둘 중 어느 하나의 세부지표를 대체·삭제하거나 세계혁신지수처럼 두 세부지표의 가중치를 0.5로 부여하는 등의 다양한 방법을 통해 해결할 필요가 있다. 셋째 국가혁신역량을 측정하는 복합지표 측정모형의 타당성을 제고하기 위한 꾸준한 노력이 필요하다. 특히 복합지표 측정모형의 예측타당도를 높이고 국가혁신역량 제고의 올바른 정책적 제언을 위해 가능한 한 이론적 근거가 뒷받침된 측정지표를 구성하는 접근방법이 바람직하다. 마지막으로 IUS 복합지표 측정모형은 본 보고서에 국가별 순위산출 결과의 측정오차를 보고하지 않는데, 세계혁신지수(GII)처럼 분석결과와 신뢰성을 높이기 위해 본 보고서에 국가별 순위산출 결과

19) COSTII 복합지표 측정모형은 2013년에 '전체 사회기반시설의 품질'이란 정성지표를 '인터넷 사용자 비중 및 유선 브로드밴드 이용률'의 정량지표로 변경하였는데, 신뢰성의 제고 측면에서 적절하다고 판단된다.

20) OECD 31개 국가를 대상으로 '최근 15년간 SCI 논문 스투'의 세부지표와 '연구원 1인 당 SCI 논문수와 인용도'의 세부지표 간 2008년~2013년까지 표준화 값을 활용해서 피어슨 상관계수를 구해보면 0.89(p(0.000)로 매우 높다.

의 측정오차를 제시해야 하겠다. 이는 COSTII 복합지표 측정모형에서도 마찬가지다.

본 연구는 유럽연합 IUS 복합지표 측정모형의 신뢰성과 타당성을 분석해서 그 개선점과 복합지표 접근법을 활용한 국가혁신역량 측정모형의 주요 고려사항을 제시하였다는 데 의의가 있다. 하지만 IUS 복합지표 측정모형의 최근 3개년 보고서를 대상으로 한정해서 분석한 한계점이 있다. 특히 IUS 보고서는 2008년 방법론 워크숍을 통해 복합지표 측정모형 자체가 변경되었는데, 그 전후를 비교분석하였다면 더욱 유의미한 시사점 도출이 가능했을 걸로 사료된다. 향후 국가과학기술혁신역량평가(COSTII)나 세계혁신지수(GII) 등의 국가혁신역량을 측정하는 다른 복합지표 측정모형에도 신뢰성과 타당성에 대한 통계적 검증이 이루어지길 기대한다.

참고문헌

- 권명화 (2013), “국제특허생산 관점에서 국가혁신역량의 결정요인 연구”, 「한국정책학회보」, 22(1): 229-266.
- 고길곤·박세나 (2012), “국가경쟁력지수에 대한 비판적 검토: IMD와 WEF의 국가경쟁력지수를 중심으로”, 「행정논총」, 50(3): 35-66.
- 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원 (2012), 「2012년도 국가과학기술혁신역량평가」.
- 김계수 (2011), 「구조방정식 모형분석」, 서울: 한나래아카데미.
- 김유찬·정지선 (2009), “조세분야 국가경쟁력 지수에 대한 평가와 경쟁력 강화방안”, 「조세연구」, 9(2): 217-239.
- 김석현 외 (2009), 「기업부문 과학기술혁신지료 연구 : 연구전략과 주요 지표」, 과학기술정책 연구원, 조사연구 2009-02-1.
- 민인식·최필성 (2010), 「STATA 패널데이터분석」, 한국STATA학회.
- 삼성경제연구소 (2008), “국가경쟁력지수의 허와 실”, 「CEO Information」, 제682호, 삼성경제연구소.
- 우종필 (2012), 「구조방정식모델 개념과 이해」, 서울: 한나래아카데미.
- 차용진 (2012), “2011 글로벌경쟁력지수(GCI) 모형검증 및 비판적 검토”, 「한국거버넌스학회보」, 19(1): 1-24.
- 차용진·이홍재 (2007), “2006 글로벌경쟁력지수(GCI)에 대한 고찰 - GCI모형의 타당도 및 신뢰도 검토-”, 「정책분석평가학회보」, 17(3): 113-137.

- 최영출 (2009), “국가경쟁력지수의 타당성과 신뢰성 분석”, 「한국사회와 행정연구」, 20(3): 41-63.
- 최영출·최외출 (2008), “국가경쟁력과 지방분권과의 인과관계분석”, 「도시행정학보」, 21(2): 203-226.
- 최성호·문혜선 (2006), “국가기술사업지표 개발 방안 연구”, 「기술혁신학회지」, 9(1): 26-51.
- 하혜수 (2009), “지방분권형 지방행정체제개편 대안연구”, 「한국지방자치학회보」, 21(3): 33-52.
- Archibugi, D., Denni, M. and Filippetti, A. (2009), “The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators”, *Research Policy*, 34(2005): 175-194.
- Archibugi, D. and Coco, A. (2005), “Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice”, *Technological Forecasting & Social Change*, 76(2009): 917-931.
- _____ (2003), “A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (ArCo)”, *World Development*, 32(4): 629-654
- Arundel, A. and Garrelfs, R. (1997), *Innovation measurement and policies*, European Commission, EIMS publication, Luxembourg.
- Bell, M. and Pavitt, K. (1993), “Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries”, *Industrial and corporate change*, 2(1): 157-210.
- Bandura, R. (2006), *A Survey of Composite Indices Measuring Country Performance: 2006 Update*, United Nations Development Program - Office of Development Studies.
- European Commission (2013), *Innovation Union Scoreboard 2013*.
- Hollanders, H. and Cruysen, A. V. (2008), *Rethinking the European Innovation Scoreboard: A New Methodology for 2008-2010*, InnoMetrics EIS 2008 Methodology Report.
- Furman, J., Hayes, R., Porter, M. and Stern, S. (2002), “The determinants of national innovative capacity”, *Research Policy*, 31(6): 899-933.
- Godin, B. (2003), “The emergence of S&T indicators: why did governments supplement statistics with indicators?”. *Research Policy*, 32(4): 679-691.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. W. and Anderson, R. E. (2010), *Multivariate Data Analysis: A GLOBAL PERSPECTIVE(7th ed)*, PEARSON Inc
- Hye-Jung J. (eds). (2010), "International Comparative Analysis of the Innovation Evaluation System - Focused on the Evaluation of the COSTII of Korea", *Asian*

- Research Policy*, 1(2): 137-164.
- Joreskog, K. G. and Sorbom, D. (1989), *LISREL 7: A Guide to the Program and Applications*, Chicago: Scientific Software International Inc.
- Khayyat, N. T. and LEE, J. D. (2012), "A New Index Measure of Technological Capabilities for Developing Countries", *TEMEP Discussion paper*, No. 2012: 91.
- Kim, L. (1980), "Stages of development of industrial technology in a developing country: a model", *Research Policy*, 9(3): 254-277.
- Lall, S. (2001), "Competitiveness Indices and Developing Countries: An Economic Evaluation of the Global Competitiveness Report", *World Development*, 29(9): 1501-1525.
- _____. (2003), "Indicators of the relative importance of IPRs in developing countries", *Research Policy*, 32(9): 1657-1680.
- Narin, F. (1994), "Patent Bibliometrics", *Scientometrics*, 30(1): 147-155.
- Nunnally, J. C. and Bernstein, I. H. (1994), *Psychometric theory(3th ed)*, McGraw-Hill.
- OECD (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators - METHODOLOGY AND USER GUIDE*.
- Romer, P. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.
- Westphal, L. E., Kim, L. and Dahlman, C. J. (1985), "Reflections on the Republic of Korean's Acquisition of Technological Capability", In Resenberg, N. and Frischtak, C. (Eds.), *International Technology Transfer: Concepts, Measures and Comparisons*, New York: Praeger: 162-221.

엄익천

국민대학교에서 행정학 박사학위를 취득하였으며 현재 한국과학기술기획평가원에 재직 중이다. 주요 관심 분야는 과학기술정책과 정부연구개발예산, 국가연구개발사업 종합조정 등이다.

조주연

국민대학교에서 행정학 박사학위를 취득 현재 한국전통문화대학교 문화재관리학과 연구교수로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 성과관리와 성과평가, 조사방법론 등이다.

김대인

건국대학교에서 경영학 박사학위를 취득하고 현재 기초과학연구원에 재직 중이다. 주요 관심분야는 과학기술정책과 국제협력 등이다.