

정부의 대학 산학협력 재정지원은 효과적인가?: Game-교차효율성 측정모형과 유전 매칭(genetic matching)을 적용한 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업에 따른 대학의 산학협력 효율성 변화 분석*

문광민**

본 연구는 “대학에 대한 정부의 산학협력 재정지원책으로서 LINC 육성사업은 효과적(effective)인가?”라는 연구질문을 가지고 시작되었다. 이러한 연구질문에 답하기 위하여 2011년부터 2015년까지 5개년의 분석기간으로 설정하고 게임교차효율성 모형을 적용하여 148개 대학의 산학협력 효율성을 측정하였다. 이후 LINC 사업의 효과성 여부를 검토하기 위한 다음 단계로서 LINC 사업 수행 대학을 처리집단으로 하고 genetic 매칭 방법을 이용하여 이와 동질성을 갖춘 통제집단을 설정하였다. 이후 산학협력 효율성을 종속변수로 하여 LINC 사업 시행 전후, 그리고 사업1기(2012-2013)와 사업2기(2014-2015)에 대하여 사업 여부에 따라 효율성에 차이가 있는지 여부를 파악하기 위한 단절회귀모형 분석을 실시하였다. 그 결과 LINC 1 단계 사업 수행을 통해 산학협력 효율성이 사업 수행 이전보다 평균적으로 개선된 것을 확인할 수 있으나, LINC 사업 2기의 경우 사업 1기에 비해 산학협력 효율성이 평균적으로 개선되었으나 통계적으로 유의하다고 볼 수 없었다. 이러한 LINC 사업의 제한적 결과를 바탕으로 향후 LINC 사업을 포함하여 산학협력 정책과 관련된 정책적 시사점을 제시하였다.

주제어: LINC 육성사업, 산학협력 효율성, game-교차효율성, 유전매칭, 단절회귀모형

I. 서론

나날이 심화되는 경쟁 고도화 시대에 경쟁 우위를 확보하기 위해 기술혁신에 기반하여 차세대 국가경쟁력을 주도할 수 있는 인재양성에 정부 차원에서의 전폭적인 지원이 다양한 방식으로 이루어지고 있다(양종곤, 2015). 이러한 정부의 지원책은 정부를 중심으로 대학, 산업체, 연구소 등 학계 및 산업의 공동 협력 체계를 지향하는 발전적 형태로 이어지고 있다. 특히 대학에게는

* 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었으며(NEF-2016S1 A5A8019729), 2018년 서울행정학회 동계학술대회 발표논문을 수정·보완한 것임.

** 충남대학교 행정학부 조교수(mkm95@cnu.ac.kr)

이론중심·연구중심 교육에서 탈피하여 실무중심·실용중심 교육으로의 전환이 요구되고 있고, 각 대학의 자율적인 노력 및 이와 연계한 정부의 지원으로 훌륭한 인재가 모이는 대학을 만드는 일이 무엇보다 필요하다는데 공감대가 커지고 있다(박설민, 2012). 이에 따라 지속적으로 대학과 산업의 연계 및 협력에 기반한 대학교육 및 인재양성을 목표로 산학공동연구 활성화 및 기술 이전 지원 강화, 산업 맞춤형 인력양성사업 추진 등 다각적인 정부 투자 확대를 추진하고 있다. 그러나 사업 참여 주체들의 산학 협력 경험 부족 등으로 인하여 그 성과가 미흡하다는 지적과 함께 정부가 지원하는 다양한 재정지원사업 간 유사성 및 중복성에 대한 문제가 있으므로 이를 점검하여 재정사업의 통합 및 내실화를 도모해야만 하는 시점에 와 있다는 지적이 제기되었다.

이러한 변화에 대응하고 문제점을 개선하고자 정부는 2003년 ‘산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률’에 의거하여 전 정부 차원에서 산학협력 촉진을 추진하였으며 그 중에서도 2012년부터 교육과학부 주관으로 산학협력 선도대학 육성사업(Leaders in Industry-university Cooperation, 이하 LINC 사업)이 본격적으로 추진되기 시작하면서 산학협력이 한 단계 도약하는 계기가 마련되었다.

2012년 시작된 이래로 5개년 계획으로 진행된 LINC 사업은 2017년부터 비이공계 분야로의 산학협력 확대, 기술혁신, 글로벌 산학협력 등 다양한 산학협력 모델이 지속 창출되도록 지원하는 LINC의 후속사업(가칭 ‘Post-LINC’) 계획 또한 준비되고 있는 것으로 알려지고 있다. 그런데 이러한 LINC 육성사업이 과연 효과적(effective)인지에 대해서는 비판적 의견이 존재하는 것도 사실이다. LINC 육성사업이 그 동안 정부 주도형 산학협력 재정지원에서 제기된 여러 우려를 불식시키기 위해서는 정부의 재정지원을 통한 대학들의 LINC 육성사업 수행경험이 산학협력 성과 향상에 실질적 효과성을 지니고 있는가라는 질문에 답할 수 있어야 한다.

본 연구는 LINC 육성사업을 포함하여 대학의 산학협력 성과에 영향을 미치는 결정요인을 통계적으로 확인하고자 한 기존 연구들의 가치를 인정하면서도, 동시에 이들 연구를 보완하고 확장한다는 차원에서 보다 정교한 방법론을 적용하여 사업의 효과성을 측정하고자 하는 목적을 가지고 있다. 아울러 분석결과를 바탕으로 LINC 육성 사업을 포함하여 산학협력 정책에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

II. 이론적 논의

1. 산학협력 및 LINC 육성사업의 의의

2003년 개정된 ‘산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률’(이하 산촉법)에 의하면 산학

협력이란 산업교육기관과 국가, 지방자치단체, 정부출연 연구기관 및 산업체등이 상호 협력하여 산업체의 수요와 미래의 산업발전에 따르는 인력의 양성과 새로운 지식·기술의 창출 및 확산을 위한 연구·개발 그리고 산업체등으로의 기술이전과 산업자문 등의 활동을 말한다(제2조 5항). 이처럼 산학협력은 기본적으로 ① 산업체의 수요와 미래의 산업발전에 따르는 인력의 양성, ② 새로운 지식·기술의 창출 및 확산을 위한 연구·개발, ③ 산업체 등으로의 기술이전과 산업자문 등을 포함한다. 결국 산학협력은 교육 및 연구기관, 그리고 기업이 상호 관심을 갖고 있는 문제를 해결하기 위해 선택하는 사회 협동(social partnership)의 한 방법이라고 할 수 있다(교육과학기술부, 2011).

교육부는 2011년까지 대학과 기업의 산학협력을 지원하기 위하여 ① 지역거점 연구단 육성사업(2004~2011년), ② 광역경제권 선도산업 인재양성 사업(2009~2011년), ③ 산학협력 중심대학 육성사업(2009~2011년) 등 다양한 산학협력 사업을 추진해 왔으며, 보다 체계적이고 종합적으로 대학을 지원해야 할 필요성에 따라 이들 사업을 통합·개편하여 2012년부터 「산학협력선도대학(LINC) 육성사업」을 추진하였다. LINC 육성사업은 대학-기업 간 산학협력을 통해 대학교육시스템을 개선함으로써 취업 미스매치 해소 및 대학과 지역산업과의 공생발전을 견인하는데 가장 큰 목적을 두고 있다. 그동안 지역적 측면에서 지역대학의 인재가 수도권 등으로 유출되고 취업에서 미스매치가 발생함으로써 정책적으로 지역대학에서 개발된 기술이 지역 소재 기업에 원활히 이전되고, 지역 출신의 인재가 지역에 소재한 기업에 취업을 할 수 있도록 지원하는 체계적인 사업의 필요성이 강조되어 왔다(김한기, 2015). 특히 그동안 공과대학내 이공계 일부학과를 중심으로 이루어지던 산학협력의 사업성과를 대학 전체로 확대하고 산학협력이 교육·연구와 더불어 대학의 주류 활동으로 정착시킬 필요성이 제기되고, 향후 학령인구 감소에 대응하기 위해 지역산업 및 대학의 강점분야를 특성화시키기 위한 산학협력 지원사업의 개편이 요구되었다. 이에 산학협력과 관련된 대규모 사업으로 LINC 육성사업은 규모 면에서나 질적인 면에서 기존의 산학협력 정책과 차별화된 전략을 수립하고 있다고 평가되고 있다.

하지만 이러한 LINC 사업에 대한 긍정적인 평가에도 불구하고 여전히 정부 주도형 산학협력 재정지원인 LINC 사업에 대한 운영상의 문제점을 우려하는 지적 또한 적지 않다. 즉 인력 양성 영역에서는 여전히 수요자 중심의 교육으로 전환이 어렵고, 기술개발영역에서는 기술상용화·사업화로의 전환의 어려움, 기술 이전·지도영역에서는 수요자-공급자 맞춤형 기술 이전·지도로 전환이 어렵다는 것이다(정성훈, 2012). 결국 LINC 육성사업은 산학협력체계에서 수요자 중심형 산학 협력체계를 지향하면서 과거와는 다른 형태로 대학주도형 산학 협력체계를 구상 하고 실행하였으나, 이는 여전히 과거의 실패를 답습하는 경향을 보이고 있다는 것이다. 수동적이고 정부의 지원을 바라보는 해바라기형 산학협력이 이루어지고 있으며, 아울러

개별 사업들마다 여전히 유사사업 간 중복성향이 강하다는 지적은 눈여겨볼 만하다(정성훈, 2012).

2. 산학협력 효율성의 의미

교육조직의 성과를 평가하는데 있어 매우 널리 사용되고 있는 대표적인 개념으로 효율성(efficiency)이 있다. 일반적으로 효율성(능률성)은 투입(또는 비용)에 대한 산출(또는 편익)의 비율로 정의할 수 있다(Rogers 1990). 즉 효율성이란 투입이나 산출의 어느 한 측면에만 관련된 것이 아니라 양자의 관계에 초점을 맞추는 개념이다(윤경준, 1995). Farrell(1957)은 기업의 효율성을 기술적 효율성(technical efficiency)과 배분적 효율성(allocative efficiency) 등 두 가지로 구분하고 있는데, 전자는 투입으로부터 최대의 산출을 얻는 기업의 능력을, 후자는 투입 요소가격과 생산기술이 주어진 경우에 최적비율로 투입요소를 활용하는 기업의 능력을 반영하는 것으로 보았다.¹⁾ 이 중 기술적 효율성은 물리적 투입에 대한 물리적 산출의 비율을 측정하는 것으로, 관리적 효율성(managerial efficiency)이라고도 불린다.

기술적 효율성은 물리적 산출과의 관련 속에서 물리적 자원사용을 측정하는 것을 의미하며, 투입요소의 선택에 대한 기술적 효율성(input technical efficiency)은 정해진 산출량을 최소의 투입요소를 사용하여 생산하는 것을 의미하는 반면, 산출물의 선택에 대한 기술적 효율성(output technical efficiency)은 정해진 투입량을 사용하여 최다의 산출물을 생산하는 것을 의미한다(문춘걸, 1998). 이에 따라 기술적 효율성의 개선은 생산가능경계(best practice) 쪽으로의 이동을 의미하게 된다. 공공부문의 경우 산출이 주로 서비스의 형태로 이루어지는 경우가 많아 이를 화폐단위로 환산하는 것이 곤란하기 때문에 대개 기술적 효율성의 개념을 이용하고 있다.

한편 효율성을 측정하는 방식은 여러 가지가 있을 수 있는데, 그 중에서 효율성을 유사한 다른 조직과 상대적으로 측정하는 방식이 주로 이용되고 있다. 여기서 상대적(relative)이란 말은 한 조직의 효율성이 다른 조직의 효율성에 따라 정해진다는 것을 의미하며, 이는 곧 준거집단(reference or peer group)이 되는 다른 유사 조직들과의 비교를 통해 조직의 효율성을 측정하는 것을 말한다. 결국 어떤 이상적 기준점을 정해놓고 이에 따라 평가하는 절대적 효율성(absolute efficiency) 측정이 가능하다면 바람직하겠지만, 이것이 불가능할 경우 상대적 효율성은 그 중요성이 인정될 것이다. 또한 행정활동이 효율적 또는 비효율적이라는 것은 상대적으로 서로 비교 평가할 때 확실히 드러나며, 이것은 동일단체의 것을 시계열적으로 비교할 수

1) 이들 두 지표를 곱하게 되면 총효율성(overall efficiency) 또는 경제적 효율성(economic efficiency)을 측정하는 지표가 된다(유금록, 2004).

도 있고, 동일시점 또는 동일시간에 있어서 여러 단체의 것을 상호 비교할 수도 있다(이재성, 1987). 이러한 상대적 효율성 개념은 Farrell(1957)이 제시하였으며, 다수의 산출물을 생산하기 위해 다수의 투입요소를 사용하는 단위들의 성과를 평가하는데 효과적으로 적용될 수 있을 뿐만 아니라 투입-산출변환(input-output transformation)이 알려져 있지 않은 경우나 회계 및 재무비용이 별로 중요하지 않은 경우에 적용될 수 있고, 특히 성과평가에 대한 전통적인 비율 분석 방법과 다른 모수적 방법들에 대해서 많은 장점을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다(Thanassoulis et al., 1996; 유금록, 2004).

본 연구에서는 기술적 효율성과 상대적 효율성 개념에 입각하여 산학협력 효율성을 정의하고자 하며, 이에 따라 산학협력 효율성은 '산학협력과 관련된 투입물 대비 대학의 산학협력 관련 산출물 비율의 비교 대상 대학들간 상대적인 크기'로 정의하게 될 것이다.

3. 산학협력과 관련된 선행연구의 검토

산학협력과 관련한 다양한 시각과 논의가 존재하고 있으며 이에 따른 많은 이론적·실증적 연구가 이루어져왔다. 산학협력과 관련한 선행연구들은 크게 산학협력과 관련한 국내 현황 및 과제에 관한 연구(손병호 외, 2006; 양준모, 2009), 산학협력에 대한 필요성에 관한 연구(권영철, 2001; 오동욱, 2006; Landry & Amara, 1998), 산학협력과 관련된 정책 및 제도, 특성, 환경, 교육과정 등에 대한 요인 및 활성화 방안 등에 관한 연구(박병무, 2009; 강정화, 2011; 배규한, 2011; 김홍수, 2013), 산학협력의 역량 및 성과에 관한 연구(김철회·이상돈, 2007; 류영수·최상욱, 2011; 조현정·전형훈, 2011; 전인, 2012; 전정환 외, 2013; 조현정, 2015; 문형진·이희상, 2015; 배상훈 외, 2016; Thursby & Thursby, 2002; Siegel et al., 2003) 등으로 구분해 볼 수 있다. 이 중에서 본 연구와 직접적으로 관련되는 산학협력의 성과 및 영향요인들에 대한 연구들은 다시 산학협력 성과에 영향을 미칠 것으로 예상되는 여러 결정요인(determinants)을 분석한 연구와 LINC 육성사업과 같이 특정 정부지원이 산학협력 성과에 어떠한 영향을 미쳤는지를 살펴본 유형으로 나누어볼 수 있다.

우선 산학협력 성과의 결정요인에 관한 연구들 중 조현정(2015)은 대학의 산학협력 성과의 결정요인을 연구역량, 조직요인, 지리적 요인 등으로 나누어 정리하고 있다. 연구역량은 주로 양적 측정지표로서 교내외 및 산학협력연구비, 연구대학원생수, 이공계 전임교원수, 산학협력 교원수 등으로 측정되며, 연구역량의 질적 측정지표는 연구논문수 또는 SCI급 연구논문수를 대리변수로 하여 측정하고 있다(한승환·권기석, 2009; 박검진 외, 2011; 조슬아 외, 2011). 그리고 산학협력 성과는 주로 특허성과, 기술이전 성과, 그리고 창업성과 등을 세부 성과로 나누어서 측정하고 있다. 이 밖에 조직요인으로는 대학의 기술이전 전담조직의 규모 내지 기술이

전 전문가 수 등을(김경환, 2005; 김철희·이상돈, 2007; 유완식, 2009; 한동성, 2010; 임의주 외, 2013; 최경하, 2014), 지리적 요인으로는 산업계와의 접근성 및 지역소득수준 등을(조현정, 2015) 들 수 있다.

한편 LINC 육성사업 내지 BK사업과 같이 특정 사업을 통해 산학협력의 성과가 나타나고 있는지를 검증하고자 시도한 연구들이 있다(김봉문, 2013; 김한기, 2015; 문형진·이희상, 2015; 배상훈 외, 2016). 구체적으로 김봉문(2013)은 대학과 기업체의 관계자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 역량적 요인(구성원의 산학협력에 대한 태도 및 역량 정도, 산학협력 지원을 위한 조직체제와 제도 및 인프라 구축 정도), 협력적 요인(산학협력 주체 상호간 요구 반영 정도, 산학협력을 위한 다양한 정보교류의 정도), 정책적 요인(정부 및 지방자치단체 산학협력 지원정책의 적절성), 외부환경적 요인(지역내 경제규모 및 산업적 구조의 산학협력 영향에 대한 인식 정도) 등이 산학협력 성과(산학협력 수익, 현장실습 운영현황, 산학협력 연구실적, 기술이전 실적)에 영향을 미치는지와 그 정도를 분석하고자 하였다.

김한기(2015)는 2012년 한국연구재단의 자료를 바탕으로 LINC 육성사업 수행 대학들의 정량적 성과와 정성적 성과를 분석했다. 정량적 성과의 경우 전국 51개 대학 성과를 바탕으로 취업률, 1인당 기술이전 건수, 1인당 기술이전료 등을 분석했는데, 51개 대학의 평균 취업률은 57.9%, 교수 1인당 기술이전 건수는 평균 0.1건, 교수 1인당 기술이전료 수입은 평균 1,258천 원으로 나타났다. 목표값을 기준으로 객관적 성과를 판단하면 취업률(목표값: 64.2%)을 제외한 교수 1인당 기술이전 건수(목표값: 0.07건)와 교수 1인당 기술이전료 수입(목표값: 1,025천 원)은 목표를 상회한 것으로 조사되었다. 취업률에 영향을 미치는 변수로 대학의 교수 1인당 산업체공동연구비, 현장실습이수학생비율, 대학의 지방소재 여부였고, 대학생 만족도에 영향을 미치는 변수로는 산학연계교육과정 운영실적으로 나타났다.

문형진·이희상(2015)은 이공계 교원이 있는 159개 대학(51개 LINC 사업 선정대학 포함)을 대상으로 성향점수 매칭(propensity Score Matching) 방법을 이용하여 정부의 LINC 사업이 산학협력 성과에 미치는 영향에 대해 알아보고 정책의 발전방안에 대해 모색해보고자 하였다. 분석 결과 LINC 사업은 기술이전 건수와 교원 창업자 수에 긍정적인 영향을 미쳤으며 성과는 지속적으로 증가한 반면 기술이전 수입료와 학생 창업자 수에는 유의미한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

배상훈 외(2016)은 LINC 사업을 2012년부터 2014년까지 3년간 수행한 41개 대학을 대상으로 성향점수매칭(PSM) 방법을 적용하여 비교 집단을 선정하고 LINC 사업에 3년 동안 참여한 대학들의 사업성과를 비 LINC 대학과 비교하여 실증적으로 분석하였다. 분석 결과, LINC 대학은 비 LINC 대학보다 현장실습 이수학생 비율이 높고, 기술이전 건수가 많은 것으로 나타난 반면 산업체경력 전임교원 비율, 산학협력 중점교수 수, 캡스톤디자인 이수학생 수, 창업 강

좌 시수, 기술이전 수입료, 민간 과제수, 민간 연구비, 취업률 등의 지표에서는 LINC 대학과 비 LINC 대학 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 선행연구의 종합 및 본 연구의 차별성

산학협력 성과에 어떠한 요인이 일정한 영향을 미치는가를 검토한 다양한 선행연구들이 존재하고 있으며, 아울러 산학협력 선도대학 육성사업의 효과를 분석한 선행연구들은 중요한 산학협력 선도대학 육성사업이 산학협력 성과를 파악하고 그에 영향을 미치는 요인들의 통계적 유의미성을 확인함으로써 산학협력 성과의 체계적인 관리 가능성을 높였다는 점에서 높이 평가할 수 있다. 그럼에도 불구하고 이들 연구에서 언급하고 있는 효과가 몇 가지 이유로 편향(bias)될 수 있다는 점에서 한계점이 존재하며, 이것을 보완하는 과정이 바로 본 연구의 주된 차별성이자 독창성이라고 할 것이다. 기존연구의 한계점은 다음과 같이 크게 두 가지로 정리할 수 있다.

우선 효과분석 관련하여 산학협력 성과에 대한 영향요인을 분석한 적지 않은 선행연구들에서 특정 단일연도의 자료를 사용하고 있기 때문에 연구의 분석결과는 매우 제한적이며, 아울러 LINC 육성사업의 효과와 관련하여 사업참여집단과 비참여집단의 존재로 인한 선택편의(selection bias)의 문제를 고려하지 못하고 있다는 점이다. 매칭기법(matching technique)을 도입한 연구로 문형진·이희상(2015), 배상훈 외(2016)의 연구가 존재하지만 이 연구도 사업 이전 기간과의 비교는 이루어지지 않아 분석결과가 사업으로 인한 효과인지 여부에 대해서는 명확히 답을 할 수 없다는 문제점을 여전히 가지고 있다.

다음으로 산학협력 성과와 관련하여 대부분의 선행연구들은 종속변수로 산학협력 성과와 관련된 복수의 변수들을 각각 하나씩 개별적으로 설정하여 영향요인과의 통계적 관계를 확인하는 방식을 취하고 있다. 독립변수가 개별 종속변수에 어떠한 영향을 미치는지에 관심이 있는 경우라면 큰 문제라고 보기 어렵지만 LINC 육성사업과 같이 다수의 산출물을 생산하기 위해 다수의 투입요소를 사용하는 단위들의 성과를 평가하는데는 이러한 방식은 적합하지 않을 가능성이 높다.

이상의 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 우선 자료포락분석(data envelopment analysis)을 통해 산학협력 효율성이라는 종합적인 성과측정치를 구성한 후 사업 참여집단과 비참여집단, 그리고 사업 시행 이전 기간과 이후 기간간의 성과 변화를 확인한다. 이 때 산학협력 성과 창출과정에서 다른 대학들과 이루어지는 경쟁이 이루어지는 상황을 고려하여, 대학간 교차평가 방식을 가정하여 효율성을 측정하는 이른 바 Game-교차 효율성 모형을 도입한다.

아울러 본 연구는 다기간 연구설계(longitudinal study design)를 통해 LINC 육성사업이라

는 정책이 대학의 산학협력 효율성에 미친 효과 분석을 최초로 시도한다는 점에서 의의가 있다. 이 때 처리집단인 산학협력 선도대학 육성사업 선정 대학에 대하여 통제집단을 구성하기 위하여 가장 개선된 매칭 방법 중 하나로 평가되는 이른 바 유전매칭(genetic matching)을 이용한다. 또한 LINC 육성사업의 효과 분석을 위해 다양한 시간변동요인과 시간불변요인들의 효과를 통제하면서 이중차이분석(difference-in-differences methods)을 적용한다.

Ⅲ. 연구설계

1. 분석자료: 분석대상 및 분석기간

본 연구에서 사용되는 자료는 전문대학, 사이버대학, 대학원대학을 제외한 4년제 대학에 대한 기초 자료이며 대학알리미(www.academyinfor.go.kr) 및 대학정보공시센터의 대학정보 공시자료로 구성된다. 기본적으로 분석기간 동안 분석자료의 결측치가 크게 발생한 대학들은 분석 대상에서 제외되었으며, 이와 함께 신학대학, 교육대학, 예술대학 등 산학협력과는 다소 거리가 있는 목적을 추구하는 대학들도 연구 대상에서 제외하였다. 차원에서 본 연구는 LINC 사업에 선정된 대학과 그렇지 않은 대학을 각각 처리집단과 통제집단으로 구분하여 매칭 및 이중차이 분석을 통해 LINC 사업이라는 처리(treatment)를 기준으로 처리 이전기간과 이후 기간, 그리고 처리집단과 통제집단을 상호 비교하는 방식으로 LINC 사업이 대학의 효율성에 미치는 효과를 추정한다. 이에 따라 LINC 사업이 시작되기 직전기간인 2011년을 포함하여 처리 기간인 2012년부터 2015년까지 등 총 5년을 분석기간으로 하게 된다.

LINC 사업은 2012년 기존의 광역권 선도산업 인재양성 프로그램, 산학협력중심대학, 지역거점연구단으로 진행되던 정부주도의 산학협력 프로그램을 통합하여 전국 51개교가 선정되었다. 또한 2013년의 경우 전국 총 4년제 국공립 및 사립대학 51개 대학에서 참여했고, 사업은 2가지 형태로 진행되었는데 연구중심대학 중심의 기술혁신형 14개교, 교육중심대학 중심의 현장밀착형 37개교가 선정되어 추진되었고 이 중 지방소재 대학이 44개교에 해당한다. 2014년부터는 LINC 2단계 사업이 실시되었는데, 2단계 사업은 1단계 사업을 수행해 온 기존 LINC사업단 중에서 사업성고가 미흡한 대학은 탈락되고, 신규 대학을 선정하여 다양한 산학협력 선도 모델을 발굴·확산한다는 목표 하에서 56개 대학이 2단계 LINC 사업을 수행하게 되었다. 이에 따라 본 연구에서의 LINC 사업의 효과성 분석을 위한 처리집단은 기본적으로 각각 1단계와 2단계 사업에 선정된 대학들이 된다. 이와 함께 통제집단은 처리집단에 속하는 대학을 제외한 나머지 4년제 대학 중에서 후술하게 되는 유전 매칭(genetic matching) 과정을 통해 결정된다.²⁾

2. 분석 방법

본 연구에서 실시하는 여러 분석 절차 중에서도 Game-교차효율성 모형에 따른 대학의 산학협력 효율성 측정, 유전매칭을 이용한 LINC 사업 선정대학 집단(처리집단)에 적절하게 대응되는 LINC 사업 미선정 대학 집단(통제집단)의 구성, 그리고 절단회귀 이중차이분석을 이용하여 LINC 사업 선정 대학 집단과 미선정 대학 집단간 효율성 변화를 비교하는 것이 분석의 핵심이라 할 수 있다.

1) Game-교차효율성 모형을 이용한 산학협력 효율성 측정

(1) 전통적인 자료포락분석 모형

Banker, Charnes 그리고 Cooper(1984)는 생산가능집합 P_B 가 다음과 같이 정의되는 BCC 모형을 제시하였다.

$$P_B = \{ (x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0 \}, \quad (\text{식 1})$$

여기서 $X = (x_j) \in R^{m \times n}$ 와 $Y = (y_j) \in R^{s \times n}$ 는 주어진 자료집합이며, $\lambda \in R^n$ 와 e 는 모든 요소들이 1인 행벡터이다. BCC 모형은 $e\lambda = 1$ 이라는 제약에서만 CCR모형과 차이가 있다. $\lambda_j \geq 0$ 이라는 제약과 함께 $e\lambda = 1$ 은 n 개의 DMU들에 대한 관측치들이 결합되는 허용가능한 방법들에 볼록성 제약(convexity condition)을 부과하게 된다. 투입지향 BCC모형은 다음과 같은 포락형태의 선형방정식을 풀어 DMU_o ($o = 1, \dots, n$)의 효율성을 평가하게 된다.

$$\begin{aligned} (BCC I_o) \quad & \min_{\theta_B, \lambda} \theta_B & (\text{식 2}) \\ \text{s.t.} \quad & \theta_B x_o - X\lambda \geq 0 \\ & Y\lambda \geq y_o \\ & e\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

여기서 θ_B 는 효율성을 개선하기 위해 DMU_o 의 모든 투입요소에 적용된 비례적 감소를 나타

2) 실제 분석에서는 분석자료 결측이 다소 발생하여 LINC 선정 대학 중 2012-2013년에는 47개 대학, 2014-2015년에는 49개 대학만을 처리집단으로 활용하였다.

내는 스칼라 변수이다. 한편 산출지향 BCC 모형은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 (BCC \ O_o) \quad & \min_{\eta_B, \lambda} \quad \eta_B & (식3) \\
 s.t \quad & X\lambda \leq x_o \\
 & \eta_B y_o - Y\lambda \leq 0 \\
 & e\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

(2) Game-Cross Efficiency 모형

본 연구는 국내 대학의 산학협력 효율성을 측정하여 비교하며, 이를 위하여 다음과 같은 연구방법을 사용하고자 한다. 우선 자료포락분석을 이용하여 의사결정단위의 상대적 효율성을 측정한다. 이 때 사용하는 자료포락분석은 교차효율성 모형을 적용하며, 이 중에서도 의사결정단위간 경쟁적 상황을 고려할 수 있는 Game-교차효율성 모형을 사용한다.

교차효율성 모형은 Sexton 등(1986)이 제안하고 Doyle and Green(1994)에 의해서 발전된 모형으로, 자기 자신에게 유리한 최적의 가중치 뿐 아니라, 타 DMU의 최적 가중치까지 고려하기 때문에, 일반적인 DEA기법에 비해서 좀 더 공정한 효율성 지수를 구하는 장점을 가지고 있다. 이에 따라 DEA에 대한 추가적인 가중치 제약을 할 필요가 없으며, 그렇게 함으로써 비현실적인 DEA가중치 계획을 피할 수 있다. 그러나 DEA 최적가중치의 비독특성 때문에 교차효율성의 유용성은 감소될 수 있다. 결국 DMU를 게임에서의 경기자로 간주할 때, 교차효율성 점수는 보수(payoffs)로 간주할 수 있으며, 개별 DMU들은 비협조적인 게임을 하게 되며, DMU들은 그들의 보수를 극대화시키려고 하게 된다(박노경, 2014).

게임교차효율성 모형은 <식 1> 및 <식 2>와 같다. <식 1>은 게임교차효율성 모형이며, <식 2>는 게임 d-교차효율성을 계산하기 위한 모형식이다. <식 1>, <식 2>에서 m 은 투입물, s 는 산출물이며, i 번째 투입물, r 번째 산출물, j 는 다른 대학, d 는 평가대상 대학이다. <식 1>에서 분자는 산출물에 대한 최적가중치, 분모는 투입물에 대한 최적가중치를 의미한다.³⁾ 요컨대, 게임-교차효율성 모형은 교차효율성 모형에 비해서 첫째, 의사결정의 편향성이 나타나는 문제를 피할 수 있으며, 둘째, 교차효율성 점수가 게임교차효율성 측정에서는 보수(payoff)가 되며, 셋째, 개별 대학들은 그들 자신의 보수를 극대화하기 위해서 비협력적 게임을 선택하게 된다(박노경, 2014). 즉, 한 대학의 게임효율성이 측정되면, 다른 대학은 적절한 투입과 산출가중치를 선택함으로써, 기 측정된 대학의 기측정된 효율성 수치를 조건으로 그들 대학 자신의 효율

3) 변수들에 대한 보다 자세한 내용과 게임교차효율성 측정과정에 대한 자세한 설명은 Liang et al.(2008)에 설명되어 있다.

성을 극대화하게 된다. <식 2>가 최적가중치를 계산하는 과정이다. 과정을 요약하면, 첫째, <식 1>의 해를 구함으로써 교차효율성 수치를 얻게 된다. 둘째, <식 1>로 정의된 게임 d-교차효율성 모형 <식 2>를 개별 대학별로 측정한다. 이때 알고리즘 비효율성 d의 편차가 작아질 때, 즉, d 비효율성이 최소화 할 때, 이 게임교차효율성은 최대(평균)게임교차효율성 수치가 된다.

$$\alpha_{dj} = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_{rj}^d y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{ij}} \quad , \quad d = 1, 2, \dots, n . \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

$$\text{Max} \sum_{r=1}^s u_{rj}^d y_{rj} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{il} - \sum_{r=1}^s u_{rj}^d y_{rl} \geq 0 \quad , \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{ij} = 1$$

$$\alpha_d \times \sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{il} - \sum_{r=1}^s u_{rj}^d y_{rl} \leq 0$$

$$\omega_{ij}^d \geq 0 \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$u_{rj}^d \geq 0 \quad , \quad r = 1, 2, \dots, s$$

본 연구에서는 산학협력 효율성 측정을 위한 Game-교차효율성 모형 설정을 위해 대학의 산학협력 효율성 측정과 관련된 선행연구를 참고하여 투입변수와 산출변수를 선정한다. 산출의 경우 산학교육 부문, 산학연구 부문 등 두 영역으로 구분하여 변수를 선정하고자 한다.

투입의 경우 인적 자원과 물적 자원으로 나누어 선정하되 산학협력 효율성은 대학의 산학협력지출액 등 화폐단위로 표현된 변수를 활용하고자 한다. 결국 대학의 산학협력 효율성은 산학교육-산학연구 부문의 산출물과 인적-물적 자원의 투입물을 종합적으로 고려하여 몇 가지 산학교육-산학연구 부문별 효율성 모형을 설정한 분석을 시도한다. 아래 <표 1>은 산학협력 효율성 측정시 투입물과 산출물로 고려하는 변수 및 지표 정의를 보여주고 있다.⁴⁾

4) 최종 연구 결과물 작성과정에서 당초 연구계획서 상 투입물과 산출물 선정에 다소 간의 변화가 있었다.

〈표 1〉 대학의 산학협력 효율성 측정을 위한 투입 및 산출요소의 선정

구분	변수	지표 정의	자료원천
투입	인적자원	산업체경력 전임교원 비율	대학알리미 대학정보공시센터
		학생 천명당 직원 수	
재정자원	학생 일인당 산학협력지출액		
산출	산학 교육	학생 천명당 캡스톤디자인 이수학생 수	
		학생 천명당 현장실습 이수학생 수	
		학생 천명당 창업강좌(교양+전공+실습) 이수자 수	
	산학 연구	기술이전 건수(교수 1인당)	
		기술이전 금액(교수 1인당)	
		특허등록건수(교수 1인당)	
		연구비 수혜금액(교수 1인당)	
연구논문실적(교수 1인당)			

2) 유전 매칭(Genetic Matching)

선택편이(selection bias)가 존재하지 않아야 한다는 점은 관측자료를 이용하는 많은 학문 분야에서는 대부분 근본적인 관심사 중 하나이다. 이와 관련하여 확률화 표본추출의 가정은 LINC 사업 선정 대학(처리집단)과 비선정 대학(통제집단)간에 크기 내지 사업선정 이전의 성과 등 기본적인 특성에 있어서는 차이가 없어야 한다는 사실을 의미한다. 기본적인 특성의 불일치는 LINC 사업 이종차이 분석에서 과소 내지 과대추정을 야기한다. 예를 들어 만약 LINC 사업 선정 확률이 규모가 큰 대학에서 더 높다고 한다면 그리고 큰 규모의 대학이 작은 규모의 대학에 비해 사업선정에 따른 성과가 더 높게 나타났다고 한다면 기본특성의 균형을 맞추지 않는 한 이종차이 분석의 결과는 LINC 사업의 효과를 과대추정하게 된다.

사실 처리집단과 통제집단 간 기본특성의 불균형 문제를 해소하기 위한 매칭방법으로는 여러 가지가 있다. 단일변수 매칭 이외에 가장 유명한 방법으로는 성향점수 매칭(propensity score matching) 방법이 있으며(Rosenbaum & Rubin, 1983) 그 밖에 Mahalanobis 거리에 입각한 다변량 매칭(multivariate matching)이 있다(Rubin, 1980). 이러한 두 가지 방법을 일반화시킨 보다 혁신적인 방법이 유전매칭(genetic matching)이라고 할 수 있다(Diamond and Sekhon, 2013; Sekhon and Grieve, 2012). 유전 매칭에는 성향점수값(Pscore)이 공변량 중 하나로 포함되며 두 개의 분석단위 i 와 j 에 대해서 X 개의 공변량들 간의 Mahalanobis 거리 매트릭스 d 는 추가적인 가중치 모수를 포함함으로써 다음 〈식 3〉과 같이 일반화된다.

$$d(X_i, X_j, W) = \left\{ (X_i - X_j)^T (S^{-1/2})^T W S^{-1/2} (X_i - X_j) \right\}^{1/2} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

여기서 W 는 $(k \times k)$ 양의 유한 가중 매트릭스, $S^{-1/2}$ 는 변수 X 의 표본 분산-공분산 매트릭스 S 의 Cholesky 분해, 그리고 X^T 는 매트릭스 X 의 전치행(transpose)이다. 유전 매칭은 여러 단계에 걸쳐 가장 많이 관측된 공변량의 불일치를 최소화함으로써 매칭된 처리단위와 통제단위들 간의 공변량 균형을 반복적으로 점검하고 극대화하기 위하여 혁신적인 탐색 알고리즘을 이용한 다변량 매칭법이다. 처리집단과 통제집단에서 변수들의 평균이 나열될 뿐만 아니라 두 집단은 매칭 이후 관측된 공변량들이 같은 결합분포를 가지게 된다는 점이 유전 매칭의 가장 큰 장점이다.

유전 매칭은 비모수적이며 따라서 성향점수를 사전에 알아야 하거나 추정해야 하는 과정을 거치지 않는다. 다만 성향점수가 포함되면 유전 매칭은 더욱 효과적이게 된다(Sekhon, 2011). 따라서 먼저 성향점수, 즉 각각의 대학이 분석기간 동안 LINC 사업에 선정될 확률을 계산하기 위해 정의된 공변량들을 사용하여 부트스트랩 로지스틱 회귀분석을 실시한다. 이를 위해서는 처리기간이 확정되어야 하는데, 본 연구에서는 LINC 사업이 시행되고 있는 기간을 처리기간이라고 볼 수 있다. 이와 함께 유전매칭을 적용하여 통제집단을 결정하기 위해 LINC 사업이 시작되기 직전 해인 2011년도의 자료가 사용될 것이다.

성향점수를 예측하기 위해 사용되는 공변량들은 대학 및 환경적 특성을 나타내며 관측기간 동안 LINC 사업에 선정될 가능성에 영향을 미치게 된다. 첫 번째 공변량은 대학 효율성(Efficiency)이며 이는 Game-교차효율성 DEA 모형을 통해 구하게 된다. LINC 사업 선정 가능성에 영향을 미칠 수 있는 변수들로는 무엇보다도 LINC 사업의 1단계 포몰러 지표라고 할 수 있다. 포몰러 지표는 크게 대학 기본역량 포몰러 지표와 산학협력 특성화 역량 포몰러 지표로 구성된다. 대학 기본역량 포몰러 지표는 다시 교육·연구성과(취업률, 교수 1인당 특허(등록)건수, 재학생 충원율)와 교육·여건(교원 확보율, 교육비 환원율)으로 구성되며, 산학협력 특성화 역량 포몰러 지표는 산학협력 체제(제도 및 인프라, 인력)와 산학협력 내용(인력양성 및 고용, 기술개발 및 이전)으로 구성된다. 이들 변수를 LINC 사업 선정 가능성에 영향을 미치는 공변량으로 우선 고려할 수 있다. 이 밖에 대학의 설립유형(국공립/사립), 대학의 위치(수도권 여부), 지역내총생산(GRDP) 수준 등의 환경변수를 LINC 사업 선정 가능성에 영향을 미치는 공변량으로 추가적으로 고려할 수 있다.⁵⁾ 그러나 이상의 이들 자료를 모두 성향점수 예측을 위한 공변량으로 활용할 수는 없다. 공변량이 늘어날수록 매칭을 통한 동질성 개선의 정도는 커지지만 다른 한편으로는 처리집단과 동질성을 가지면서 대응되는 통제집단의 수가 현격히 줄어들기 때문이다.

다음 단계에서는 잠재적 교란변수 간의 균형 달성을 목적으로 한다. 성향점수 모형에서 사용된

5) 추후 분석 과정에서 추가적인 타당성 검토 및 자료 확보가능성을 고려하여 설정되는 공변량은 변경될 수 있다.

같은 공변량을 사용하며 이와 함께 유전 매칭에서의 잠재적 교란변수로 로지스틱 회귀분석으로부터의 선형 추정량을 이용한다.⁶⁾ 본 연구에서는 복원 일대일 매칭을 적용하는데 이는 통제집단에 속하는 각 대학들이 한 번 이상 추출될 수 있다는 의미이며 이에 따라 매칭된 쌍들 간의 총 거리는 또한 최소화된다. 매칭의 타당도는 짝진 t 검정(paired t-test)으로 통제집단과 처리집단간 평균의 차이를 비교하는 방식으로 우선 평가한다. 그러나 이산형 변수의 경우 평균 차이 검정은 매우 제한적인 정보 가치만을 가진다. 매칭은 평균 불일치를 감소시키지만 최대/최소값, 왜도, 첨도 등과 같은 분포의 다른 특성의 균형을 악화시킬 수 있다. 따라서 연속형 변수의 매칭의 질을 평가하는데는 실증적 분포함수들간의 차이를 평가하는 Kolmogorv-Smirnov(KS) 검정이 보다 적합할 수 있다 (Sekhon and Grieve, 2012). KS 검정은 통제집단과 처리집단에 대한 D-통계량을 제공하며, 이는 다음과 같이 실증적 분포함수 $F_{1,n}(x)$ 과 $F_{2,n'}(x)$ 간 차이의 절대값 중 상한값으로 정의된다.

$$D_{n,n'} = \sup_x |F_{1,n}(X) - F_{2,n'}(X)| \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

여기서 $D_{n,n'}$ 은 n (통제집단 크기)와 n' (처리집단 크기)에 대하여 공변량 X 의 서로 독립적이고 동질적으로 분포이다. 분포함수 간 차이의 유의미성을 검증하기 위하여 1,000번 반복과 정의 부트스트래핑이 이루어진다.

3) 이중 차이 추정(Difference-in-Differences estimates)

분석의 3단계에서는 LINC 사업이 대학 효율성에 미치는 영향을 추정할 것이다. LINC 사업 선정은 대학의 교육, 연구, 산학 성과뿐만 아니라 대학의 운영구조에도 영향을 미치게 되는 사건으로 해석할 수 있다. 이중차이 추정은 시간에 따라 변화하는 변수들을 통제된 상태에서 LINC 사업에 선정되지 않은 대학의 효율성 변화 대비 LINC 사업에 선정된 대학의 효율성 변화 정도를 확인하는데 사용된다. 이 방법의 기본적인 가정은 대학 효율성에 영향을 미치는 모든 기타 변수들은 통제집단에서와 마찬가지로 처리집단에 속한 대학들에 같은 크기의 영향을 미친다는 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 별도로 통제하지 않은 시간변화에 따른 모든 변동은 모든 대학들에 같은 방식으로 영향을 미친다고 가정한다. 이중차이 패널분석에서 나타날 수 있는 시계열 상관의 문제를 완화하기 위하여 분석기간에 해당하는 개별 연도별로 회귀분석을 실시한다. 이를 통해 LINC 사업이 특정 이후 기간뿐만 아니라 시간흐름에 따라 지속적인 효과를 미치게 되는지를 살펴볼 수 있을 것으로 기대한다.

6) 0과 1에 가까운 성향점수가 압축되는 것을 피하기 위해 Sekhon(2011)은 예측확률보다는 선형 예측치의 사용을 권장하고 있다.

본 연구에서는 효율성 점수가 1의 값에서 절단된다는 점을 고려하여 Simar and Wilson(2007)과 같이 단절회귀모형(truncated regression model)을 적용한다. 이중차이 모형은 이에 따라 다음과 같이 변형된다.

$$efficiency_{iT} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i + \beta_2 Time_T + \beta_3 Treat_i Time_T + \beta_4 Z_{iT} + u_i + \varepsilon_{iT} \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

여기서 $efficiency_{iT}$ 는 T 시기에 있어서 i번째 대학의 효율성을 의미하며, 이 때 $T = T_1, T_2$ 로서 T_1 은 처리 이전 시기를, T_2 는 처리 시기를 의미한다. 본 연구에서는 처리 시기는 사업 1기(2012-2013년)와 사업 2기(2014-2015년) 등 2개로 나누어지는데, 처리시기로 사업 1기(2012-2013년)를 고려할 때는 T_1 (2011년)이 처리 이전 시기가 되며, 처리시기로 사업 2기(2014-2015년)를 고려할 때는 사업 1기(2012-2013년)가 처리 이전 시기가 된다.⁷⁾ $Treat$ 은 더미변수로서 처리집단에 속하는 대학에 대해서는 1의 값을, 통제집단에 속하는 대학에 대해서는 0의 값을 가지게 되며, 이는 처리집단과 통제집단간 시간불변적 차이를 통제한다는 의미를 가진다. $Time$ 도 더미변수로서 T_1 (처리 이전 시기)에는 0의 값을, T_2 (처리 시기)에는 1의 값을 가지게 된다. Z_{iT} 는 T 시기 i대학의 효율성에 영향을 미치는 관측 가능한 요인들이며, u_i 와 ε_{iT} 는 각각 대학의 관찰불가능한 개별효과(individual effect)와 확률적 오차(random error)를 의미한다. 관심의 대상인 계수 β_3 는 $Treat_i$ 와 $Time_T$ 의 교차항의 계수이며, 이는 통제집단의 효율성 변화 대비 처리집단의 효율성 변화를 나타내준다.

이상의 일련의 분석들에는 효율성 분석 프로그램인 maxDEA(Cheng, 2014), R 프로그램(R Core Team, 2017)의 여러 패키지들이 사용된다. 구체적으로 genetic 매칭에는 “MatchIt”(Ho et al., 2017), 로짓회귀분석에는 “glm”, 절단회귀분석에는 “censReg”(Henningsen, 2017) 패키지가 사용되었다. 그 밖에 분석결과물 정리에 “stargazer”(Hlavac, 2015) 패키지가 사용되었다.

IV. 분석결과

1. 기초통계량

효율성 측정을 위한 분석대상은 2011년부터 2015년 기간 동안의 148개 대학이며, 자료구조는 대학마다 분석기간이 동일한 균형 패널자료(balanced panel data)이다. 2011년 기준으로

7) LINC 사업은 2016년까지 수행되었으나 분석에 필요한 변수들 중 많은 경우 연구 진행 기간 중 2016년도 자료가 많은 경우 공개되지 않아 분석에 활용하지 못하였다.

대학공시센터의 대학알리미에서 정보가 제공되는 4년제 대학은 총 228개이다. 이 중 신학대학, 교육대학, 예술대학, 그리고 분석기간 동안 결측치가 존재하는 대학들을 제외하고 최종 선정된 분석대상은 총 148개 대학이다. 5년간의 이들 대학의 자료들이 분석에 활용되므로 표본의 총크기는 740개(148×5년)이다. <표 2>에서는 LINC 사업의 효과성 분석에 사용된 변수들의 기술통계치들을 요약해서 보여주고 있다.

<표 2> 변수의 기술통계량

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
LINC (LINC 선정 여부)	740	0.3	0.4	0	1
student.recruitment.rate (재학생총원율)	740	108.8	16.0	26.4	145.1
num.capstone.students.1000st (캡스톤디자인 이수자수, 재학생 천명당)	740	66.3	109.7	0.0	1,156.7
num.student.field.1000st (현장실습 이수자수, 재학생 천명당)	740	37.6	59.2	0.0	783.6
ratio.industry.career.faculty (산업체경력 교원 비율)	740	25.8	16.0	0.0	100.0
ratio.fulltime.lecture (전임교원 강의비율)	740	50.9	18.5	15.6	278.6
ratio.fulltime.faculty (전임교원 비율)	740	40.9	11.3	0.0	100.0
num.tech.transfer.per.faculty (전임교원 1인당 기술이전 건수)	740	0.03	0.04	0.0	0.3
tech.transfer.fee.1000won.per.faculty (전임교원 1인당 기술이전비)	740	519.2	929.5	0.0	11,715.6
num.patent.registration.per.faculty (전임교원 1인당 특허등록건수)	740	0.1	0.2	0.0	1.6
research.grant.per.faculty.1000won (전임교원 1인당 연구비)	740	47,800.4	64,667.8	0.0	796,659.6
paper.per.faculty (전임교원 1인당 논문 수)	740	0.9	0.3	0.02	1.6
num.student.startup.lectures.1000st (창업강좌 이수자수, 재학생 천명당)	740	97.0	200.5	0.0	3,051.6
amount.ind.coop.exp.1000won.per.faculty (전임교원 1인당 산학협력비)	740	61,771.3	76,586.4	273.6	842,333.7
num.employees.1000st (직원 수, 재학생 천명당)	740	28.2	24.6	8.0	295.6
game.eff (산학협력 게임교차효율성 점수)	740	0.7	0.2	0.1	1.0

한편 <표 3>에서 보는 바와 같이 분석대상 중 사업1기(2012-2013년) LINC 대학은 총 47개이며 이 중 기술혁신형은 11개, 현장밀착형은 36개이다. 그리고 사업2기(2014-2015년)에는 기술혁신형이 2개 늘어 LINC 대학은 총 49개임을 볼 수 있다.

〈표 3〉 분석대상 LINC 사업 수행 대학 현황

지역	2012년 선정 (사업 1기)			2014년 선정 (사업 2기)		
	기술혁신형	현장밀착형	소계	기술혁신형	현장밀착형	소계
강원	1	1	2	1	2	3
경기	0	2	2	1	2	3
경남	1	2	3	1	4	5
경북	1	5	6	1	3	4
광주	2	2	4	2	1	3
대구	1	1	2	1	1	2
대전	1	2	3	1	2	3
부산	1	6	7	1	4	5
서울	1	2	3	2	4	6
울산	0	1	1	-	1	1
인천	0	1	1	-	-	-
전남	0	3	3	-	2	2
전북	1	2	3	1	3	4
제주	0	1	1	-	1	1
충남	0	5	5	-	6	6
충북	1	0	1	1	-	1
합계	11	36	47	13	36	49

〈표 4〉는 대학의 산학협력 효율성 측정에 사용되는 투입물과 산출물 관련 현황을 LINC 수행 여부에 따라 나누어 제시하고 있다. 투입물과 산출물의 세부 사항들에 있어서 LINC 수행대학이 상대적으로 더 큰 높은 투입물과 산출물 수준을 보여주고 있음을 알 수 있다.

〈표 4〉 genetic 매칭 이전 LINC 관련 대학별 투입물/산출물 기초통계

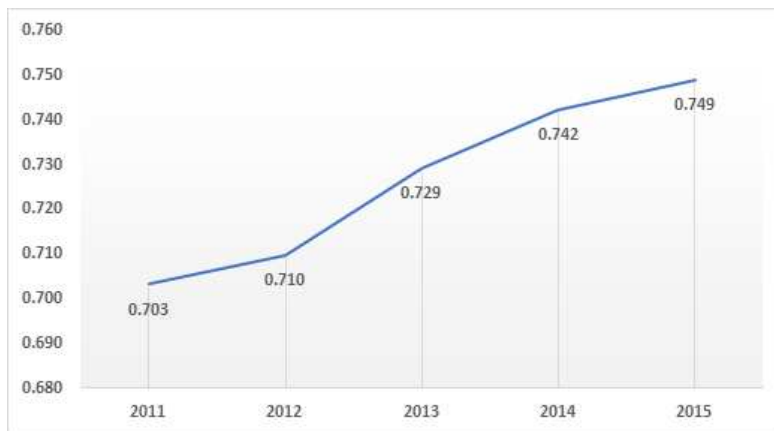
구분	비LINC대학		LINC대학		전체	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
투입물(input)						
산업체경력 전임교원 비율	26.6	17.35	24.7	13.79	25.8	15.99
산학협력비(전임교원 1인당, 천원)	49,937.1	89,171.30	78,186.5	49,892.69	61,771.3	76,534.60
직원 수(학생 천명 당)	29.8	31.17	26.0	9.19	28.2	24.57
산출물(output)						
캡스톤디자인이수학생수(학생 천명 당)	27.1	52.99	120.7	140.42	66.3	109.66
현장실습 이수학생수(학생 천명 당)	22.9	50.98	57.9	63.54	37.6	59.16
기술이전수(전임교원 1인당)	0.0	0.03	0.1	0.05	0.0	0.04
기술이전수임료(전임교원 1인당)	397.9	1,029.16	687.5	736.03	519.2	928.88
특허등록건수(전임교원 1인당)	0.1	0.17	0.1	0.12	0.1	0.16
연구수혜금액(전임교원 1인당, 천원)	40,390.8	76,839.96	58,078.4	39,967.75	47,800.4	64,624.06
논문수(전임교원 1인당)	0.8	0.32	1.0	0.27	0.9	0.30
창업강좌이수학생수(학생 천명 당)	80.4	198.01	120.0	201.21	97.0	200.32

2. 효율성의 측정

게임교차효율성 모형을 통해 효율성을 측정하고자 하는 대상은 2011년부터 2015년 기간 동안의 148개 대학이다. 이 때 동일 대학이라도 연도가 다르면 상이한 의사결정단위로 설정함으로써 동일 대학의 연도간 효율성을 비교하고 이를 통해 연도간 효율성 변화를 확인하고자 하였다. 효율성 측정을 위한 게임교차효율성 모형에서 산출지향성(output orientation)과 규모 수익 가변(Variable Returns to Scale) 지향성을 가정하였다. 게임교차효율성 모형에서 최소화 된 알고리즘 비효율성 d의 편차를 찾아내기 위해서, 즉 d 비효율성 최소화를 위해 59회의 반복 추정이 수행되었다.

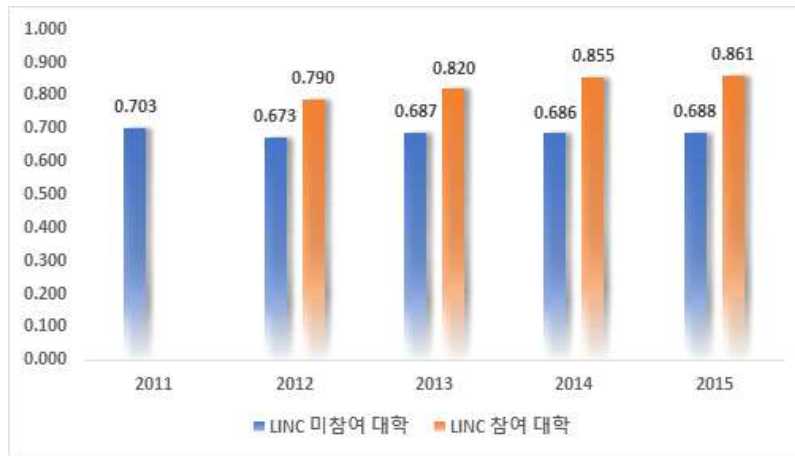
게임교차효율성 모형에 따라 효율성을 측정한 결과는 다음과 같다. 우선 <그림 1>에서 보는 바와 같이 게임교차효율성 모형에 따라 측정된 대학들의 산학협력 효율성 평균값은 2011년 이래로 점진적으로 증가하는 것으로 나타나 전반적으로 대학들의 산학협력 효율성이 다소 개선되고 있음을 알 수 있다.

<그림 1> 연도별 게임교차효율성 평균 변화 추이



한편 LINC 참여대학과 비참여대학간 효율성 평균을 비교해 보면, <그림 2>에서 보는 바와 같이 2011년부터 2015년까지의 전 기간에 걸쳐 LINC 참여대학이 상대적으로 높은 효율성 평균값을 보여주고 있음을 알 수 있다.

〈그림 2〉 LINC 참여대학과 비참여대학의 게임교차효율성 평균 비교



3. LINC 사업의 효과성 분석

1) 처리 및 통제집단의 설정: genetic 매칭

본 연구의 목적은 LINC사업이 효과적인지, 즉 대학의 산학협력 효율성을 제고하였는지를 평가하는 것이다. LINC사업의 효과성을 평가하기 위해서는 LINC사업 수행 대학과 미수행 대학간 비교가 기본적으로 이루어져야 한다. 그런데 이 때 단순히 LINC 참여 여부로만 LINC 사업과 관련하여 처리집단과 통제집단이 설정되어서는 안된다. 기본적으로 처리집단과 통제집단간 동질성 내지 동등성이 갖추어져 있어야 하기 때문이다. 그렇지 않은 경우 서로 다른 집단에 대해 비교하게 되어 처리집단과 통제집단의 효율성 차이의 변화가 처리로 인한 것이라고 보기 어렵게 되기 때문이다. 아울러 처리집단과 통제집단간 동질성을 어느 정도 확보하였다고 하더라도 처리의 효과가 입증되기 위해서는 기본적으로 일정 시점을 기준으로 사전/사후 비교가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 처리집단과 통제집단간 동질성 확보를 위해 성향점수매칭(propensity score matching) 방법의 여러 기법들 중 genetic 매칭을 이용하였다. genetic 매칭 과정에서 성향점수를 도출하기 위하여 사업시행 전과 사업1기, 그리고 사업1기와 사업2기 간 처리집단과 통제집단간 비교를 위하여 각각 2011년과 2013년 자료를 바탕으로 2012년과 2014년 LINC 대학 선정 여부를 종속변수로 하는 로지스틱 회귀분석이 각각 수행되었다. 이 때 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 설명변수로는 게임교차효율성 모형에 따라 도출된 산학협력 효율성(game.eff) 뿐만 아니라 전임교원강의비율(ratio.fulltime.lecture), 재학생충원율(student.recruitment.rate), 전임교원비

율(ratio.fulltime.faculty) 등을 설정하였다. <표 5>의 로지스틱 분석 모형(1)에서는 대학의 산학협력 효율성(game.eff)이 높을수록, 그리고 대학의 재학생충원율(student.recruitment.rate)이 높을수록 LINC 수행 대학에 속하게 될 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 이와 함께 모형(2)에서는 대학의 산학협력 효율성(game.eff)이 높을수록, 그리고 대학의 재학생충원율(student.recruitment.rate)이 높을수록, 전임교원비율(ratio.fulltime.faculty)이 높을수록 LINC 수행 대학에 속하게 될 확률이 높아지지만 전임교원강의비율(ratio.fulltime.lecture)이 높아질수록 LINC 수행대학에 속하게 될 확률은 낮아지는 것으로 나타났다.

<표 5> LINC 대학 여부 추정 로지스틱 회귀분석 결과

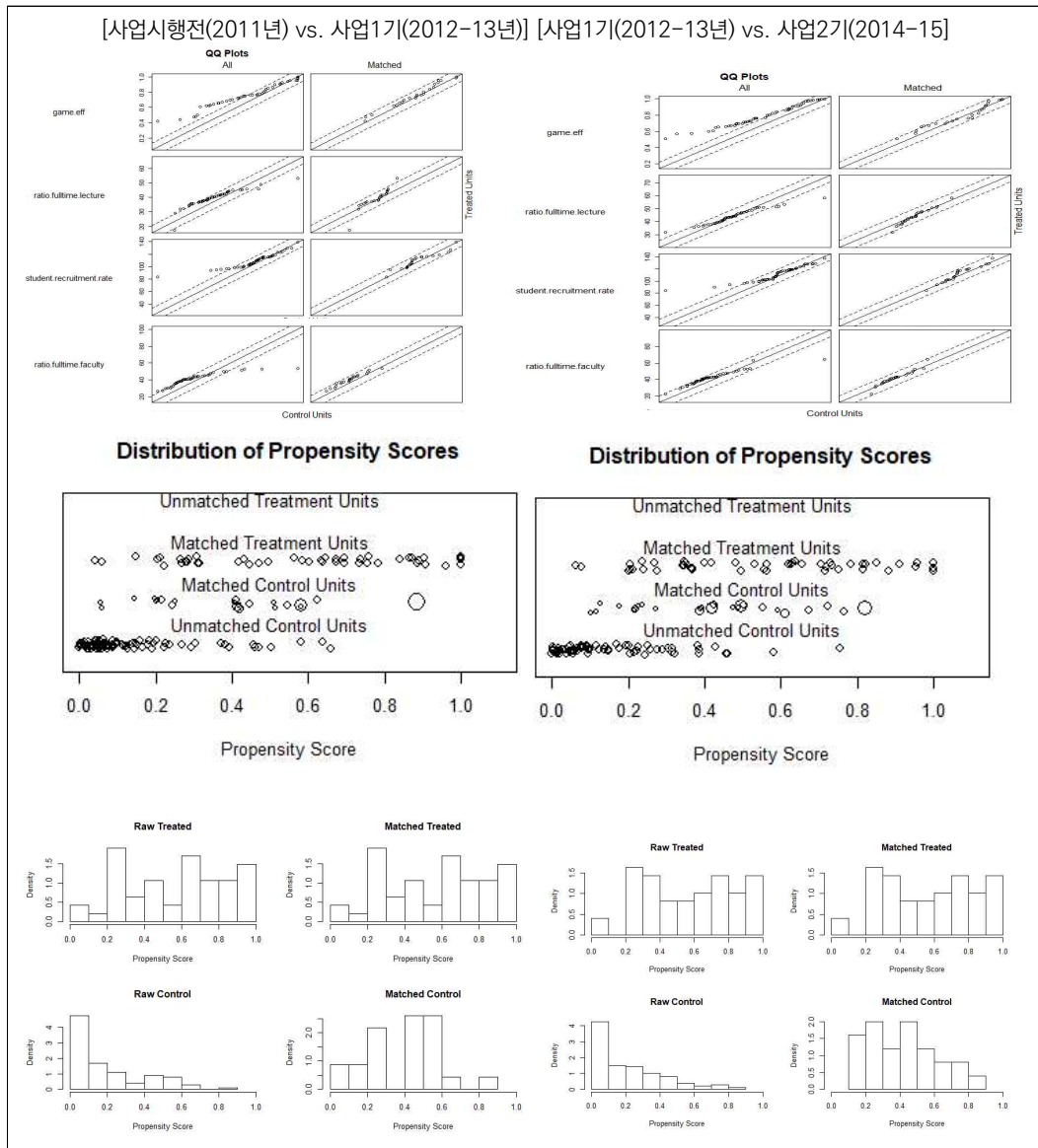
	Dependent variable:	
	LINC	
	모형(1)	모형(2)
game.eff	3.775*** (1.459)	6.106*** (1.806)
ratio.fulltime.lecture	-0.038 (0.058)	-0.098* (0.053)
student.recruitment.rate	0.087*** (0.028)	0.043* (0.025)
ratio.fulltime.faculty	-0.003 (0.032)	0.063* (0.034)
Constant	-10.515*** (3.202)	-7.522** (3.497)
Observations	148	148
Log Likelihood	-61.459	-64.078
Akaike Inf. Crit.	162.919	168.156

Note: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01
지역별 더미변수 표시는 생략함.

<그림 3>은 처리집단과 통제집단 성향점수의 분포 형태를 비교하여 보여주고 있으며(jitter plot), 아울러 공변량의 처리집단과 통제집단간 정규 확률플롯(QQ-plot), 그리고 관측치에 대한 성향점수 밀도를 매칭 전후 처리집단과 통제집단간 차이를 히스토그램 형태로 보여주고 있다. genetic 매칭에 따라 최종적으로 도출된 처리집단과 통제집단은 각각 62개 대학과 28개 대학이다.⁸⁾

8) 성향점수매칭 기법 중 nearest 방법을 사용하면 처리집단과 동일한 수의 통제집단이 선정될 수 있으나 이는 실제 유사성을 확보하기 보다는 표본크기의 유지만을 목적으로 기계적 균형에 치우쳐 있다는 비판을 피하기 어렵다.

〈그림 3〉 genetic 매칭을 통한 처리집단과 통제집단 성향점수 분포 차이 비교



〈표 6〉은 genetic 매칭을 통해 설정된 처리집단과 통제집단이 어느 정도로 동질성이 개선되었는지를 보여주고 있다. 우선 모형(1)의 경우 처리집단으로서 사업1기에 LINC를 수행한 47개 대학에 대응하여 LINC에 참여하지 않은 101개 대학 중 26개 대학만이 처리집단과 유사한 성향점수를 가지는 것으로 인정되어 통제집단으로 설정되고 있음을 볼 수 있다. 같은 방식으로 모형(2)의 경우에는 처리집단으로서 사업2기에 LINC를 수행한 49개 대학에 대응하여 LINC

에 참여하지 않은 99개 대학 중 25개 대학만이 처리집단과 유사한 성향점수를 가지는 것으로 인정되어 통제집단으로 설정되었다. 이러한 genetic 매칭 결과 성향점수(distance) 및 산학협력 효율성(game.eff)의 처리집단과 통제집단간 평균 차이가 모형(1)에서는 각각 약 77%와 96%, 모형(2)에서는 약 80%와 98% 줄어드는 개선효과가 나타나는 등 처리집단과 통제집단간 동질성이 전체 자료(all data)를 대상으로 하는 경우에 비해 크게 개선되고 있음을 볼 수 있다.

〈표 6〉 genetic 매칭을 통한 처리집단과 통제집단간 동질성(balance) 향상

Sample sizes				
구분	모형(1): 사업시행전(2011년) vs. 사업1기(2012-13년)		모형(2): [사업1기(2012-13년) vs. 사업2기(2014-15)]	
	통제집단 (LINC 미참여)	처리집단 (LINC 참여)	통제집단 (LINC 미참여)	처리집단 (LINC 참여)
집단				
All	101	47	99	49
Matched	26	47	25	49
Unmatched	75	0	74	0
Discarded	0	0	0	0

[모형(1)]

Summary of balance for all data:

Means Treated Means Control SD Control Mean Diff eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 0.5745 0.1980 0.1968 0.3764 0.4191 0.3754 0.5365
 game.eff 0.7620 0.6760 0.2298 0.0860 0.0757 0.0971 0.3453
 ratio.fulltime.lecture 39.4608 36.9729 7.7709 2.4879 3.8333 4.0782 13.1000
 student.recruitment.rate 109.8617 105.5139 17.2506 4.3478 3.4000 5.9723 57.2000
 ratio.fulltime.faculty 40.5375 37.5393 15.0388 2.9981 7.9750 8.0454 46.8013

Summary of balance for matched data:

Means Treated Means Control SD Control Mean Diff eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 0.5745 0.4863 0.2402 0.0881 0.1746 0.1804 0.3788
 game.eff 0.7620 0.7657 0.1767 -0.0038 0.0351 0.0353 0.1486
 ratio.fulltime.lecture 39.4608 39.6043 5.3266 -0.1434 0.9000 1.8272 11.4083
 student.recruitment.rate 109.8617 105.7043 11.5762 4.1574 3.6500 4.2731 8.5000
 ratio.fulltime.faculty 40.5375 39.8397 10.4371 0.6978 3.3757 3.5992 6.1623

Percent Balance Improvement:

Mean Diff. eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 76.5913 58.3312 51.9369 29.3948
 game.eff 95.6307 53.6537 63.6471 56.9761
 ratio.fulltime.lecture 94.2345 76.5217 55.1948 12.9135
 student.recruitment.rate 4.3790 -7.3529 28.4522 85.1399
 ratio.fulltime.faculty 76.7267 57.6723 55.2646 86.8330

[모형(2)]

Summary of balance for all data:

Means Treated Means Control SD Control Mean Diff eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 0.5676 0.2140 0.2053 0.3535 0.4175 0.3562 0.4871
 game.eff 0.7928 0.6833 0.1974 0.1095 0.1022 0.1140 0.3420
 ratio.fulltime.lecture 43.9018 44.3685 8.1072 -0.4667 0.7000 1.7513 15.8375
 student.recruitment.rate 111.2816 107.7823 17.4335 3.4993 2.9500 4.9000 54.2000
 ratio.fulltime.faculty 41.9622 38.8820 12.3757 3.0802 5.4608 5.2910 31.9460

Summary of balance for matched data:

Means Treated Means Control SD Control Mean Diff eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 0.5676 0.4986 0.2141 0.0690 0.1613 0.1537 0.2417
 game.eff 0.7928 0.7902 0.1618 0.0026 0.0277 0.0339 0.0883
 ratio.fulltime.lecture 43.9018 44.1237 4.4263 -0.2219 0.7000 1.0910 5.7125
 student.recruitment.rate 111.2816 109.4041 11.3314 1.8776 1.8000 2.6840 8.3000
 ratio.fulltime.faculty 41.9622 42.2168 7.7041 -0.2546 1.7565 1.9453 7.4530

Percent Balance Improvement:

Mean Diff. eQQ Med eQQ Mean eQQ Max
 distance 80.4844 61.3570 56.8629 50.3752
 game.eff 97.6013 72.9250 70.2437 74.1782
 ratio.fulltime.lecture 52.4441 0.0000 37.7025 63.9305
 student.recruitment.rate 46.3451 38.9831 45.2245 84.6863
 ratio.fulltime.faculty 91.7346 67.8349 63.2343 76.6700

2) 이종 차이 분석 결과

〈표 7〉은 산학협력 효율성을 종속변수로 하여 LINC 사업 시행 전후, 그리고 사업1기와 사업2기에 대하여 사업 여부에 따라 효율성에 차이가 있는지 여부를 파악하기 위한 단절회귀모형 분석 결과이다. 모형(1)과 모형(2)는 각각 사업 시행전(2011년)과 비교하여 사업1기(2012-13년 평균), 그리고 사업1기(2012-2013년 평균)과 비교하여 사업2기(2014-2015년 평균)에 LINC 사업참여 집단과 통제집단이 산학협력 효율성에 있어서 통계적으로 유의미한 차이가 존재하는지 여부를 확인하기 위한 모형 설정이다.

이종차이 분석 추정치(Int.LINC.Time)를 보면 모형(1)에서는 회귀계수가 0.080로 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타난 반면, 모형(2)에서는 0.059로서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉 LINC 1단계 사업 수행을 통해 산학협력 효율성이 사업 수행 이전보다 평균적으로 0.080 개선된 것을 확인할 수 있으나, LINC 2단계 사업의 경우 1단계 사업에 비해 산학협력 효율성이 평균적으로 0.059 개선되었으나 이는 통계적으로 유의하다고 볼 수 없는 것이다.

물론 2단계 사업의 경우 2016년까지 진행되었기 때문에 이 기간의 자료까지 고려해야 하는 등 개선의 여지가 분명히 존재하는 연구 결과이기는 하지만 본 연구의 분석결과에 따르면 “대학에 대한 정부의 산학협력 재정지원책으로서 LINC 육성사업은 효과적(effective)인가?”라는 본 연구의 연구질문에 대해서는 부분적으로만 긍정적인 답을 할 수 있는 분석결과라고 할 것이다.

물론 이러한 분석결과가 LINC 사업의 성공 내지 실패를 단정적으로 규정할 수 있는 결정적인 근거라고 단정할 수는 없을 것이다. 그보다는 이러한 분석결과가 나타난 원인이 무엇인지를 이해하기 위한 심도있는 추가적인 정성적인 고찰의 필요성을 확인할 수 있는 계기로서의 의미를 부여하는 것이 보다 합리적이라고 판단된다. 즉 최소한 현재까지 다양하게 제기되고 있는 LINC 사업과 관련된 제도 운영 내지 환경적 차원의 한계점들을 종합적으로 검토해볼 필요가 있음을 시사한다고 할 것이다.

〈표 7〉 게임교차효율성에 대한 이중차이 분석 결과

Difference in Differences		
	Dependent variable:	
	game.eff	
	Model(1)	Model(2)
LINC	0.021 (0.032)	0.009 (0.030)
Time2	-0.050 (0.033)	
Time3		0.124** (0.047)
Int.LINC.Time	0.080** (0.038)	0.059 (0.041)
ratio.fulltime.lecture	0.002 (0.002)	-0.006*** (0.002)
student.recruitment.rate	0.005*** (0.001)	0.003*** (0.001)
ratio.fulltime.faculty	-0.001 (0.002)	0.001 (0.001)
logSigmaMu	-2.320*** (0.128)	
logSigmaNu	-2.493*** (0.095)	
logSigma		-2.115*** (0.069)
Constant	0.102 (0.184)	0.640*** (0.113)
Observations	140	148
Log Likelihood	101.300	97.735
Akaike Inf. Crit.	-184.600	-179.469
Bayesian Inf. Crit.	-158.125	-155.491

Note: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01
지역별 더미변수 표시는 생략함.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 “대학에 대한 정부의 산학협력 재정지원책으로서 LINC 육성사업은 효과적(effective)인가?”라는 연구질문을 가지고 시작되었다. 이러한 연구질문에 답하기 위하여 2011년부터 2015년까지 5개년의 분석기간으로 설정하고 게임교차효율성 모형을 적용하여 148개 대학의 산학협력 효율성을 측정하였다. 이후 LINC 사업의 효과성 여부를 검토하기 위한 다음 단계로서 LINC 사업 수행 대학을 처리집단으로 하고 genetic 매칭 방법을 이용하여 이와 동질성을 갖춘 통제집단을 설정하였다. genetic 매칭에 따라 최종적으로 도출된 처리집단과 통제집단은 각각 62개 대학과 28개 대학이었다. 이후 산학협력 효율성을 종속변수로 하여 LINC 사업 시행 전후, 그리고 사업1기와 사업2기에 대하여 사업 여부에 따라 효율성에 차이가 있는지 여부를 파악하기 위한 단절회귀모형 분석을 실시하였다. 그 결과 LINC 1단계 사업 수행을 통해 산학협력 효율성이 사업 수행 이전보다 평균적으로 0.080 개선된 것을 확인할 수 있으나, LINC 2단계 사업의 경우 1단계 사업에 비해 산학협력 효율성이 평균적으로 0.059 개선되었으나 이는 통계적으로 유의하다고 볼 수 없었다.

2단계 사업의 경우 2016년까지 진행되었기 때문에 이 기간의 자료까지 고려해야 하는 등 개선의 여지가 분명히 존재하는 연구 결과이기는 하지만 본 연구의 분석결과에 따르면 “대학에 대한 정부의 산학협력 재정지원책으로서 LINC 육성사업은 효과적(effective)인가?”라는 본 연구의 연구질문에 대해서는 부분적으로만 긍정적인 답을 할 수 있는 분석결과라고 할 것이다.

이러한 분석결과가 LINC 사업의 성공 내지 실패를 단정적으로 규정할 수 있는 결정적인 근거라고 단정할 수는 없을 것이다. 그보다는 이러한 분석결과가 나타난 원인이 무엇인지를 이해하기 위한 추가적인 심도있는 정성적 고찰의 필요성을 확인할 수 있는 계기로서의 의미를 부여하는 것이 보다 합리적일 것이다. 즉 최소한 현재까지 다양하게 제기되고 있는 LINC 사업과 관련된 제도 운영 내지 환경적 차원의 한계점들을 종합적으로 검토해볼 필요가 있음을 시사한다고 할 것이다.

우선 성과평가과정에서 평가를 위한 평가, 쥐어짜기식 평가, 평가지표에 대한 다의적 해석, 환경변화에 대응하기 어려운 지표를 설정하는 등의 문제가 제기된 바 있다(김태운·김태영, 2016). 이는 사업 참여자의 행위를 정책의도대로 변화시키기 어렵고 경우에 따라서는 평가에 대한 저항을 유발할 수 있다는 점에 그 심각성이 있다. 현장의견에 대한 보다 포괄적이고 면밀한 조사를 바탕으로 기업과 대학이 모두 만족하거나 성과달성이 가능하도록 평가지표를 수정해야 하며 이해당사자들이 수용할 수 있는 수준으로 세부지표를 개선해 나갈 필요가 있다(김태운·김태영, 2016).

이와 함께 산학협력에 정부재정이 대규모로 투자된다 하더라도 산학협력 관련 대학교육의

질적인 변화를 포함한 성과가 ‘단기간에 즉시적’으로 발생하기는 어렵다는 점을 인정해야 한다. 정부의 사업운영 및 대학의 사업관리 방식이 가진 문제, 산학협력 주체로서 대학과 기업의 문화적 이질성이 미치는 영향 등과 같이 다양한 차원에서 문제가 발생하기 때문이다(박성호 외, 2014; 유현숙 외, 2006).

그 동안 산학협력 관련 사업은 노무현 정부의 누리사업, 이명박 정부의 광역경제권 선도산업 인재양성 사업, 산학협력 중심대학 육성사업, 이명박 정부와 박근혜 정부의 LINC 사업 등 정부가 바뀔 때마다 변화되어 대학들이 장기적 안목과 일관성을 가지고 사업을 수행하고 성과를 창출하기 어려웠다는 점도 눈여겨 볼 필요가 있다. 정부별로 사업들이 바뀌고 이들 사업이 강조하는 정책목표와 성과 지표에는 차이가 발생하였고, 이러한 상황에서도 대학은 정부가 제시한 성과 지표를 중심으로 사업을 관리하고 운영할 수밖에 없는 현실이 지속되었던 것이 사실이다. 대학마다 환경과 여건이 다르고, 비교 우위를 가지는 역량에서 차이가 있음에도 하향식으로 획일적인 지표를 강조하는 것도 산학협력의 성과를 달성하기 어렵게 하는 주요한 원인이라고 볼 수 있을 것이다(남궁문, 2011).

마지막으로 산학협력 실적을 통해 교원을 임용하는 등의 관행이 정착되지 못한 점, 학부·공학계열 중심, 기업에 대한 일방향적 지원, 글로벌 기업과의 협력 부족 등과 같은 기존의 산학협력 범위의 한계, LINC 사업과 유사한 후발 재정사업들과의 중복성 논란, 산학협력 조직의 전문성 축적 미흡 및 대학 내부에 한정된 성과 측정의 문제 등은 교육부 스스로도 이미 인정하고 있는 사안들이다(교육부, 2017). 이들 문제점의 해소는 결국 후속 사업인 사회맞춤형 산학협력선도대학(LINC+) 육성사업의 목표와 다름이 아닐 것이다.

결국 산학협력에서 대학의 성과와 지속 가능한 변화를 창출하기 위해서는 정부의 장기적 시각에서의 꾸준한 투자와 함께 사업 수행과정에서 대학의 자율성이 보장되어야 하며, 객관적인 자료를 통해 문제점을 상시로 모니터링하고 개선해나가는 전략이 필요하다. 이러한 전략과 원칙은 현재 진행되고 있는 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업에서도 일관성 있게 반영되어야 할 것이다. 사회맞춤형교육, 창업교육 등 다양한 산학연계 교육과정 확산을 통해 현장적응력이 높은 인재를 양성하고 대학별로 특성화된 산업분야를 자체 선정하여 대학의 연구 및 인력개발 역량이 집중될 수 있도록 정책적 지원을 확대하는데는 대학의 자율성 보장과 상시적 모니터링 개선은 필수적이기 때문이다.

참고 문헌

강정화. (2011). 산학협력 활성화를 위한 교육과정에 관한 고찰. 「디지털융복합연구」, 9(3): 261-271.

- 교육부. (2017). 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업 기본계획.
- 권영철. (2001). 국제합작제휴의 파트너십 결정요인과 성과에 관한 실증연구. 「경영저널」, 2(1): 1-23.
- 김경환. (2005). 「대학기술이전조직과 기업의 제도적 환경 및 전략적 자원이 기술이전을 통한 기술사업화에 미치는 영향」. 성균관대학교 박사학위 논문.
- 김봉문. (2013). 「대학교 기업 간 산학협력 성과에 미치는 영향요인 분석」. 성균관대학교 박사학위논문.
- 김철희·이상돈. (2007). 산학협력성과와 대학의 역량 요인의 관계에 관한 연구. 「기술혁신학회지」, 10(2): 629-653.
- 김태운·김태영. (2016). 산학협력선도대학(LINC)사업의 정성적 평가지표에 대한 시론적 고찰. 「기술혁신학회지」, 19(1): 105-136.
- 김한기. (2015). 「산학협력선도대학(LINC) 사업성과의 영향요인 연구」. 한남대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 김홍수. (2013). 산학협력 활성화를 위한 현장밀착형 교과과정 개발에 관한 연구. 「디지털융복합연구」, 11(10): 59-69.
- 남궁문. (2011). 「산학협력 선도대학 육성 사업(LINC) 계획 수립」. 대전: 한국연구재단.
- 류영수·최상욱. (2011). 정부지원 산학협력의 성공요인. 「한국공공관리학보」, 25(4): 25-52.
- 문춘걸. (1998). 자료포락분석 및 그 변형기법을 통한 공공부문의 생산성 측정: 한국 중소도시의 생산성 분석. 「재정포럼」, 22: 67-69.
- 문형진·이희상. (2015). 정부의 재정지원이 산학협력 성과에 미치는 영향: 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업을 중심으로. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 2423-2441.
- 박갑진·김병근·조현정. (2011). 우리나라 대학의 특허 창출과 기술이전 성과에 영향을 주는 요인 연구. 「산업재산권」, 35: 149-198.
- 박노경. (2014). 게임교차효율성모형을 이용한 컨테이너항만의 효율성 및 클러스터링 측정방법 소고. 「한국항만경제학회지」, 30(4): 151-168.
- 박병무. (2009). 지역 산학협력 모델 및 네트워크 구축에 관한 연구. 「동북아 문화연구」, 21: 281-297.
- 박설민. (2012). 지역대학교와 지역산업의 공생발전을 위한 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업. 「지역과 발전」, 9: 46-48.
- 박성호·강영혜·임후남·이정미·엄문영·김본영. (2014). 「데이터 기반 교육정책 분석 연구(III): 지방대학의 교육실태 및 성과 분석」. 서울: 한국교육개발원.
- 배규한. (2011). 대학의 연구역량 강화와 산학협력 활성화 방안 모색. 「사회과학연구」, 23(2): 65-89.
- 배상훈·라은중·홍지인. (2016). 경향점수매칭을 통한 산학협력 선도대학 육성사업 성과분석. 「교육행정학연구」, 34(3): 181-206.
- 손병호·이병현·장지호. (2006). 우리나라 산학협력의 현황과 과제: 국가혁신시스템 관점. 「벤처창업연구」, 1(1): 23-52.
- 양종곤. (2015). 계획행동이론을 적용한 LINC 사업 참여에 관한 연구: 국내 대학생을 중심으로. 「대학경영학회지」, 28(10): 2657-2679.
- 양준모. (2009). 산학협력의 현황과 과제. 「한국경제포럼」, 2(3): 73-85.
- 오동욱. (2006). 산학협력을 통한 기술개발의 필요성 인식에 관한 연구. 「산업혁신연구」, 22(2): 113-134.

- 유금록. (2004). 「공공부문의 능률성 측정과 평가: 프린티어분석의 이론과 적용」. 서울: 대영문화사.
- 유완식. (2009). 대학의 기술이전 및 사업화를 위한 접근방안 고찰: 미국 코넬대학을 중심으로. 「산업재산권」, 30: 185-222.
- 유현숙·최정윤·조영하·김민희·신재철·송선영. (2006). 「고등교육 개혁을 위한 정부의 재정지원사업 평가연구」, 서울: 한국교육개발원.
- 윤경준. (1995). 「지방정부 서비스의 상대적 효율성 측정에 관한 연구: 대도시 보건소에 대한 자료포락분석을 중심으로」, 연세대학교 박사학위논문.
- 이재성. (1987). 지방행정의 생산성과 측정방법에 관한 고찰. 「지방행정연구」, 2(2): 39-53.
- 임의주·김창완·조근태. (2013). 대학 산학협력단의 기술사업화 인적구성과 산학협력 성과. 「한국과학기술정보연구원」, 21(2): 115-136.
- 전인. (2012). 산학협력 중개조직의 역할, 성과 및 한계. 「한국조직학회보」, 9(2): 73-106.
- 전정환·우철완·이상천. (2013). AHP를 이용한 산학협력 성공요인의 기업규모별 중요도 분석. 「산업혁신연구」, 29(1): 49-69.
- 정성훈. (2012). 정부 주도형 지역 산학연 협력에 대한 문제점과 개선 방안. 「한국사지리지학회지」, 22(4): 65-74.
- 조슬아·강기현·강진아. (2011). 교수의 연구역량과 연구비 수혜가 대학스핀오프 기업 형성 속도에 미치는 영향. 「한국과학기술정보연구원」, 19(2): 99-128.
- 조현정. (2015). 대학의 산학협력성과의 영향요인에 대한 실증연구: 특히, 기술이전, 창업성과를 중심으로. 「산업재산권」, 47: 255-290.
- 조현정·전병훈. (2011). 대학의 특성에 따른 산학협력역량과 산학협력성과의 관계에 대한 연구. 「한국실천공학교육학회논문지」, 3(1): 120-127.
- 최경하. (2014). 「대학 창업 성과 결정요인 분석」. 한국기술교육대학교 석사학위논문.
- 한국연구재단. (2012). 2010 대학산학협력백서.
- 한동성. (2009). 「대학 기술이전의 효율성에 관한 연구」. 고려대학교 박사학위논문.
- 한승환·권기석. (2009). 대학의 특성 및 연구비 구조와 산학 성과와의 관계. 「한국행정학보」, 43(3): 307-325.
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.,W. (1984). Models for the estimation of technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30: 1078-1092.
- Cheng, G. (2014). Data envelopment analysis: methods and MaxDEA software.
- Doyle, J.R., and R.H. Green. (1994). Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings, and Uses, *Journal of Operational Research Society*, 45(5): 567-578.
- Farrell, M., (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, 120(3): 253-290.
- Henningsen, A., & Henningsen, M. A. (2017). censReg: Censored Regression (Tobit) Models. R package version 0.5-26. (<https://CRAN.R-project.org/package=censReg>)
- Hlavac, M. (2015). Stargazer: Well-formatted regression and summary statistics tables (R package

- version 5.2).
- Ho, D. E., Imai, K., King, G., & Stuart, E. A. (2011). MatchIt: nonparametric preprocessing for parametric causal inference. *Journal of Statistical Software*, 42(8): 1-28.
- Landry, R., & Amara, N. (1998). The impact of transaction costs on the institutional structuration of collaborative academic research. *Research Policy*, 27(9): 901-913.
- Liang, L., J. Wu, W.D. Cook, and J. Zhu. (2008). The DEA Game Cross-Efficiency Model and Its Nash Equilibrium. *Operations Research*, 56(5): 1278-1288.
- Lindlbauer, I., Schreyögg, J., & Winter, V. (2016). Changes in technical efficiency after quality management certification: A DEA approach using difference-in-difference estimation with genetic matching in the hospital industry. *European Journal of Operational Research*, 250(3): 1026-1036.
- Rosenbaum, P. R. & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 10(1): 41-55.
- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rubin, D. B. (1980). Bias reduction using mahalanobis-metric matching. *Biometrics*, 36(2): 293-298.
- Sekhon, J. S. (2011). Multivariate and propensity score matching software with automated balance optimization: the matching package for R. *Journal of Statistical Software*, 42(7): 1-52.
- Sekhon, J. S., & Grieve, R. D. (2012). A matching method for improving covariate balance in cost-effectiveness analyses. *Health Economics*, 21(6): 695-714.
- Sexton, T. R., R. H. Silkman, and A. J. Hogan. (1986). Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions, in Silkman, R.H. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey-Bass, San Francisco, pp.73-105.
- Siegel, D. S., Waldman, D., & Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy*, 32(1), 27-48.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1): 31-64.
- Thanassoulis, E., Boussofiane, A., and Dyson, R. G. (1996). A Comparison of Data Envelopment Analysis and Ratio Analysis as Tools for Performance Assessment. *Omega: International Journal of Management Science*, 24: 229-244.
- Thursby, J. G., & Thursby, M. C. (2002). Who is selling the ivory tower? Sources of growth in university licensing. *Management Science*, 48(1), 90-104.

Is Government Financial Support for Industry–university Cooperation Effective?: Analysis of Changes in Efficiency of University after LINC Program using Game–Cross Efficiency model and Genetic Matching Approach

Moon, Kwangmin

This study began with the question "Is the LINC upbringing project effective as a government - funded project for university - industry cooperation with universities?". In order to answer these research questions, we set the analysis period of five years from 2011 to 2015 and applied the game cross - efficiency model to measure the efficiency of industry - academia cooperation in 148 universities. As a next step to examine the effectiveness of the LINC project, the LINC project college was set as the treatment group and the genetic matching method was used to establish the control group with homogeneity. In order to determine whether there is a difference in efficiency depending on whether or not the business is conducted before and after the LINC project and the business 1 (2012-2013) and business 2 (2014-2015) Model analysis. As a result, it can be seen that the efficiency of industry-university cooperation improved on the average by the implementation of the LINC Phase 1 project, but the LINC project 2 improved the average efficiency of industry-university cooperation compared to the first phase of the project but it was statistically significant There was no. Based on the limited results of the LINC project, the policy implications related to the industry - university cooperation policy including the LINC project are presented.

[Key Words: Leaders in INdustry-university Cooperation(LINC), industry-university Cooperation efficiency, game-cross efficiency model, genetic matching approach, difference-in-differences analysis]