

지역R&D의 지식창출 및 가치창출 효율성 분석

Regional R&D efficiency of knowledge and value creation in Korea

민수진(Sujin Min)*, 김주성(Juseong Kim)**

목 차

I. 서론	IV. 분석 결과
II. 이론적 배경	V. 결론
III. 연구 설계	

논문 요약

세계경제가 범국가적 경쟁에 접어면서 과거보다 지역R&D의 중요성이 강조되고 있다. 국내에서도 지역R&D의 경쟁력 향상을 통해 지역불균형 문제를 해소하고 지역경제발전을 이루고자 하는 노력이 지속되어 왔다. 이러한 문제인식을 바탕으로, 그동안 지역R&D의 효율성을 분석하고 개선점을 도출하기 위한 여러 정책적·학술적 노력이 있어왔다. 본 연구는 지역R&D 효율성을 지식창출과 가치창출의 두 가지 측면에서 진단하고 정책적 시사점을 도출하려는 목적에서 15개 국내 지역의 통계자료를 대상으로 자료포락분석(DEA)을 실시하였다.

본 연구에서 효율성 분석을 위해 사용한 R&D투입과 산출요소의 분포를 살펴본 결과 대부분 수도권과 대전에 양적으로 편중되어 있었다. DEA모형을 분석한 결과, 지식창출 부문의 효율성 점수는 평균 0.869 수준으로 나타났으며, 서울, 대구, 광주, 대전, 강원, 전남, 경북 지역이 효율적이었다. 반면 경남 지역은 0.630으로 지식창출에 있어 가장 비효율이 큰 지역이었다. 가치창출 부문의 효율성 점수는 평균 0.677 수준이며 지식창출보다 지역 간 점수 편차가 컸다. 광주, 대전, 울산, 강원 지역이 효율적인 것으로 나타난 반면 경기 지역은 0.198으로 가장 비효율적이었다. 종합하여 비교하면 광주, 대전, 강원 지역만 지식창출과 가치창출이 모두 1,000점으로 효율적이었고 이를 제외한 지역들은 효율성 개선이 필요하였다. 본 연구는 지역R&D 효율성의 개선방향에 대한 시사점을 제시함으로써 지역발전 정책수립에 도움이 될 것으로 기대된다. 그러나 특정 시점에 한정되어 효율성을 분석하였으므로 생산성 변화에 대한 추가적인 분석과 분석자료에 대한 보완이 필요하다.

Keyword : 지역R&D, DEA, R&D효율성, 지식창출, 가치창출

* 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 박사수료, 1저자, sjmin@etri.re.kr, 042-860-0727

** 한국전자통신연구원 책임연구원, 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 교수, 교신저자, juskim@etri.re.kr, 042-860-5301

I. 서론

세계화가 진행됨에 따라 경제활동과 경쟁의 범위가 전 세계적으로 확대되고 있다. 지역R&D가 지역경제 성장과 발전의 주요 원동력으로 주목받으면서 국내에서도 최근 약 10년간 자료포락분석(DEA)과 이를 응용한 다양한 동태적 기법들을 이용하여 지역R&D의 효율성을 분석하고자 하는 다양한 학술적 시도들이 있어왔다. 지역 수준에서 정부R&D 효율성을 분석하는 접근방법은 지역마다 서로 다른 경제발전 및 자원 보유 수준, R&D투자·인력·기관 등의 지역혁신 하부구조를 고려한 정책적 시사점을 제공할 수 있다. 그러나 대부분의 선행연구들은 지적 산출물과 경제적 산출물을 동시에 분석하거나, 지적 산출물만을 분석하였다. 이러한 접근방법은 서로 다른 성격의 산출요소를 동일한 모델로 분석하여 단일한 R&D효율성을 판단할 수 있다는 점에서 장점이 있는 반면, 지식의 창출부터 활용까지 이어지는 지역R&D 프로세스의 흐름을 고려하기 어렵다는 점에서는 한계가 있다고 볼 수 있다.

본 연구는 지역R&D 효율성을 지식창출 효율성과 가치창출 효율성으로 구분하여 분석함으로써 지역R&D 프로세스의 흐름을 고려한 정책수립에 기여할 수 있는 시사점을 도출하고자 한다. 이에 따라 서로 다른 성격의 R&D 산출요소를 하나의 모델로 분석한 기존 연구보다 구체적인 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2장에서는 연구모형과 DEA의 이론적 배경을 설명하고, 3장에서는 연구모형의 설계와 분석에 사용된 자료에 대해 설명하고자 한다. 4장에서는 지역별 분석변수의 기술통계와 효율성 분석 결과를 제시한 후 각 지역별로 지식의 창출과 활용의 두 가지 효율성 수준을 비교함으로써 분석 결과를 정리하였다. 5장에서는 본 연구의 결론과 한계점을 논의하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 지역R&D 효율성에 관한 선행연구

세계경제가 범국가적 경쟁에 접어들고 정책환경이 변화함에 따라 지역혁신체제와 지역R&D의 중요성이 과거보다 강조되고 있다. 우리나라에서는 1960년대 이후 지역 간 불균형이 꾸준히 관심을 받아왔으며, 역대 정부는 이를 해결하기 위한 다양한 국가균형발전 정책을 시도해왔다. 국가균형성장의 필요성 인식을 바탕으로, 그동안 지역R&D의 효율성을 분석하고 정책적 시사점을 도출하기 위한 여러 정책적·학술적 노력이 있어왔다.

행정구역을 기준으로 국내 전국 시·도의 지역연구개발 효율성을 분석한 이병철(2008)과 정혜진·방민석(2010), Han·Asmild·Kunc(2016)은 연구개발비 혹은 연구인력 수 등의 투입요소와 특허 또는 논문과 같은 지적 산출요소를 선정하여 DEA모형을 구축하였다. 한편 이광배·모수원(2013)과 이민희 외(2012)는 산출요소를 특허와 같은 지적 산출요소에 지역내총생산(GRDP)을 추가하여 경제적 산출요소까지 함께 고려하였다.

더불어 지역산업기술개발사업의 효율성을 분석함으로써 지역차원의 R&D정책에 기여하고자 하는 목적의 연구들이 있었다. 박정희·문종범(2010)와 소순후(2011), 이상현·김상영·이상준(2011)의 연구에서는 DEA 모형의 투입요소로 연구개발비, 연구개발 기간 등을 선정하였고 산출요소로는 특허·논문과 같은 지적 산출요소와 매출액, 고용창출 등과 같은 경제적 산출요소를 함께 구성하였다. 이 외에도 구훈영·민대기·이재호(2016)는 지역혁신기관의 지역산업 활성화 효율성과 재정적 효율성을 평가하고 비교함으로써 지역혁신체제의 혁신활동을 분석했다는 점에서 지역R&D분석과 맥락을 같이하고 있다.

본 연구는 위와 같은 선행연구를 검토한 결과 다음과 같은 연구문제를 도출하였다. R&D 프로세스의 중간 결과물로서의 ‘지적 산출물’과 최종 결과물로서의 ‘경제적 산출물’은 서로 다른 성격과 산출과정을 거치므로 구분하여 분석할 수 있다. 대부분의 선행연구들은 DEA 모델이 측정단위가 다른 다수의 산출요소를 함께 고려할 수 있기 때문에 지적 산출물과 경제적 산출물을 측정하는 대리변수(proxy)를 동일한 모델에 포함시키거나, 지적 산출물만을 산출요소로서 고려하였다. 이러한 접근 방법은 서로 다른 성격의 산출요소를 모두 고려하여 R&D 효율성을 판단할 수 있다는 점에서 장점이 있는 반면, 지역R&D 프로세스의 흐름을 고려하기 어렵다. 지역R&D 프로세스는 지식의 창출과 상용화를 통한 가치창출로 이루어져 있다(Chen·Guan, 2012). 지식창출 프로세스는 R&D활동의 직접적인 결과물을 산출한다. R&D활동을 통해 창출된 지식은 상용화 프로세스를 거쳐 간접적인 결과물인 금전적인 가치로 변환된다.

2. 지역R&D 효율성의 측정

본 연구는 DEA를 이용하여 지역R&D의 효율성을 분석하였다. DEA는 다수의 투입요소와 다수의 산출요소를 고려하여 의사결정주체(DMU; Decision Making Unit) 간의 상대적 효율성을 평가하는 비모수적 선형계획분석 방법이다. 본 연구의 분석과 관련된 DEA 모형을 구분하는 주요한 개념은 다음과 같다.

첫째, 생산가능집합에 대하여 불변규모수익(CRS; Constant Returns to Scale) 또는 가변규모수익(VRS; Variable Returns to Scale)을 가정할 수 있다. CRS란 모든 투입을 1% 증가시킬 때 모든 산출이 1% 증가한다는 것을 의미한다. CRS가 만족되지 않는다는 것은, 규모의 경제성(IRS; Increasing Returns to Scale) 또는 규모의

불경제성(DRS; Decreasing Returns to Scale)이 존재한다는 것을 의미한다. IRS 상태라면 모든 투입을 1% 증가시킬 때 모든 산출이 1% 이상 증가하므로 투입 규모를 확대함으로써 효율성을 개선할 수 있다. 반면 DRS 상태라면 모든 투입을 1% 증가시킬 때 모든 산출이 1% 이하로 증가하므로 투입규모를 축소함으로써 효율성을 개선할 수 있다.

둘째, 최적해를 구하는 지향성이 투입중심(input-oriented)인가 산출중심(output-oriented)인가의 여부이다. 투입기준 모델에서는 산출의 수준을 고정시킨 채 투입을 최대한 줄일 수 있는 효율성이 분석되며, 산출기준 모델에서는 투입의 수준을 고정시킨 채 산출을 최대한 늘릴 수 있는 효율성을 계산한다. 본 연구에서는 투입기준 모델을 채택한다. 본 연구에서 투입기준 모형을 사용한 이유는 R&D수행주체의 관점에서 산출보다는 투입이 상대적으로 통제가능한 요소이기 때문이다.

DEA의 가장 기본적인 모델은 Charnes·Cooper·Rhodes(1978)가 제시한 CCR모형이며, 이들은 다양한 투입 및 산출요소를 고려하여 상대적 효율성을 측정하기 위한 분석모형을 제시하였다. 투입기준 CCR 기본모형은 CRS를 만족하는 생산가능집합에서 투입을 최소화하는 목적함수를 가진다. 투입요소를 $(M \times 1)$ 차원의 행벡터로서 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R_+^M$ 이라 하고, 산출요소를 $(N \times 1)$ 차원의 행벡터로서 $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in R_+^N$ 라 하자. J 개의 관측치가 있다고 할 때, k 번째 관측치의 효율성은 투입요소를 최대한 줄일 수 있는 비율로서 표현되며, 이를 원형모형의 수식으로 제시하면 식 (1)와 같다.

$$\begin{aligned} \theta^{k*} &= \min_{\theta, \lambda} \theta^k \\ \text{s.t.} \\ \theta^k x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M); \\ y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N); \\ \lambda^j &\geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J) \end{aligned} \quad (1)$$

제약식의 부등호들은 k 번째 관측치가 투입을 줄인다고 하더라도, 여전히 생산가능집합에 포함되어 있어야 한다는 것을 나타낸다. λ^j 는 투입요소에 대한 가중치를 의미한다. 이 때 θ^{k*} 는 0과 1 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 효율적이라는 것을 의미한다. $\theta^{k*}=1$ 인 관측치인 경우 추가적으로 투입요소를 줄일 수 없는 경우와 있는 경우가 있다. 전자는 강효율적(strongly efficient)인 관측치로, 더 이상 효율을 개선할 수 있는 여지가 없는 파레토 효율(Pareto efficient) 상태에 있다. 후자는 약효율적(weakly efficient)인 관측치로, 강효율적인 점과 비교하여 추가적으로 투입과 산출을 조정할 수 있는 여유분 값이 존재한다. 여유분들의 합의 최대치를 구하는 목적함수는 식 (2)과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \left(\sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \\
 & \text{s.t.} \\
 & \theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m=1, 2, \dots, M); \\
 & y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^+ \quad (n=1, 2, \dots, N); \\
 & \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J); \\
 & s_m^- \geq 0 \quad (m=1, 2, \dots, M); \\
 & s_n^+ \geq 0 \quad (n=1, 2, \dots, N)
 \end{aligned} \tag{2}$$

그러나 CCR모형은 투입의 확대에 정비례하여 산출이 확대된다는 CRS를 가정하며, 효율성 값에서 규모경제의 효과와 기술적 효과가 결합된 형태로 계산된다는 한계가 있다. Banker·Charnes·Cooper(1984)가 발전시킨 BCC모형은 CRS 가정을 완화한 VRS를 가정하며, 규모의 효율성과 기술효율성을 구분한다. 따라서 BCC모형의 효율성 값은 규모의 효과를 배제한 순수한 기술효율성을 나타낸다. VRS를 가정하는 생산가능집합에 대한 투입기준 원형모형은 식 (3)와 같다. BCC모형에서는 $\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$ 이라는 제약이 추가된다.

$$\begin{aligned}
 & \theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^k \\
 & \text{s.t.} \\
 & \theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m=1, 2, \dots, M); \\
 & y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n=1, 2, \dots, N); \\
 & \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1; \\
 & \lambda^j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, J)
 \end{aligned} \tag{3}$$

CCR모형의 효율성은 규모효율성의 영향을 받으며, CRS효율성과 규모효율성을 분해한 것이 BCC모형에서 구하는 효율성이다(Banker 외, 1984). 이러한 이유로 CCR모형에서 구한 효율성을 전체기술효율(OTE, overall technical efficiency)이라고 부르는 반면, BCC모형에서 구한 효율성을 순수기술효율(PTE, pure technical efficiency)라고 부른다. 규모효율은 해당 관측치가 얼마나 규모의 경제성에 접근하였는지를 측정한다. 규모효율은 식 (4)와 같이 CRS를 가정하는 CCR모형의 전체 기술효율성을 VRS를 가정하는 BCC모형의 순수기술효율성으로 나누어 측정된다. 규모의 효율성 척도인 SE^k 는 1보다 작고 0보다 크다. k번째 DMU의 SE가 1이면 불변규모인 CRS 상태이며, 규모의 비효율이 존재하지 않는다. $SE < 1$ 이면, k번째 DMU는 VRS 상태로 규정되며, IRS 또는 DRS 상태에 있다는 것을 의미한다.

$$SE^k = \frac{\theta^{k*}(CRS)}{\theta^{k*}(VRS)} \quad (4)$$

특정 DMU가 CRS 상태가 아닌 경우, 규모의 경제성을 보이는지 또는 규모의 불경제성을 보이는지 파악하기 위해서는 해당 DMU의 참조집합 가중치(λ)의 합을 이용할 수 있다. j 개의 DMU가 있다고 할 때, CCR모형에서 k 번째 관측치가 규모의 경제성(IRS; increasing returns to scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^j \lambda^j < 1$, 불변규모수익(CRS; constant returns to scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^j \lambda^j = 1$, 규모의 불경제성(DRS; decreasing returns to scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^j \lambda^j > 1$ 이다.

III. 연구 설계

1. 분석대상

본 연구는 전국 17개 시·도 중 GRDP 자료가 아직 집계되지 않는 세종과, 관광업이 발달한 제주를 제외하고 15개 시·도 지역을 대상으로 분석을 진행하였다. 제주의 경우 관광산업이 크게 발달한 지역이므로 다른 지역과 R&D효율성을 비교하는 것이 어렵다는 판단 하에 분석과정에서 배제하였다(Han 외, 2016).

2. 변수선정

지역R&D의 지식창출 효율성과 가치창출 효율성을 추정하기 위해 3개의 투입요소와 2개의 지적 산출요소, 3개의 경제적 산출요소를 사용하였다. 연구모형에 사용된 투입 및 산출변수의 구조와 자료의 기준연도 및 출처는 <표 1>과 같다.

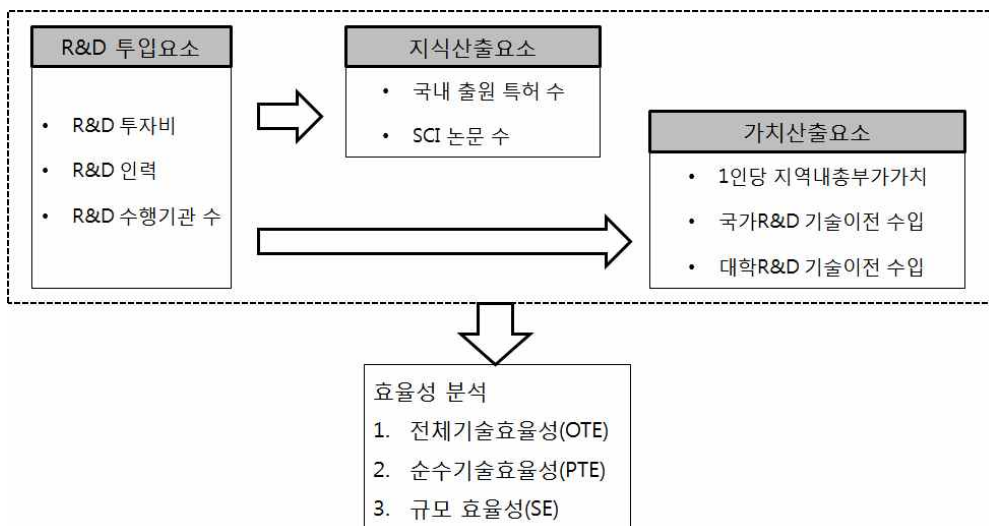
R&D는 시간이 소요되는 프로세스이므로, 시차(time lag)에 대한 가정이 필요하다. 그러나 R&D의 투입과 산출 사이에 어느 정도의 시차가 가장 적절하다는 합의는 없다(Wang·Huang, 2007). 본 연구는 지식창출 효율성의 투입과 산출 사이에 1년의 시차를 두고, 지적 산출물을 활용하여 경제적 성과를 얻는 가치창출 효율성의 투입과 산출 사이에는 2년의 시차를 두었다. 이에 따라 R&D투입요소는 2013년, 지식창출 산출요소는 2014년, 가치창출 산출요소는 2015년 자료를 분석에 사용하였다.

<표 1> 연구모형에 사용된 투입 및 산출요소의 측정변수

구분	기준연도	변수	자료 출처
R&D 투입요소	2013	R&D 투자비	국가통계포털(KOSIS) 연구개발활동조사
		R&D 인력	
		R&D 수행기관 수	
지적 산출요소	2014	국내 출원 특허 수	특허청 지식재산권통계연보
		SCI 논문 수	한국과학기술기획평가원(KISTEP) 지역 과학기술혁신역량 평가 보고서
경제적 산출요소	2015	1인당 지역내총부가가치	국가통계포털(KOSIS) 지역소득통계
		국가연구개발 기술이전 수입	국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 국가연구개발사업 조사분석
		대학 기술이전 수입	교육부 정보공시 통계(대학 알리미)

3. 분석절차

본 연구는 먼저 기초자료 분석을 통해 지역별로 투입 및 산출변수의 분포를 살펴본 후 Excel과 DEAFrontier 소프트웨어를 이용하여 DEA 분석을 실시하였다. 우선 기본모형인 투입기준 CCR모형을 분석함으로써 지역별 지식창출 및 가치창출의 전체기술효율성(OTE)을 추정하고 벤치마킹 정보를 도출하였으며, 추가적으로 여유분을 계산하여 각 지역의 효율성 개선 방안을 도출하였다. 다음으로 투입기준 BCC모형을 분석하여 순수기술효율(PTE)을 계산하였다. 이어 앞서 분석된 결과들을 바탕으로 각 지역의 규모효율성을 분석하였다. 본 연구의 연구모형과 분석절차는 (그림 1)에 나타난 바와 같다.



(그림 1) 연구모형

IV. 분석 결과

1. 기초자료 분석

분석에 앞서 지역R&D 효율성을 계산하기 위해 선정된 투입 및 산출요소의 기술 통계량을 분석하고 <표 2>에 제시하였다. 기초통계를 살펴본 결과, R&D투입요소 지표에서 표준편차가 평균을 크게 넘어 지역 간 편차가 심한 편이었다. 지식산출요소 또한 평균보다 표준편차가 크게 나타났다. 가치산출요소의 경우 1인당 GRDP의 최댓값은 울산, 국가연구개발 기술이전 수입의 최댓값은 대전, 대학 기술이전 수입의 최댓값은 서울인 것으로 나타났다.

<표 2> 투입 및 산출요소의 기술통계 분석 결과

구분	측정지표	기준연도	합계	평균	표준편차	최솟값		최댓값	
R&D 투입요소	R&D 투자비(억원)	2013	589,816	39,321	67,773	3,565	강원	273,095	경기
	R&D 인력(명)	2013	564,856	37,657	50,430	6,832	전남	179,708	경기
	R&D 수행기관 수(개)	2013	27,407	1,827	2,521	311	울산	9,169	경기
지식 산출요소	국내 출원 특허(건)	2014	160,649	10,710	15,502	326	울산	50,468	경기
	SCI 논문(건)	2014	45,706	3,047	4,495	344	전남	18,954	서울
가치 산출요소	1인당 GRDP(천원)	2015	31,408 (평균)	31,408	10,540	19,795	대구	59,872	울산
	국가연구개발 기술이전 수입(억원)	2015	3,131	209	296	14	전남	916	대전
	대학 기술이전 수입(억원)	2015	685	46	72	6	전남	310	서울

국내 지역별 투입 및 산출 자료를 <표 3>에 제시하였다. R&D투입을 살펴본 결과, R&D투자비의 경우 경기도가 27조 3,095억원으로 국내 전체 R&D의 46.3%를 차지하였고 그 다음으로 서울이 10조 7,027억원(18.1%), 대전이 5조 9,401억원(10.1%)으로 많았다. R&D 인력은 수도권에 집중되어 있는 양상을 보였다. 지역 내 R&D인력은 경기도가 17만 9,708명(31.8%)으로 가장 많았으며, 다음으로 서울이 14만 7,228명(26.1%), 대전이 4만 2,076명(7.4%) 순이었다. R&D수행기관의 분포 역시 수도권에 집중되어 있다. 2013년 기준으로 지역 내 R&D 수행기관의 수는 경기도가 9,169개 기관(33.5%), 서울이 7,069개 기관(25.8%), 대전 1,548개 기관(5.6%) 순이었다.

다음으로 지역R&D의 지식산출의 분포를 살펴보았다. 국내출원 특허의 경우 경기도가 5만 468개(31.4%)로 전국에서 가장 많은 지식재산을 출원하였고, 서울이 4만 8,969개(30.5%)로 비슷한 수준을 유지하였다. 그러나 3위인 대전이 1만 1,118개

(6.9%)를 출원하면서 수도권과 비수도권의 격차가 크게 나타났다. SCI논문의 분포를 살펴본 결과, 서울이 18,954건(41.5%)으로 절대적인 1위를 점하였고, 경기도가 6,047건(13.2%), 대전이 4,665건(10.2%) 순이었다.

마지막으로, 지역별 R&D 가치산출요소의 분포를 살펴보았다. 2015년 1인당 지역 내총부가가치의 경우 울산이 5,987만 2천원으로 가장 높았으며, 이는 전국 평균인 3140만 8천원보다 2,846만 4천원 높은 수준이다. 국가연구개발 기술이전 수입은 주로 공공연구개발이 집중적으로 수행되는 대전과 수도권에 집중되어 있었다. 구체적으로 살펴보면 대전이 916억원으로 가장 많았고, 뒤이어 서울 767억원, 경기 693억원 순이었다. 대학 기술이전 수입은 서울이 독주하는 양상을 띠고 있으며, 2015년도의 국내 전체 대학 기술이전 수입 중 45.2%가 서울에 집중되어 있었다.

<표 3> 국내 지역별 지식창출 및 가치창출 효율성 분석의 투입 및 산출 자료

지역	R&D 투입요소			지식산출요소		가치산출요소		
	R&D 투자비 (억원)	R&D 인력 (명)	R&D 기관 (개)	특허 (건)	논문 (건)	1인GRDP (천원)	국가 기술료 (억원)	대학 기술료 (억원)
서울	10,702,663	147,228	7,069	48,969	18,954	34,646	767	310
부산	965,470	21,162	1,001	5,337	2,258	22,663	76	36
대구	821,246	13,287	969	4,470	1,656	19,795	75	25
인천	2,132,828	22,370	1,548	6,438	1,325	26,250	108	14
광주	593,698	11,813	579	2,612	1,598	21,593	67	42
대전	5,940,087	42,076	1,081	11,118	4,665	22,084	916	46
울산	740,508	8,620	311	326	739	59,872	46	13
경기	27,309,456	179,708	9,169	50,468	6,047	28,403	693	50
강원	356,524	9,277	375	2,441	1,137	26,088	22	18
충북	1,059,810	16,868	971	3,226	921	32,990	41	17
충남	2,628,163	24,425	1,142	6,473	1,100	48,733	83	23
전북	875,085	13,385	603	3,501	1,361	24,871	18	21
전남	645,637	6,832	381	2,533	344	36,433	14	6
경북	2,135,540	22,616	933	7,235	2,112	35,473	105	53
경남	2,074,905	25,189	1,275	5,502	1,489	31,228	100	11

2. 지역별 지식창출 효율성 분석

본 연구는 R&D산출물을 지식(knowledge)의 창출과 가치(value)의 창출이라는 두 가지 측면으로 구분하여 연구모형을 분석하였다. 지식창출효율성 모형은 3개의 투입변수와 2개의 산출변수로 구성되었다. 지식창출 프로세스의 전체기술효율성(OTE)과 벤치마킹 정보, 여유분을 분석한 결과를 <표 4>에 제시하였다.

CCR모형을 이용하여 지역별로 지식창출의 OTE를 분석한 결과 평균 0.869 수준으로 나타났다. 전체 15개 지역 중 46.7%인 7개 지역이 추가적으로 투입요소를 줄일 여유분이 없는 강효율적인 상태로 평가되었다. OTE 점수가 1.000로 나타난 지역은 서울, 대구, 광주, 대전, 강원, 전남, 경북이며 일반적인 DEA 모형에서는 다수의 강효율적인 DMU들이 있을 때 이들 간의 우열을 가릴 수는 없다. 반면 충북(OTE=0.591)과 경남(OTE=0.630) 지역은 효율성 점수가 0.700점 이하의 수준에 그치면서 전국에서 가장 비효율적인 것으로 나타났으며, 두 지역 모두 논문 실적을 추가적으로 증가시킴으로써 효율성을 개선할 여지가 있는 것으로 나타났다. 여유분 수준을 분석한 결과, R&D수행기관의 감축이 필요한 지역은 인천이었다. 또한 R&D 투자비가 과다투입된 지역은 경기, 충남, 인천 순으로 나타났다.

<표 4> 지역별 지식창출 전체기술효율성(OTE) 분석결과(CCR모형 기준)

DMU	OTE	참조집합 (λ)	여유분				
			인력	기관수	투자비	특허	논문
서울	1.000	서울 (1.000)	-	-	-	-	-
부산	0.892	서울 (0.010), 대구 (0.275), 강원 (1.483)	-	-	-	-	72.316
대구	1.000	대구 (1.000)	-	-	-	-	-
인천	0.800	대구 (0.430), 전남 (1.783)	-	142.388	2,016.922	-	-
광주	1.000	광주 (1.000)	-	-	-	-	-
대전	1.000	대전 (1.000)	-	-	-	-	-
울산	0.711	광주 (0.124), 대전 (0.063), 강원 (0.216)	-	-	-	1228.624	-
경기	0.793	전남 (14.039), 경북 (2.060)	-	-	81,928.737	-	3,133.987
강원	1.000	강원 (1.000)	-	-	-	-	-
충북	0.591	서울 (0.028), 대구 (0.322), 강원 (0.163)	-	-	-	-	335.037
충남	0.781	전남 (1.059), 경북 (0.524)	-	-	2,508.909	-	370.865
전북	0.841	서울 (0.046), 강원 (0.348), 경북 (0.058)	-	-	-	-	21.296
전남	1.000	전남 (1.000)	-	-	-	-	-
경북	1.000	경북 (1.000)	-	-	-	-	-
경남	0.630	서울 (0.060), 전남 (0.897), 경북 (0.041)	-	-	-	-	41.573

다음으로 지식창출의 지역별 순수기술효율성(PTE)과 규모효율성(SE), 규모수익상태(RTS; return to scale)를 <표 5>에 제시하였다. 투입기준 BCC모형을 분석하여 순수기술효율성(PTE)을 분석한 결과 평균 0.915로 나타났다. 전체 15개 지역 중 66.7%인 10개 지역이 강효율적인 상태로 평가되었다. PTE 점수가 1.000로 나타난

지역은 서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 전남, 경북이었다. 반면 충북(PTE=0.595)은 CCR모형과 마찬가지로 BCC모형에서도 가장 비효율적인 DMU로 평가되었으며, 그 다음으로 경남(PTE=0.630), 충남(PTE=0.791) 지역 순으로 비효율성이 높게 나타났다.

마지막으로, 지역별 지식창출 프로세스의 규모효율성을 살펴보았다. 분석 결과, 울산(SE=0.711), 경기(SE=0.793) 등의 지역에서 규모의 비효율이 나타났다. 이 중 DRS 상태에 있어 R&D투입 규모를 감소시킴으로써 효율성을 개선할 수 있는 지역은 부산, 인천, 경기, 충남이었고, IRS 상태에 있어 R&D투입규모를 증가시킴으로써 효율성을 개선할 수 있는 지역은 울산, 충북, 전북, 경남 지역이었다.

<표 5> 지역별 지식창출의 규모효율성(SE) 및 규모수익상태(RTS) 분석결과

DMU	OTE	PTE	SE	CCR모형의 $\sum_{j=1}^J \lambda_{DMU_j}$	RTS
서울	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
부산	0.892	1.000	0.892	1.768	Decreasing
대구	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
인천	0.800	0.833	0.960	2.213	Decreasing
광주	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
대전	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
울산	0.711	1.000	0.711	0.403	Increasing
경기	0.793	1.000	0.793	16.100	Decreasing
강원	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
충북	0.591	0.595	0.993	0.513	Increasing
충남	0.781	0.791	0.988	1.583	Decreasing
전북	0.841	0.882	0.953	0.451	Increasing
전남	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
경북	1.000	1.000	1.000	1.000	Constant
경남	0.630	0.630	1.000	0.998	Increasing

3. 지역별 가치창출 효율성 분석

R&D 가치창출 효율성을 평가하기 위한 DEA 모형은 3개의 투입변수와 3개의 산출변수로 구성하고 분석한 결과를 <표 6>에 제시하였다. 지역별 가치창출의 OTE를 분석한 결과 평균 0.677로 나타났다. 분석결과 효율상태로 분석된 지역은 광주, 대전, 울산, 강원으로 나타났다. 한편 가장 비효율적으로 평가된 지역은 경기(OTE=0.198)로 분석되었다.

지역별로 가치창출 프로세스의 효율성 개선 방안을 도출하기 위해 여유분을 분석하였다. R&D인력을 추가적으로 줄일 수 있는 지역은 부산, 대구, 인천, 충북, 경북, 경남이었다.. R&D 수행기관 수를 감축할 수 있는 지역은 서울, 부산, 대구, 인천, 경기, 충북, 충남, 전북, 전남, 경남이었으며, R&D 투자비를 절약할 수 있는 지역은

서울, 경기, 충남, 전북, 전남, 경북이었다.

<표 6> 지역별 가치창출 전체기술효율성(OTE) 분석결과(CCR모형 기준)

DMU	OTE	참조집합 (λ)	여유분					
			인력	기관수	투자비	지역 내 부가가치	기술료_정부	기술료_대학
서울	0.656	광주 (7.023), 대전 (0.324)	-	221.025	9,288.692	124,150.249	-	-
부산	0.680	광주 (0.810), 대전 (0.020), 울산 (0.079)	3,316.180	166.115	-	-	-	-
대구	0.763	광주 (0.522), 대전 (0.037), 울산 (0.129)	1,291.302	356.512	-	-	-	-
인천	0.412	광주 (0.129), 대전 (0.090), 울산 (0.359)	805.357	354.450	-	-	-	-
광주	1.000	광주 (1.000)	-	-	-	-	-	-
대전	1.000	대전 (1.000)	-	-	-	-	-	-
울산	1.000	울산 (1.000)	-	-	-	-	-	-
경기	0.198	광주 (0.369), 대전 (0.726), 울산 (0.074)	-	791.859	8,146.503	-	-	-
강원	1.000	강원 (1.000)	-	-	-	-	-	-
충북	0.480	광주 (0.248), 대전 (0.003), 울산 (0.460)	1,052.617	175.578	-	-	-	-
충남	0.446	광주 (0.291), 대전 (0.034), 울산 (0.696)	-	86.774	2,787.922	-	-	-
전북	0.529	광주 (0.403), 울산 (0.270)	-	2.036	241.328	-	21.411	-
전남	0.768	울산 (0.609)	-	103.272	450.900	-	13.992	2.519
경북	0.809	광주 (1.181), 대전 (0.020), 울산 (0.159)	2,130.219	-	7,891.060	-	-	-
경남	0.417	광주 (0.026), 대전 (0.083), 울산 (0.481)	2,551.730	277.115	-	-	-	-

다음으로 가치창출의 지역별 순수기술효율성(PTE)과 규모효율성(SE), 규모수익상태를 <표 7>에 제시하였다. BCC모형을 이용하여 지역별 가치창출의 PTE를 분석한 결과, 평균 0.760으로 나타났다. BCC모형 분석결과 전체 15개 지역의 46.7%인 7개 지역이 강효율적인 상태로 평가되었다. 효율적인 지역은 서울, 광주, 대전, 울산, 강원, 전남, 경북이었다. 한편 가장 비효율적이었던 지역은 경기(PTE=0.210)였으며, R&D수행 기관수와 투자비를 감소함으로써 효율성을 개선할 수 있는 것으로 분석되었다.

가치창출의 CCR모형과 BCC모형의 분석결과를 이용하여 규모효율을 계산하고, 각 DMU의 규모수익상태를 평가하였다. 분석결과, 가치창출 프로세스의 규모가 효

효율적인 지역은 광주, 대전, 울산, 강원이었고 그 외 지역은 규모비효율성이 존재하는 것으로 분석되었다. 특히 서울(SE=0.) 지역의 가치창출 규모는 전국에서 가장 비효율적인 것으로 나타났으며, 규모수익상태가 DRS로 나타나 R&D투입요소 대비 가치산출요소의 양이 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 서울 지역 외에 규모수익이 DRS 상태에 있어 R&D투입규모를 감소시킴으로써 효율성을 개선할 수 있는 지역은 경기, 충남, 경북이었고, IRS 상태에 있어 R&D투입규모를 증대시킴으로써 효율성을 개선할 수 있는 지역은 부산, 대구, 인천, 충북, 전북, 전남, 경남이었다.

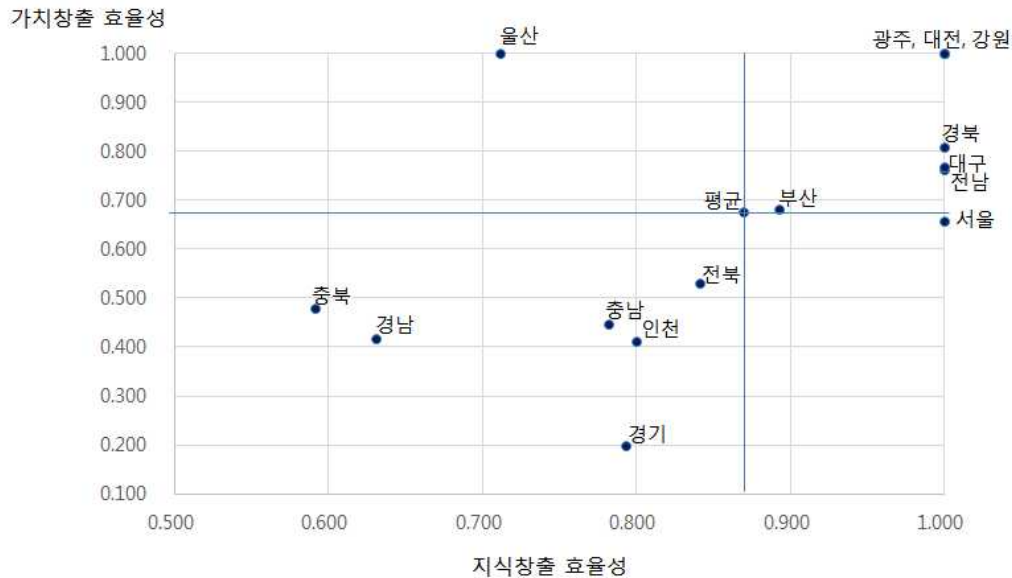
<표 7> 지역별 가치창출의 규모효율성(SE) 및 규모수익상태(RTS) 분석결과

DMU	OTE	PTE	SE	CCR모형의 $\sum_{j=1}^J \lambda_{DMU_j}$	RTS
서울	0.656	1.000	0.656	7.347	DRS
부산	0.680	0.682	0.998	0.909	IRS
대구	0.763	0.851	0.896	0.688	IRS
인천	0.412	0.503	0.820	0.578	IRS
광주	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS
대전	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS
울산	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS
경기	0.198	0.210	0.944	1.168	DRS
강원	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS
충북	0.480	0.550	0.873	0.712	IRS
충남	0.446	0.457	0.975	1.022	DRS
전북	0.529	0.689	0.769	0.673	IRS
전남	0.768	1.000	0.768	0.609	IRS
경북	0.809	1.000	0.809	1.360	DRS
경남	0.417	0.455	0.916	0.591	IRS

4. 지역별 지식창출 효율성과 가치창출 효율성 수준 비교

분석 결과를 바탕으로 정책적 시사점을 도출하기 위해 각 지역을 (그림 2)에 비교하였다. 전체 지역의 지식 및 가치창출 OTE 점수의 평균을 기준으로 구분하였을 때, 평균보다 효율적인 지역, 가치창출은 비효율적이지만 지식창출은 효율적인 지역, 지식창출은 비효율적이지만 가치창출은 효율적인 지역, 평균보다 비효율적인 지역으로 구분이 가능하다. 우선 1사분면에 위치한 지역의 경우 R&D활동으로 인한 지식과 가치창출이 전국 평균 이상으로 효율적으로 이루어지고 있는 상태로 진단할 수 있으며, 특히 광주, 대전, 강원 지역은 15개 지역 중 지식과 가치의 창출 프로세스가 가장 효율적인 지역이었다. 2사분면에는 울산이 유일하게 위치하고 있으며, 논

문과 특허 등 지식의 창출에는 비효율이 존재하나 부가가치 창출이 효율적인 것으로 분석되었다. 3사분면에는 6개 지역이 분포하고 있다. 이 중 지식창출이 가장 비효율적인 지역은 충북, 가치창출이 가장 비효율적인 지역은 경기였다. 4사분면의 경우 유일하게 서울지역만 위치하였다. 가치창출 효율성이 전체 평균보다 근소하게 낮아 4사분면으로 분류되었으나, 지식창출 프로세스는 효율적이었다.



(그림 2) 지역별 지식창출 효율성과 가치창출의 효율성 수준 비교

지역별 비교결과를 살펴보면 대부분의 지역이 1사분면(5개 지역)이나 3사분면(6개 지역)에 위치하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 지식창출 효율성과 가치창출 효율성 사이에 어느 정도의 일관성이 존재함을 시사한다. 즉, DEA분석만으로는 인과 관계를 증명할 수 없지만 지식창출이 효율적인 경우 대부분 가치창출 또한 효율적이거나, 또는 지식창출이 비효율적인 경우 가치창출 과정에서도 비효율이 존재하는 것을 알 수 있다.

V. 결론

세계적으로 지역혁신체제의 구축에 대한 관심이 증가하는 가운데, 국내의 지역 간 불균형을 해소하기 위한 지역R&D 경쟁력 강화에 대한 필요성은 꾸준히 제기되어 왔다. 지역R&D는 지역경제 성장과 국가 경쟁력에 중대한 영향을 미치므로 효율성을 개선하기 위한 정책적 노력이 요구된다.

이에 본 연구는 지역별 R&D 효율성을 나누어 분석함으로써 각 지역의 지적 및

경제적 결과물을 산출하는 프로세스의 효율성을 평가하였다. 분석결과 R&D투자가 주로 수도권과 대전에 편중해 있으며 특허출원, 국가연구개발 및 대학 기술이전 수입 수준에서도 격차가 심하였다. 지역마다 R&D 투입과 산출의 규모가 달라 직접 비교하기 어려우므로, 상대효율성을 분석한 결과 지식창출 부문에서 OTE와 PTE는 대략 0.6~1.0 수준으로 나타났고 SE는 0.7~1.0 수준으로 나타났다. 한편 가치창출 부문은 OTE와 PTE가 0.2~1.0 수준으로 나타나 지역 간 편차가 더 심하였고, SE는 0.7~1.0 수준으로 나타났다. 지식창출과 가치창출 효율성의 수준을 종합하여 비교하였을 때, 광주·대전·강원 지역을 제외하고는 효율성 개선이 요구되었다.

본 연구의 결과는 R&D 투입규모에서 차이가 발생하더라도 효율성 개선을 통해 지역경쟁력을 어느 정도 개선할 수 있는 여지가 있다는 것을 시사한다. 특히 R&D 프로세스의 중간 산출물인 지식과 최종 산출물인 경제적 가치를 구분하여 DEA모형을 수립함으로써 각 산출물을 생산하기 위한 프로세스의 효율성을 보다 구체적으로 살펴볼 수 있었다. 이를 통해 비효율적인 지역이 어떤 투입요소를 얼마나 줄여야 하는지 또는 지식산출물이나 경제적 성과를 얼마나 늘려야 하는지에 대한 정책적 시사점을 제공하였다. 이어 지식창출 효율성과 가치창출 효율성 수준을 지역별로 비교함으로써 지역R&D 효율성 개선방향에 대한 정책적 근거를 제시하는데 의의를 두었다. 덧붙여, 본 연구는 공공부문으로 분석범위를 제한하지 않고 지역혁신체제 내의 다양한 R&D주체를 고려하여 효율성을 평가하였다는 점에서 지역발전 정책 수립에 일정부분 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 한계는 R&D효율성을 특정시점에 한해 분석함으로써 동태적인 분석을 하지 못하였다는 점이다. 마지막으로 기업R&D의 경제적 산출 측정변수를 R&D 수행기업들의 매출액 자료를 사용하지 못하고 지역내총부가가치로 대체하였다는 점이다. 지역내총부가가치는 간접적인 측정지표로서, R&D의 직접적인 경제적 산출인 R&D 수행 기업의 매출액 등을 완전히 대체하기 어려운 점이 있다. 그러나 가용한 지역별 통계자료를 분석하여 R&D의 지식산출 효율성과 가치산출 효율성을 비교하였다는 점에서 지역R&D 효율성 개선방향에 대한 정책적 시사점을 제공하는데 의의가 있다고 하겠다. 향후 분석방법과 자료의 한계점을 보완하여 후속연구를 진행하면 보다 유용하고 신뢰성 있는 결과를 제시할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 구훈영·민대기·이재호 (2016), “지역 혁신기관의 효율성 분석”, 「경영연구」, 31 : 163-181.
- 박정희·문종범 (2010), “DEA 를 이용한 지역산업기술개발사업의 효율성 분석”, 「산업경제연구」, 23(4) : 2047-2068.
- 소순후 (2011), “비방사적 SBM 모형을 이용한 지역전략산업 기술개발투자의 효율성 분석”, 「산업경제연구」, 24(2) : 1169-1188.
- 이광배·모수원 (2013), “우리나라 지역연구개발투자의 생산성과 동태적 효율성”, 「산업경제연구」, 26(1) : 333-345.
- 이민희·이광배·박홍균 (2012), “지역 연구개발투자의 효율성 분석”, 「산업경제연구」, 25(5) : 3365-3382.
- 이병철 (2008), “우리나라 광역시·도별 특허성과를 통한 연구개발 효율성과 생산성 분석”, 「지식재산연구」, 3(2) : 99-121.
- 이상현·김상영·이상준 (2011), “자료포락분석 기법을 이용한 지역산업 기술개발 사업의 파급효과 분석”, 「디지털융복합연구」, 9(6) : 1-11.
- 정혜진·방민석 (2010), “지방 R&D 사업의 효율성과 Malmquist 생산성 분석”, 「한국행정학회 하계학술발표논문집」, 2010(단일호) : 1-18.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984), “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, *Management science*, 30(9) : 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978), “Measuring the efficiency of decision making units”, *European journal of operational research*, 2(6) : 429-444.
- Chen, K., and Guan, J. (2012), “Measuring the efficiency of China’s regional innovation systems: application of network data envelopment analysis (DEA)”, *Regional Studies*, 46(3) : 355-377.
- Han, U., Asmild, M., and Kunc, M. (2016), “Regional R&D efficiency in Korea from static and dynamic perspectives”, *Regional Studies*, 50(7) : 1170-1184.
- Wang, E. C., and Huang, W. (2007), “Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach”, *Research Policy*, 36(2) : 260-273.