
제조업의 가치사슬 네트워크 분석과 클러스터정책에 대한 시사점*

(An Empirical Study on Value-Chain Network of
Manufacturing and Implications on Cluster Policy)

김요한** · 심승진***

< 목 차 >

- I. 서 론
- II. 선행연구
- III. 연구방법과 분석절차
- IV. 분석결과 및 정책적 시사점
- V. 요약 및 결 론

Summary : This study investigates how characteristics in the value-chain industrial cluster affect the R&D investment and the output of firms in each industries. For this, we try to extract the inter-industrial networking structure from the input-output table in which 17 manufacturing sectors are included. In particular, we will give shape to the "unit structure" which shows the intermediary flows of goods and services between industries in order to get an unit of final demand in a certain industry. Using this "unit structure", we can try the inter-industrial networking analysis and get some indices of centrality and

* 본 논문에 대하여 상세하고 유익한 지적을 해주신 익명의 두 분 심사위원에게 감사드립니다.

** (재)대구테크노파크 대구전략산업기획단 연구원 (e-mail: yhkim@dria.or.kr)

*** 경북대학교 경제통상학부 교수 (e-mail: shimsj@mail.knu.ac.kr)

centralization related to the characteristics of each industries in the value-chain industrial cluster. The results show that the centrality in the value-chain industrial cluster does not have any consequence for the R&D investment and the output in each industries. However, there is a correlation between the centralization in the value-chain industrial cluster and the R&D investment and the output of firms in each industries. These results may be very suggestive in bringing up a new frame of industrial cluster policy in a macro level.

Key Words : cluster, I/O approach, centralization of value-chain network, commitment to innovation, innovative output.

I. 서론

1990년대에 들어서면서 한국을 비롯한 주요 선진산업국가에서 경제성장의 둔화 현상이 나타나기 시작하였다. 그 배경으로 생산성의 지속적인 슬로우 다운 등 다양한 요인들이 지적되고 있는 가운데, 투입주도형 경제성장 정책의 한계야말로 성장둔화의 주요 요인이라는 인식이 확산되기에 이르렀다. 이에 따라 지속적인 경제성장 및 발전을 추구하기 위해서는 경제정책의 근본적인 전환이 필요하다는 주장이 강하게 제기되었다. 특히 기술혁신 등에 의한 혁신주도형 경제정책으로의 전환이야말로 향후 새로운 산업사회에 필수적인 것이며, 대표적인 산업관련 정책으로 “클러스터” 정책에 대한 관심이 고조되기에 이르렀다. 이러한 클러스터 정책의 핵심 내용은 협력과 경쟁관계에 있는 기업체들, 연구소, 대학, 관련 유관기관 및 전문요소공급자(부품업체, 비즈니스서비스 업체, 금융 등)가 지리적으로 집적되어 있고, 지식정보교류를 위한 네트워킹이 활성화되어 기술혁신이 기업의 실질적인 수익을 창출한다는 것이다.

1990년대 중반 이후, 클러스터에 관한 많은 연구가 진행되었으며 연구목적과 적용 분야에 따라 그 정의도 다양하고, 연구내용도 산업클러스터의 도출과 확인(mapping)을 시작으로 사례연구를 통한 클러스터의 분석, 국가차원 및 지역차원에

서의 클러스터 강화정책 등 다양하다. 그런 가운데 최근에는 클러스터 정책에 있어 핵심적인 정책수단으로써 구성주체간의 연계와 파급효과가 강조되고 있다. 아울러 네트워킹을 통한 지식정보교류가 개별기업의 혁신을 위한 투자와 혁신성파에 어떤 영향을 미치는지에 대한 기업 수준 또는 일부 산업 수준에서의 연구가 다양하게 시도되었다. 그러나 거시적인 국가 수준에서 제조업의 네트워크 구조가 혁신을 위한 투자와 혁신성파에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 충분하게 이루어지고 있다고 볼 수 없다.

이에 본 연구에서는 우리나라 전체를 하나의 산업집적지로 인식하고 산업연관표의 생산 연계를 기초로 하여 제조업의 가치사슬 네트워크의 특성이 혁신을 위한 투자지표인 R&D투자와 혁신성파지표인 매출액에 미치는 영향을 국가 수준에서 분석하고자 한다. 이를 위하여 우선 산업연관표의 산업간 중간재 거래관계에 초점을 맞추어 각 산업별 최종재 한 단위를 생산해 내기 위하여 필요로 되는 산업간 생산 활동의 네트워크 구조를 명확히 할 것이다. 이러한 산업간 네트워크 구조를 기초로 하여 이른바 산업간 연결망분석¹⁾이 가능하게 된다. 직관적으로, 최종재 한 단위를 생산하기 위하여 이루어지는 전체 산업과의 직·간접적 중간재 거래관계는 섬유산업, 기계산업, 음식료산업 등 각 산업마다 상이하다. 이렇듯 산업별 직·간접 중간재 거래관계망을 전체 산업과의 네트워크 구조로 파악하는 것은 산업별 특성을 분석하는 하나의 특별한 접근방법이라 할 수 있다. 특히 이러한 전체 산업과의 네트워크 구조 속에서 섬유산업, 기계산업, 음식료산업 등 각 산업이 담당하는 물자 및 이에 체화된 지식정보교류의 정도, 즉 전체 산업에 대한 영향력은 어느 정도인가(이른바 중앙성: centrality), 그리고 각 산업의 경우에 전체 산업과의 물자 및 이에 체화된 지식정보의 교류가 얼마나 효율적인가(이른바 중심화: centralization)를 추계할 수 있다는 것이다. 이러한 지표들과 R&D투자 및 매출액과의 상관관계를 분석함으로써 거시적 차원에서 혁신을 위한 투자와 혁신의 성과에 관한 정책적 함의를 도출해 낼 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 산업연관표의 투입과 산출에 근거한 클러스터분석과 클러스터가 혁신활동에 미치는 영향에 관한 선행연구들을 고찰하고, III장에서 투입-산출(I/O)관계에 의한 가치사슬 클러스터의 관점에서 네트워크 특성

1) 김용학(2004) 참조.

과 기업의 R&D투자 및 매출액에 미치는 영향을 파악하기 위한 새로운 실증분석모형을 수립하여 IV장에서 분석결과와 정책적 시사점을 도출하고자 한다. V장은 본 연구의 요약 및 결론 부분이다.

II. 선행연구

Porter(1998)에 의하면, 클러스터란 “경쟁하면서 동시에 협력하는 상호 연관된 기업, 전문공급자, 서비스 공급자, 연관 산업 분야의 기업, 관련기관 등이 공간적으로 집적된 곳”으로 정의된다. 여기서 클러스터의 개념은 ‘지리적 근접성’이 클러스터 형성의 핵심이라고 할 수 있다. 그러나 지리적 경계가 너무 신축적이어서 클러스터의 경계가 모호하고 그 규모도 너무나 다양해서 자의적인 개념이라는 비판이 있으며, 클러스터의 확인과 도출방법에 있어서도 학자마다 서로 다른 기준을 가지고 연구를 하고 있는 것이 현실이다.²⁾

Feser and Bergman(2000)은 투입과 산출 혹은 구매자와 공급자간의 연계성을 강조하는 경우와 지리적 집적을 강조하는 경우로 대별하고 있다. 더욱이 그들은 전자와 같이 기능적으로 연계된 기업들의 그룹을 산업클러스터(industrial cluster)라는 용어로 사용하고, 이 산업클러스터가 특정한 공간을 기반으로 할 경우 지역클러스터(regional cluster)라고 칭하고 있다.³⁾

투입과 산출에 근거한 산업클러스터 분석으로는 Hertog and Maltha(1999), DeBresson and Hu(1999), L. Peeters, M. Tiri, and A. Berwert(2001) 등이 있다. Hertog and Maltha(1999)은 투입-산출 연계를 기초로 I&C(Information & Communication)산업에 포함되는 하위 부문들의 I&C 산업에 대한 중간투입재 사용 비중(“I&C use”)과 중간투입재 공급비중(“I&C supply”)분석 등을 통하여 네덜란드 I&C 산업클러스터의 출현을 확인하였다. 또한 하위 부문들의 중간투입재에 대한 수입의존도가 높은 것으로 분석되어 산업 네트워크가 국경의 범위를 초월하고 있음을 보여주었다.

2) 남기범 (2006) 참조,

3) 이진면 · 정준호 (2006) 참조.

DeBresson and Hu(1999)는 투입-산출(I/O) 매트릭스를 이용하여 공급자와 수요자로서 혁신활동의 과정상 산업간 상호작용을 조사하였다. 혁신수준을 측정하는 방법은 투입-산출표의 세부 섹터간 상호작용이 없는 경우를 매트릭스 셀(cell)의 값이 0으로 나타나도록 하고, 0으로 나타나지 않는 매트릭스 공간(space)을 혁신활동의 집중정도로 측정하는 방법을 제시하고 있다.

L. Peeters, M. Tiri, and A. Berwert(2001)는 투입-산출 접근에 기초하여 거시적 국가 수준의 분석을 통해 "Construction and Metal", "Agro-food", "Chemicals", "Transportation and Distribution", "Services" 등 5개의 "mega clusters"를 도출하였다. 클러스터는 전방연계와 후방연계에서 총 투입 또는 총 산출에서 차지하는 산업 부문들의 투입-산출비중 값이 특정 임계값을 넘으면 1, 그렇지 않으면 0으로 표시하여, [0, 1]의 행렬을 만드는 이른바 "Method of Maxima"방법을 사용하고 있다. 그러나 임계값을 어떻게 설정하느냐에 따라 산업클러스터의 범위가 달라지는 문제점이 있다. 도출된 클러스터를 살펴보면, 클러스터는 하나 또는 두 개의 핵심 섹터들을 중심으로 다양한 공급 및 사용 섹터들이 하나의 네트워크로 주위를 둘러싸고 있으며, 다른 클러스터의 섹터 간에 연계가 존재하고, 또한 서비스 클러스터와 다른 클러스터 간에 상당한 중첩이 나타나는데, 이는 실제 클러스터의 형태에 대한 시사점을 주고 있다.

산업연관표에 의한 산업클러스터의 네트워크 분석에 관한 국내연구로는 강창덕(2002), 삼성경제연구소·한국산업기술평가원(2004)와 이진면·정준호(2006) 등이 있다.

강창덕(2002)은 산업연관표상 ICT클러스터를 분류·선정하고 1980년, 1985년, 1990년, 1995년 4개 시점의 산업연관표 기본부문의 중간투입액과 중간수요액을 기준으로 ICT업종의 구매와 판매연계 강도를 그림에서 선의 굵기로 표현하고, 재화와 서비스의 흐름은 화살표의 방향으로 표현하는 방식으로 1980년대와 1990년대 한국 ICT클러스터의 산업연계특성을 분석하였다. 분석결과 ICT클러스터 내부에서 그 연계가 강화되고 있으며, ICT서비스업의 비중과 산업연계상 위상이 점차 높아지고 있고, 다양한 생산자서비스업과 융합이 일어나고 있음을 보여주었다.

삼성경제연구소·한국산업기술평가원(2004)은 2000년 산업연관표의 기본부문을 대상으로 산출계수에 요인분석을 행한 결과로 40여개의 산업클러스터를 확인하였는

데 산업클러스터에 관한 우리나라의 종합적인 분석작업(mapping)이 이루어졌다는 데에서 의의를 찾을 수 있다.

이진면·정준호(2006)도 산업간 투입-산출관계에 기초하여 IT, 자동차, 일반기계, 화학 등 총 22개의 주요 산업클러스터를 식별하였고, 투입계수와 산출계수를 이용해 각 산업의 구매연계 네트워크와 판매연계 네트워크에서 산업간 연계 및 핵심역할을 하는 결절산업(node industry)을 파악하였다. 한편 클러스터가 개별기업의 혁신활동에 미치는 영향을 분석한 연구로는 Bagella and Becchetti(2002), Beal and Gimeno(2001)가 있고, 복득규·박용규(2005)가 시도한 사례가 있다.

Bagella and Becchetti(2002)의 연구에서는 4,000개의 이탈리아 기업에 대한 실증 분석 결과, “산업-지구(industrial districts)”내에 있는 기업의 R&D 투자노력이 독립적으로 위치한 기업의 R&D투자노력보다 낮은 것으로 나타났으며 이는 지리적 집적은 R&D 선발자에게는 비용을 R&D 후발자에게는 이익을 발생시킨다는 “외부성 가설”에 부합된다.

Beal and Gimeno(2001)는 미국 PC 소프트웨어기업을 대상으로 실증분석 결과, 집적은 기업간 경쟁을 촉진한다는 경쟁가설은 기각되었다. 이는 지식의 과급효과로 인해 단기적으로는 기업의 혁신성과가 증가할 것으로 기대되지만, 장기적으로는 경쟁기업의 혁신노력에 대한 무임승차 유혹으로 인해 일시적일 것이라는 주장과 부합된 것으로 나타났다.

복득규·박용규(2005)는 수도권외 제약, 인쇄회로기판, 자동차부품의 3개 부문을 대상으로 한 총 108개 업체에 대한 설문조사를 근거로 클러스터 내 지식교류의 외부성으로 인한 무임승차자문제 때문에 개별기업의 R&D투자가 감소한다는 “외부성 가설”과 클러스터의 경쟁이 개별기업의 R&D투자를 증가시킨다는 “경쟁 가설”을 세웠다. 그러나 회귀분석 결과, 외부성가설과 경쟁가설 모두 기각되었다. 다만, 판매 네트워크의 교류강도와 1인당 매출액 간에는 높은 상관관계가 나타나 네트워크에서 교류되는 정보와 지식의 성격이 기술개발 이외의 마케팅 등 다른 성격일 가능성이 높음을 정책적 함의로 도출하였다.

III. 연구방법과 분석절차

본 연구는 지리적 집적확인에 의한 Cluster Mapping 또는 투입·산출구조의 요인 분석에 의한 클러스터 도출이 목적이 아니라, 국가 전체 제조업의 네트워크 특성 분석을 통하여 산업클러스터정책에 대한 시사점을 도출하는데 그 목적을 두고 있다.

이를 위하여 산업연관표의 생산연계를 분석의 기초로 활용하게 되며, 산업클러스터의 개념은 지리적 근접성과 집적을 핵심성격으로 하는 Porter(1998)의 클러스터 정의 보다는 Roelandt, and Hertog(1999)의 투입-산출관계에 의한 가치사슬 클러스터(value-chain industrial cluster)를 기본으로 하고 있다.

산업연관분석에서는 산업간 재화와 서비스의 중간재 흐름이 상호 학습과정을 통한 기술 확산의 주요한 매개체임을 기본가정으로 하고 있으며,⁴⁾ 이는 보다 작은 규모에서 산업 클러스터가 혁신을 확산시키는 독립적인 단위로서 국가혁신시스템을 구성하고 있음을 의미하고 있다.

국가혁신시스템의 측면에서는 한 산업의 하위 부문간 네트워킹보다는 한 산업의 생산 활동을 위해 필요로 되는 전체산업구조에서의 산업간 네트워킹에 대한 분석결과가 보다 중요한 정책적 시사점을 제시할 수 있을 것이다.

L. Peeters, M. Tiri, and A. Berwert(2001)의 연구에서도 투입-산출 접근에 의한 클러스터의 분석은 협력에 의해 혁신을 창출하는 ‘기업’들보다는 ‘산업’을 필수적인 구성요소로 보고 있으며 이런 측면에서 포터의 정의에 의한 클러스터와는 거리가 있음을 지적하고 있다. 또한 포터의 연구는 정성적인 접근을 하고 있으나, 투입-산출 접근에서는 거리요소와 혁신성향은 고려하지 않는 반면에 전체 경제를 다루고 있으며 따라서 지역이나 산업영역을 넘어서는 정책 시사점을 도출할 수 있음을 강조하였다.

본 연구는 특정 핵심 기업 주위의 공급 네트워크의 경쟁력을 분석하는 미시적 접근이나, 산업단위의 벤치마킹을 위한 사례분석을 대상으로 하는 산업 수준의 분석이 아니라 국가차원의 전체적인 혁신패턴이 분석의 초점이 된다는 측면에서 국가 수준의 거시적 분석을 시도하고 있다.

분석의 대상이 되는 산업클러스터에 속한 주체들간의 관계가 중간투입물의 생산연계라는 측면에서 <표 1>과 같이 본 연구에서의 산업클러스터 유형을 정리할 수 있다.

4) Lundvall(1992) 참조.

<표 1> 본 연구에서의 산업클러스터 유형

구분	내용
클러스터개념	투입-산출관계에 의한 가치사슬 클러스터
분석수준	국가수준(macro level)의 산업부문간 전·후방연관구조 분석
관계기준	산업부문간 중간투입물 생산연계(production linkage)

실증분석의 목적은 투입-산출 접근에 의해 제조업의 가치사슬 네트워크의 특성이 혁신을 위한 노력(commitment to innovation)과 혁신성과(innovative output)에 어떤 영향을 미치는가를 살펴보는 것이다. 제조업의 가치사슬 네트워크 특성은 각 산업의 전체 산업과의 네트워크 구조에서 중심적인 위치를 나타내주는 지표인 중앙성(centrality)과 네트워크의 효율성을 나타내주는 지표인 중심화(centralization)로 구분된다. 중앙성이 어떤 결점이 연결망 내에서 얼마나 중심적인 위치를 차지하는가에 초점을 둔다면, 중심화는 한 연결망이 얼마나 한 점을 중심으로 어느 정도 중앙에 결속되었는가를 측정하는 것이며, 두 지표 모두 관계의 방향에 따라 out-degree, in-degree, betweenness로 나누어 살펴볼 수 있다.

out-degree는 전달자로서 수요연계수준을 측정하고, in-degree는 수신자로서 공급연계수준을 측정한다면, betweenness는 매개자로서의 연계수준을 측정하는 것이다. 외향 중앙성(out-degree centrality)은 일반적인 네트워킹의 성격에서 ‘마당발’의 특성을, 내향 중앙성(in-degree centrality)은 ‘스타’의 특성을 보여주며, 사이 중앙성(betweenness centrality)은 ‘브로커’의 특성을 나타낸다고 볼 수 있다⁵⁾.

중심화를 측정하는 방법도 중앙성을 측정하는 외향 중앙성, 내향 중앙성, 사이 중앙성에 대응하여 존재한다. 네트워크의 중앙성이 높다는 것은 각 산업의 경우에 전체 산업과의 직·간접적인 중간재 거래관계에서 각 산업이 담당하는 물자 및 이에 체화된 지식정보교류의 정도가 높다는 의미이다. 즉 그 산업의 전체 산업에 대한 영향력이 크다고 볼 수 있다. 네트워크의 중심화가 높다는 것은 각 산업의 경우에 전체 산업과의 직·간접적인 중간재 거래관계망의 집중정도가 높다는 의미이다. 즉 한 산업의 생산 활동을 위한 지식정보 및 물자교류가 효과적이라고 볼 수 있으며, ‘클러스터화’ 정도에 대해 ‘대리변수’가 될 수 있음을 의미한다.

5) 삼성경제연구소·한국산업기술평가원 (2004) 참조.

실증분석 내용은 먼저, 투입-산출관계에 의한 네트워크 특성으로 인하여 중간재 흐름에 체화되어 교류되는 지식과 정보가 ‘공공재’와 유사한 성격을 가지기 때문에 ‘무임 승차자(free rider)’ 문제가 발생하여 해당 산업의 R&D투자를 감소시키는지 아니면, 기업간 경쟁을 촉진하여 해당 산업의 R&D투자를 증가시키는지 확인하는 것이다.

다음으로 제조업의 투입-산출관계에 의한 네트워크 특성과 혁신성과로서의 매출액과의 관계를 분석하고자 한다. 실증분석대상에 따라 <표 2>와 같이 본 연구에서의 실증분석내용이 구분될 수 있다.

<표 2> 본 연구에서의 실증분석내용 구분

구 분		혁신을 위한 투자와 혁신성과	
		R&D투자	매출액
네트워크 특성	중양성	Ⅲ	Ⅰ
	중심화	Ⅳ	Ⅱ

<Ⅰ 사분면> 전체 산업과의 투입-산출관계에 의한 네트워크구조에서 한 산업이 얼마나 영향력이 큰 중심적인 위치에 있는가와 혁신성과인 매출액과의 상관관계

<Ⅱ 사분면> 전체 산업과의 투입-산출관계에 의한 네트워크구조의 효율성과 혁신성과인 매출액과의 상관관계

<Ⅲ 사분면> 전체산업과의 투입-산출관계에 의한 네트워크구조에서 한 산업이 얼마나 영향력이 큰 중심적인 위치에 있는가와 혁신을 위한 노력인 R&D투자와의 상관관계

<Ⅳ 사분면> 전체산업과의 투입-산출관계에 의한 네트워크구조의 효율성과 혁신을 위한 노력인 R&D투자와의 상관관계

본 연구에서는 투입-산출관계에 의한 제조업의 가치사슬 네트워크의 특성에 따라 산업의 R&D투자와 매출액에 다른 영향을 미친다는 가설을 설정하고 있는데, 여기에서는 ‘네트워크 관점 혁신 가설(network perspective innovation hypothesis)’이라 부르기로 한다.

한편 제조업의 네트워크 특성과 R&D투자 및 매출액에 대한 상관관계를 파악하기 위하여 본 연구는 다음과 같은 분석절차를 거쳤다.

첫째, 산업연관표의 대분류를 기본으로 전체산업을 총 31개 부문으로 구분하였으며, 『과학기술연구개발활동조사보고서』의 년차별 제조업 연구개발(R&D)통계와 대응하여 전체 제조업을 17개 부문으로 조정·구분하였다. 둘째, 제조업의 네트워크 특성을 파악하기 위해 산업연관표를 기초로 ‘단위구조분석⁶⁾’을 실시하여 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간투입물의 흐름을 매트릭스로 파악하였다. 셋째, 제조업 17개 부문별 단위구조에 대해 ‘사회연결망분석’을 실시하여 한 산업의 최종재 1단위를 생산하기 위한 직·간접적인 중간투입물의 흐름을 실질적인 거래관계에 의한 네트워크구조로 파악하고 연결망의 중앙성과 집중정도를 관계의 방향에 따라 분석하였다. 마지막으로 제조업 17개 부문별 네트워크 특성과 R&D투자 및 매출액과의 상관관계를 살펴보았다.

한국은 2004년 수립된 국가균형발전계획에서 혁신클러스터 조성을 통한 혁신주도형 발전기반구축을 중요한 추진전략으로 설정하였는데, 국내 클러스터정책에 대한 본 실증분석의 중요성은 두 가지로 살펴볼 수 있다.

첫째, 서론에서 지적한 바와 같이 클러스터 정책에서 산·학·연 연계 등 네트워킹을 강조하고 있으나, 산업별 가치사슬 네트워크 구조의 특성에 따라 네트워킹을 통해 교류되는 지식과 정보가 기업의 혁신활동에 미치는 영향이 다를 수 있음을 간과하고 있다는 점이다.

둘째, 한국의 총 R&D투자금액은 2001년 16조 1,100억원에서 2004년 22조 1,800억원에 이르도록 정부는 매년 지속적으로 R&D투자를 증가시켜 왔으나, 상위 20개사에 대한 연구개발비 집중도는 2003년 51.7%에서 2004년 55%로 증가하여⁷⁾ 기업들의 전반적인 R&D투자는 크게 증가하지 않는 것으로 이해된다. 또한 기업들의 매출액 대비 R&D투자비율은 2001년 2.31%, 2002년 2.19%, 2003년 2.28%, 2004년 2.30%, 2005년 2.27%로서 선진기업들의 매출액 대비 투자율에 비하여 여전히 낮은 수준으로 머물러 있다.⁸⁾ 따라서 혁신을 위한 노력으로서 기업들의 R&D투자를 적극 유인하기 위해서는 R&D투자에 대한 무임승차자 문제를 고려하여 산업별 네트워크 특성에 따른 차별적인 정부 R&D투자정책이 수립되어야 한다는 것이다.

6) 단위구조의 개념은 尾崎巖(1980)에 의해 처음 제시되었으며, 이러한 단위구조는 특정 산업의 재화한 단위를 생산하는데 필요한 산업간 중간거래의 함수로서, 단위구조의 체계에서 산업간 직·간접적인 중간투입경로를 보여주고 있다. 심승진(1995) 참조.

7) 과학기술부(2006), 「2005 과학기술연감」

8) 한국산업기술진흥협회(2006), 「2006년판 산업기술백서」, pp. 74-75.

IV. 분석결과 및 정책적 시사점

1. 통계 추계

본 연구의 중요한 분석내용이 제조업의 직·간접적인 중간투입흐름의 네트워크 특성이 산업별 기업체의 R&D투자와 매출액에 미치는 상관관계분석이므로, 한국은행에서 공표하는 2000년 산업연관표의 생산자거래표를 이용하였다. 한편 분석의 편의상 『과학기술연구개발활동조사보고서』의 년차별 제조업의 기업체 연구개발비 통계와 대응하기 위하여 산업연관표의 대분류를 기본으로 전체 제조업을 17개 부문으로 조정·구분하였고, R&D집약도와 종업원1인당 매출액을 각각 추계하였다.

<표3>에서 R&D집약도(R&D투자액/매출액)를 보면, 정밀기기, 전기전자기기, 의약품 등 기술집약적인 산업이 R&D집약도가 높은 것으로 나타났으며, 지난 5년간의 연도별 추이를 보면, 섬유제품, 고무및프라스틱제품, 의약품, 일반기계분야가 전반적으로 높은 상승세를 유지해왔다.

<표 3> 제조업 17부문별 기업체의 R&D집약도 추이

(단위 : %)

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	연평균 증가율
음식료품	0.496	0.648	0.692	0.620	0.694	8.76
섬유제품	0.557	0.853	0.782	0.953	1.132	19.40
의복·가죽·신발제품	1.597	1.321	1.344	1.461	1.614	0.27
목재및종이제품	0.319	0.672	0.391	0.546	0.298	-1.69
인쇄·출판·복제	3.182	2.051	6.954	2.499	2.231	-8.49
석유석탄제품	0.395	0.307	0.349	0.355	0.256	-10.28
일반화학제품	1.281	1.420	1.444	1.417	1.436	2.90
의약품	2.606	4.890	4.156	3.791	4.487	14.55
고무및프라스틱제품	1.296	1.795	1.682	2.473	2.479	17.60
비금속광물제품	0.874	0.658	1.173	1.117	1.176	7.70
제1차금속제품	0.733	0.447	0.267	0.791	0.708	-0.86
조립금속제품	2.011	2.537	1.543	1.835	1.873	-1.76
일반기계	1.641	3.691	2.583	3.029	2.583	12.01
전기전자기기	4.164	4.188	5.155	2.728	5.179	5.60
정밀기기	5.653	7.419	4.659	4.818	5.354	-1.35
수송장비	2.302	2.324	2.146	2.307	2.526	2.35
가구및기타제조업	1.402	2.002	1.395	1.255	1.617	3.63

참고자료: 『과학기술연구개발활동조사보고서』 2001년~2005년 각 권.

<표 4> 제조업 17부문별 기업체의 종업원1인당 매출액 추이

(단위:백만원, %)

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	연평균 증가율
음식료품	307	301	352	385	382	5.62
섬유제품	320	200	366	292	253	-5.70
의복·가죽·신발제품	185	317	373	309	351	17.36
목재및종이제품	472	511	456	510	605	6.40
인쇄·출판·복제	211	154	177	175	108	-15.42
석유석탄제품	2,750	2,867	2,887	3,011	3,744	8.02
일반화학제품	380	407	513	546	529	8.62
의약품	200	170	187	182	199	-0.13
고무및프라스틱제품	334	284	262	230	279	-4.40
비금속광물제품	283	395	381	361	462	13.04
제1차금속제품	371	581	600	691	938	26.10
조립금속제품	161	185	233	236	252	11.85
일반기계	271	205	319	313	394	9.81
전기전자기기	373	379	463	838	498	7.49
정밀기기	96	160	194	203	250	27.03
수송장비	382	295	394	401	415	2.09
가구및기타제조업	270	252	321	326	315	3.93

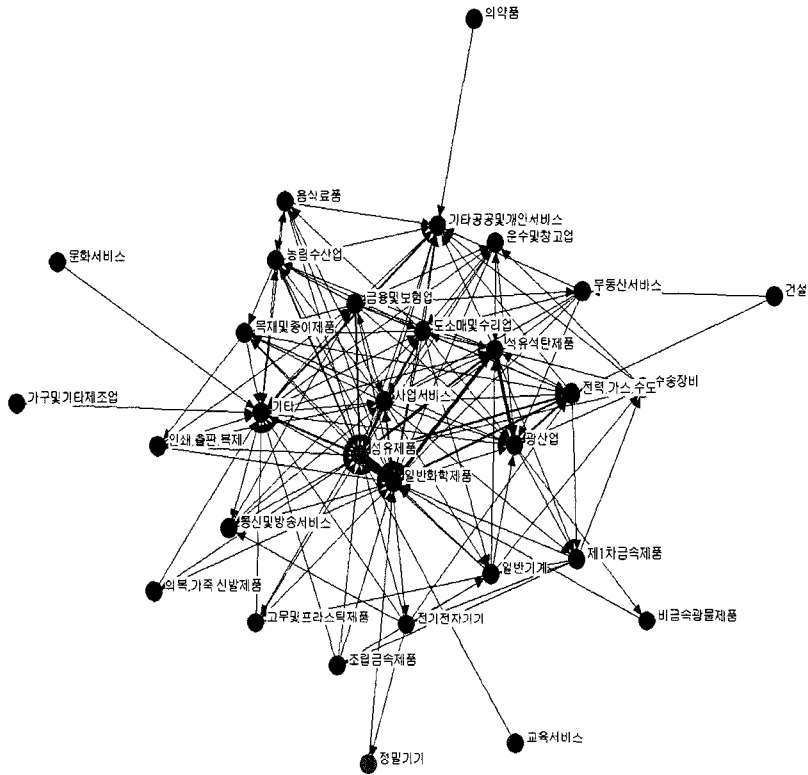
참고자료: 『과학기술연구개발활동조사보고서』 2001년~2005년 각 권.

<표4>에서 종업원1인당 매출액의 산업별 추이를 살펴보면, 섬유제품, 인쇄·출판·복제, 의약품, 고무및프라스틱제품을 제외한 전 제조업분야가 지난 5년 동안 지속적으로 상승해왔으며, 특히 제1차금속제품, 정밀기기, 의복·가죽·신발제품은 큰 폭의 상승세를 보여 왔다.

2. 단위구조를 이용한 제조업 네트워크 구조의 시각화

Ucinet 6에서는 NetDraw를 이용하여 연결망을 시각화할 수 있는데, 본 연구에서도 출된 17개 제조업 중에서 한 예로 섬유제품의 단위구조 매트릭스를 그래프로 시각화하면 <그림1>과 같다. 본 연구에 의한 네트워크 맵에서는 섬유제품 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간투입물의 흐름을 모두 보여주고 있어 보다 현실적인 네트워크 구조를 보여주고 있다고 할 수 있다.

<그림 1> 섬유제품의 네트워크 맵- 본 연구



현실적으로 섬유제품 1단위를 생산하기 위한 기업 활동은 섬유산업내의 중간투입 흐름이나 거래관계에만 국한된 것이 아니라 전 산업과의 유기적인 관계에 의존하고 있으며, 섬유산업 클러스터도 섬유산업에 국한된 것이 아니라, 이와 관련한 다양한 제조 및 서비스분야를 포함하고 있다.

예를 들면, 섬유제품을 생산하기 위한 원재료로서 일반화학제품, 생산설비로서 기계류와 부품, 판매 및 물류를 위한 운수 및 창고업과 도소매업, 자금조달을 위한 금융, 그리고 고부가가치화를 위한 문화서비스와 사업서비스 등이 모두 연관업종이나 전문요소공급자⁹⁾로서 섬유산업 클러스터를 구성하고 있는 것이다. 즉, 산업클러스터는 완성품 생산업체를 비롯하여 전문화된 원재료나 부품 및 서비스를 제공하는

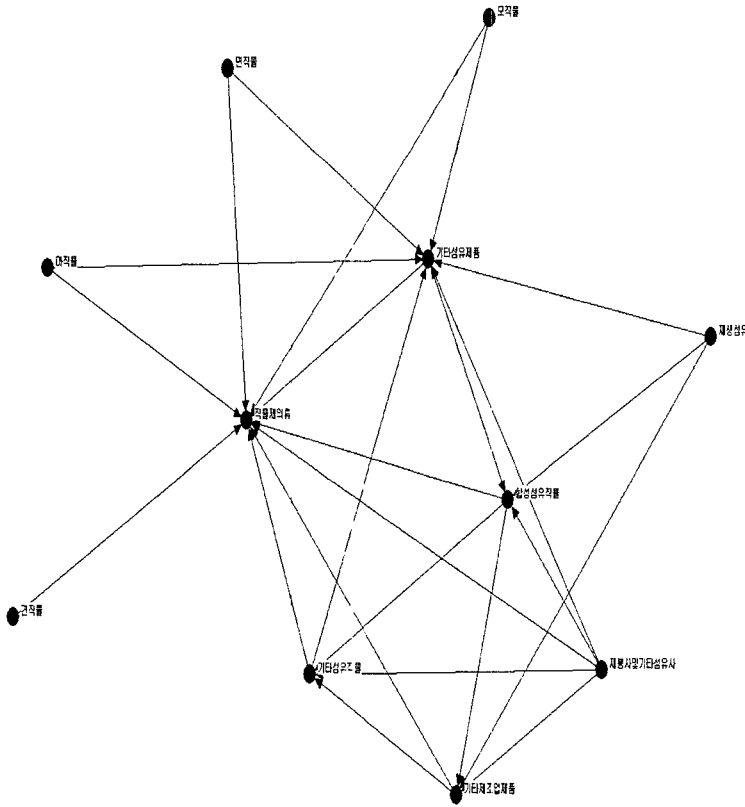
9) 클러스터의 구성주체는 비전제시자, 시스템통합자와 전문요소공급자로 구분할 수 있으며, 전문요소공급자는 부품과 요소기술을 제공하는 중소기업, 금융, 마케팅, 법률서비스 등을 제공하는 지원 서비스업체를 포함한다.(참고: 복득규 외(2003), 「클러스터」, 삼성경제연구소)

공급업체, 금융기관과 연관기업, 그리고 전문화된 교육, 정보, 연구, 기술 등을 제공하는 유관기관과 정부부문 등으로 구성되어 있는데 본 연구의 네트워크 분석은 다양한 구성주체의 존재를 반영하고 있다.

반면, 기존의 삼성경제연구소·한국산업기술평가원(2004)는 <그림2>와 같이 클러스터에 포함된 각 부문 간의 거래관계를 그래프로 표시하여 클러스터의 해석을 위한 보완자료로 이용하였는데, 섬유분야의 경우, 산업을 구성하는 하위부문간의 단순한 거래관계구조만 보여주고 있어, 본 연구와 대비되는 것을 알 수 있다.

산업클러스터가 다양한 기업과 기관들을 포함하기 때문에 본 연구에서는 산업연관분석의 ‘단위구조’ 분석을 통하여 한 산업의 최종재 생산을 위해 필요한 모든 산업 부문의 구성주체와의 거래구조와 연결선의 굵기로 강도까지 네트워크 그래프로 보여줄 수 있다는데 그 장점이 있다고 할 수 있다.

<그림 2> 섬유분야의 네트워크 맵-삼성경제연구소



3. 단위구조를 이용한 제조업 네트워크 구조의 연결망 분석

2000년 산업연관표를 기준으로, 17개 제조업의 단위구조 행렬을 도출한 이후에 Ucinet 6에서 단위구조의 행렬값을 이용하여 먼저 내향 중앙성, 외향 중앙성, 사이 중앙성을 추계하였는 바, 그 결과는 <표 5>와 같다.¹⁰⁾

<표 5> 산업별 네트워크 중앙성 추계 값

구 분	내향 중앙성	외향 중앙성	사이 중앙성
음식료품	0.465	0.067	0.667
섬유제품	0.301	0.002	1.572
의복·가죽·신발제품	0.358	0.003	3.770
목재및종이제품	0.280	0.005	3.514
인쇄·출판·복제	0.365	0.006	6.178
석유석탄제품	0.549	0.048	2.436
일반화학제품	0.303	0.015	3.900
의약품	0.403	0.002	3.163
고무및플라스틱제품	0.339	0.010	3.653
비금속광물제품	0.385	0.003	3.413
제1차금속제품	0.223	0.006	1.493
조립금속제품	0.316	0.005	3.220
일반기계	0.306	0.007	2.500
전기전자기기	0.246	0.006	5.423
정밀기기	0.354	0.003	2.094
수송장비	0.293	0.003	1.472
가구및기타제조업	0.358	0.002	2.854
평균값	0.344	0.011	3.019

추계결과를 보면, 모든 산업에서 내향 중앙성이 외향 중앙성보다 값이 높게 나타났다. 이는 k산업의 재화 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재의 투

10) 중앙성(내향 중앙성 및 외향 중앙성)은 크기가 다른 연결망들 간에는 직접적으로 비교할 수 없다는 문제가 있는데, 본 연구에서는 단위구조 매트릭스는 연결망의 크기가 동일함으로 비교가 가능함.

입흐름을 보여주는 단위구조의 특성상 타 산업에서 k산업으로의 내향연결(수신)되는 관계망의 점점(노드)수가 외향연결(전달)되는 관계망의 점점(노드)수보다 클 수밖에 없기 때문이다.

여기서, A산업이 B산업보다 내향 중앙성 값이 더 크다는 의미는 A산업이 B산업보다 각 각 재화 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 수신자로서 더 중심적인 위치를 차지하고 있다는 것을 의미한다. 한편 A산업이 B산업보다 외향 중앙성 값이 더 크다는 의미는 A산업이 B산업보다 각 각 재화 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 전달자로서 물자와 정보교류에서 더 중심적인 위치를 차지하고 있다는 것을 의미한다.

예를 들면, 내향 중앙성은 석유석탄제품(0.549)과 음식료품(0.465)이 가장 높은 것으로 나타났으며, 외향 중앙성도 음식료품(0.067)과 석유석탄제품(0.048)이 가장 높게 나타났다. 이는 석유석탄제품과 음식료품이 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 연결망의 전체 연결수에서 해당 산업의 내향 연결정도와 외향 연결정도의 비율이 13개 제조업중에서 가장 높게 나타났다는 것이다. 즉, 최종재 1단위를 생산하기 위한 타 산업과의 물자거래나 정보교류에 있어서 타 산업에 대한 의존도와 파급효과가 높다고 볼 수 있다. 반면에, 제1차금속제품은 내향 중앙성 값이 0.223으로 가장 낮게 나타나 최종재 1단위를 생산하기 위한 타 산업과의 물자거래나 정보교류에 있어서 수신자로서 타 산업에 대한 의존도가 낮다고 할 수 있다. 그리고 섬유제품, 의약품, 가구및기타제조업은 0.002로 외향 중앙성 값이 가장 낮게 나타나 최종재 1단위를 생산하기 위한 타 산업과의 물자거래나 정보교류에 있어서 전달자로서 타 산업에 대한 파급효과가 낮다고 할 수 있다.

A산업이 B산업보다 사이 중앙성 값이 더 크다는 의미는 A산업이 B산업보다 각 각 재화 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 매개자로서 더 중심적인 위치를 차지하고 있다는 것이다. 결국 네트워크에서 물자와 정보의 브로커로서의 역할이 더 활발하다는 것을 의미한다.

예를 들면, 사이 중앙성은 인쇄·출판·복제(6.178)가 가장 높은 것으로 나타났는데 이는 매개자로서 담당하는 물자거래나 정보교류가 가장 활발하다는 것으로 이해된다. 즉, 전체 제조업 중에서 각 각의 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 연결망에서 인쇄·출판·복제가 '브로커'로서의 성격이 가장 강

하다고 볼 수 있다.

다음으로는 전체 네트워크의 형태가 어느 정도 중앙에 집중되어 있는가를 살펴보기 위하여 내향 중심화, 외향 중심화, 사이 중심화를 추계하였는데 그 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 산업별 네트워크 중심화 추계 값

(단위 : %)

구분	내향 중심화	외향 중심화	사이 중심화
음식료품	4.890	3.190	0.55
섬유제품	6.313	3.249	0.54
의복·가죽·신발제품	6.788	2.962	0.53
목재및종이제품	19.597	3.274	0.50
인쇄·출판·복제	7.275	3.030	0.49
석유석탄제품	3.648	3.302	0.55
일반화학제품	8.017	3.404	0.53
의약품	11.334	3.504	0.48
고무및프라스틱제품	5.406	3.213	0.51
비금속광물제품	13.735	5.241	0.49
제1차금속제품	16.897	5.646	0.54
조립금속제품	5.562	3.172	0.47
일반기계	10.985	3.386	0.47
전기전자기기	16.996	3.694	0.44
정밀기기	9.712	2.957	0.46
수송장비	18.990	3.602	0.47
가구및기타제조업	16.159	2.598	0.45
평균값	10.724	3.496	0.50

내향 중심화를 보면, 목재및종이제품(19.597)의 연결망 집중도가 가장 높은 것으로 나타났다. 전체 제조업중에서 각각의 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 수신자로서 구매연계측면에서 목재및종이제품이 타 산업과의 물자거래 및 지식교류의 효율성이 상대적으로 가장 높은 클러스터에 해당된다고 볼 수 있다.

반면, 석유석탄제품(3.648)의 연결망 집중도가 가장 낮은 것으로 나타나 수신자로

서 타 산업과의 물자거래 및 지식교류의 효율성이 가장 낮다고 볼 수 있으며, 타 산업으로부터 간접적인 경로로 중간투입물이 공급되어지는 것으로 이해된다.

외향 중심화를 보면, 제1차금속제품(5.646)의 연결망 집중도가 가장 높은 것으로 나타났다. 전체 제조업중에서 각각의 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 전달자로서 수요연계측면에서 제1차금속제품이 타 산업과의 물자거래 및 지식교류의 효율성이 상대적으로 가장 높은 클러스터에 해당된다고 볼 수 있다.

반면, 가구및기타제조업(2.598)의 연결망 집중도가 가장 낮은 것으로 나타나 전달자로서 타 산업과의 물자거래 및 지식교류의 효율성이 가장 낮다고 볼 수 있으며, 타 산업에 간접적으로 중간투입물을 공급하는 것으로 이해된다.

사이 중심화를 보면, 음식료품(0.55)과 석유석탄제품(0.55)이 가장 높은 것으로 나타난 반면, 전기전자기기(0.44)가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 전체 제조업중에서 각각의 최종재 1단위를 생산하기 위한 산업간 직·간접적인 중간재 거래 네트워크에서 음식료품과 석유석탄제품이 브로커로서의 타 산업과의 물자거래 및 지식교류가 가장 용이하고, 전기전자기기가 브로커로서의 타 산업과의 물자거래 및 지식교류가 가장 어려운 것으로 이해된다.

4. 네트워크 특성과 R&D/매출액의 상관관계와 정책적 시사점

본 연구에서는 제조업 17개 부문별 네트워크 특성과 기업의 혁신에 대한 투자 및 혁신성과와의 상관관계를 분석하기 위하여 종속변수로서 기업의 연구개발집약도와 1인당 매출액을 사용하였으며, 독립변수로서는 네트워크 특성별 중앙성값과 중심화값을 사용하였다.

분석방법으로는 비모수적 상관분석에 유용한 스피어만의 순위상관계수(Spearman's rho, 또는 r_s 로 표기)를 구하였다.

두 변량간의 순위차이가 전혀 없다면 $r_s=1$ 이 될 것이고, 반대로 두 변량간의 순위가 완전히 역의 관계에 있다면 $r_s=-1$ 의 결과가 초래된다. 또한 두 변량간의 순위가 무작위적으로 배열된 경우에는 $r_s=0$ 에 가까워지게 되는 특성을 갖고 있다. 따라서 r_s 는 그 절대치의 크기에 따라 상관도를 측정할 수 있을 뿐 아니라 부호에 따라 정

또는 부의 상관관계를 확인할 수 있다.

먼저, 어떤 산업이 한 단위의 제품을 생산하기 위하여 관계를 가지는 전체 산업과의 연결망에서 얼마나 중심적인 위치를 차지하는가(중양성: centrality)가 R&D투자 및 매출액과 상관관계가 있는지를 살펴보았다.

<표 7>의 분석결과를 보면, 네트워크 특성별 중양성의 순위와 R&D집약도 및 1인당매출액의 순위와는 서로 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 즉, 한 산업이 생산 활동을 위해서 다른 제조업 및 서비스분야와의 연결망에서 얼마나 중심적인 위치를 차지하는가는 R&D투자 및 매출액 증대와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

이는 동종 및 연관 산업분야까지 포함하는 실제적인 산업클러스터에서 한 산업이 담당하는 물자거래 및 정보교류의 정도가 그 산업에 속한 기업들의 혁신을 위한 R&D투자와 혁신성으로 대표되는 매출액에 미치는 영향이 없는 것으로 이해된다.

<표 7> 네트워크 중양성과 R&D집약도 및 1인당매출액과의 순위상관계수

순위상관분석		2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
내향 중양성	R&D 집약도	-0.044	-0.130	-0.007	-0.039	-0.044
	1인당 매출액	-0.370	-0.203	-0.370	-0.333	-0.328
외향 중양성	R&D 집약도	-0.348	-0.400	-0.191	-0.262	-0.348
	1인당 매출액	0.400	0.414	0.289	0.365	0.417
사이 중양성	R&D 집약도	0.277	0.218	0.404	0.277	0.277
	1인당 매출액	-0.083	-0.010	-0.098	-0.150	-0.098

참고) *(5%), **(1%)에서 통계적으로 유의함.

두 번째는 어떤 산업이 한 단위의 제품을 생산하기 위하여 관계를 가지는 전체 산업과의 연결망이 얼마나 효과적으로 집중되어 있는가가(중심화: centralization)가 기업의 R&D투자 및 매출액과 상관관계가 있는지를 살펴보았다.

<표 8>의 분석결과를 보면, 네트워크의 외향 중심화의 순위와 1인당매출액과의 순위는 2000년, 2002년, 2004년에는 5%범위에서 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.¹¹⁾ 한편 네트워크의 사이 중심화의 순위와 R&D집약도의 순위는 1%범위에

11) 순위상관분석은 모두 양측검정을 실시하였으며, 단측검정의 경우에는 2001년과 2003년에도 5%범위에서 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

서 강한 역(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 동종 및 연관 산업분야까지 포함하는 실제적인 산업클러스터에서 한 산업의 타 산업분야와의 물자거래 및 정보 교류의 효율성 정도는 네트워크 구조의 특성에 따라 그 산업에 속한 기업들의 R&D 투자와 매출액에 상이한 영향을 미치는 것으로 해석된다.

<표 8> 네트워크 중심화와 R&D집약도 및 1인당매출액과의 순위상관계수

순위상관분석		2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
내향 중심화	R&D 집약도	0.208	0.243	0.137	0.142	0.208
	1인당 매출액	0.211	0.174	0.240	0.279	0.289
외향 중심화	R&D 집약도	-0.145	-0.172	-0.142	-0.098	-0.145
	1인당 매출액	0.561*	0.517	0.546*	0.544	0.593*
사이 중심화	R&D 집약도	-0.768**	-0.833**	-0.725**	-0.698**	-0.768**
	1인당 매출액	0.372	0.469	0.390	0.250	0.328

참고) *(5%), **(1%)에서 통계적으로 유의함.

외향 중심화가 R&D집약도와는 상관관계가 없는 것으로 나타났으나, 1인당 매출액과는 정(+)의 상관관계가 나타났는데 이는 k산업이 전달자로서의 네트워크의 효율성이 높을수록 효과적인 물자거래 및 정보교류로 인해서 1인당 매출액이 증가한 것으로 해석된다.

한 산업의 사이 중심화는 1인당 매출액과는 상관관계가 없는 것으로 나타났으나, R&D집약도와는 강한 역(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났는데 이는 k산업이 브로커로서의 네트워킹이 용이할수록 지식교류의 외부성(free rider 존재)때문에 R&D 투자가 감소한 것으로 해석된다.

실증분석의 결과를 요약하면 첫째, 한 산업의 ‘클러스터화’에 대한 대리변수로 사용한 중심화의 경우, 외향 중심화는 혁신성과인 1인당 매출액과 정(+)의 상관관계가 있고, 사이 중심화는 혁신을 위한 노력인 R&D집약도와 역(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

둘째, 한 산업의 투입산출 네트워크의 중앙성은 기업의 R&D투자 및 매출액과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 한 산업이 최종재를 생산하기 위한 전체 산업과의 네트워크구조에서 얼마나 영향력이 큰 중심적인 위치를 차지하는가는 기업의

혁신에 대한 투자 및 혁신성과에 영향을 미치지 않고 있음을 시사하고 있다.

따라서 본 연구에서 설정한 투입-산출관계에 의한 제조업의 가치사슬 네트워크의 특성에 따라 산업의 R&D투자와 매출액에 다른 영향을 미친다는 ‘네트워크 관점 혁신 가설(network perspective innovation hypothesis)’이 유효한 것으로 나타났다.

실증분석결과에 의해 각 산업의 외향 중심화나 사이 중심화가 전제조업의 평균 외향 중심화나 평균 사이 중심화보다 큰가 작은가에 따라 제조업을 다음과 같이 네 가지 유형으로 분류할 수 있다.

<표 9> 외향 중심화와 사이 중심화에 의한 제조업유형의 분류

	R&D투자 무임승차형 : 사이 중심화 > 평균 사이 중심화	R&D투자 경쟁형 : 사이 중심화 < 평균 사이 중심화
네트워크 집중형 : 외향 중심화 > 평균 외향 중심화	수요자 혁신주도 R&D 무임승차형 제조업 (A)	수요자 혁신주도 R&D 경쟁형 제조업 (B)
네트워크 분산형 : 외향 중심화 < 평균 외향 중심화	R&D 무임승차형 제조업 (C)	R&D 경쟁형 제조업 (D)

A. 수요자 혁신주도, R&D 무임승차형 제조업(외향 중심화와 사이 중심화가 모두 높은 산업)

<예> 제1차 금속제품

B. 수요자 혁신주도, R&D 경쟁형 제조업(외향 중심화가 높고, 사이 중심화가 낮은 산업)

<예> 전기전자기기, 수송장비, 의약품

C. R&D 무임승차형 제조업(외향 중심화가 낮고, 사이 중심화가 높은 산업)

<예> 섬유제품, 음식료품, 의복·가죽·신발제품

D. R&D 경쟁형 제조업(외향 중심화와 사이 중심화가 모두 낮은 산업)

<예> 가구및기타제조업, 조립금속제품, 정밀기기, 일반기계

외향 중심화와 사이 중심화에 의한 제조업유형의 분류는 클러스터의 핵심 정책수단인 네트워크와 R&D투자에 대해 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

주요 산업별로 보면, 제1차금속제품의 경우, 외향 중심화와 사이 중심화가 모두 높은 수요자 ‘혁신주도, R&D 무임승차형 제조업’으로 분류되었다. 즉, 제1차금속제품 최종재 1단위를 생산하기 위한 직·간접적인 투입산출의 가치사슬 연결망구조가 전달자로서의 수요연계 및 브로커로서의 네트워크가 매우 용이함을 의미한다. 따라서 혁신성과를 높이기 위해서는 전달자로서 일반기계 및 수송장비업체 등 타 산업부문과의 수요연계 구조를 토대로 클러스터정책을 추진할 필요성이 높다. 현실에서도 제1차금속제품은 영세소기업의 비중이 높고, 일반기계 및 수송장비업체 등의 하청업체로 구성되어 있어 주로 원청업체와의 납품관계 안에서 혁신활동을 하고 있다.

최근 참여정부는 부품·소재산업의 중요성이 대두됨에 따라 지난 제43차 중소기업특별위원회 확대회의(‘05.1.17)의 안건으로 ‘부품·소재산업 발전전략’을 발표하였으며, 중심내용은 원천기술이 포함된 중·장기 대형 R&D지원을 통한 ‘중핵기업 육성’ 등 부품소재기업들의 대형화와 혁신클러스터 정책으로 요약된다. 하지만 금속제품의 경우, 수입대체효과가 기대되는 품목부터 부품(기업)과 소재(기업)를 연계하여 R&D지원을 하는 등 부품과 소재의 동반성장을 유도하는 정책이 추진되어야 할 것이다.

전기전자기기는 외향 중심화가 높고, 사이 중심화는 가장 낮게 나타나 ‘수요자 혁신주도, R&D 경쟁형 제조업’으로 분류되었다. 즉, 전기전자기기의 클러스터구조가 전달자로서의 수요연계는 용이하나, 브로커로서의 네트워크 효율성은 상대적으로 낮아 타 산업부문의 혁신을 위한 R&D투자에 대한 무임승차문제가 상대적으로 가장 낮다고 할 수 있다. 따라서 전기전자기기의 혁신성과를 높이기 위해서는 전기전자기기부문에 대한 직접적인 R&D투자를 증대시키고, 전달자로서 수요연계를 토대로 마케팅 및 신제품개발측면에서 지식정보교류를 강화하여 새로운 수요를 창출하는 정책이 더욱 유효할 것으로 판단된다.

섬유제품의 경우 외향 중심화가 낮고, 사이 중심화가 높은 ‘R&D 무임승차형 제조업’으로 분류되었다. 즉 섬유제품의 가치사슬 연결망구조에서 전달자로서의 클러스터화 수준은 낮은 반면, 단순 매개자로서 네트워크가 집중되어 있다는 것이다. 이는 타 산업부문의 혁신노력에 대한 무임승차문제로 인해서 섬유제품의 혁신을 위한 R&D투자가 감소할 수 있음을 의미한다. 따라서 섬유제품의 혁신성과를 높이기 위해서는 R&D투자에 대한 무임승차문제를 줄이기 위한 경쟁촉진정책과 의복·가

죽·신발제품 등 타 산업부문과의 수요연계강화를 위한 클러스터 정책이 필요하다.

또한 섬유제품과 밀접한 관계를 맺고 있는 원재료인 일반화학제품, 생산설비로서 기계류와 부속품과의 생산연계¹²⁾ 뿐만 아니라, 판매 및 물류를 위한 운수·창고업과 도소매업, 자금조달을 위한 금융, 그리고 고부가가치화를 위한 문화서비스와 사업서비스 등 전문요소공급자부문과의 연계강화를 위한 클러스터 정책이 유효할 것이다¹³⁾.

일본의 경우, 2003년 일본 섬유산업의 나아갈 방향과 대응정책이라는 ‘일본 신섬유 비전’을 제시하고 중요사업으로서 ‘중소 섬유제조사업자 자립화 사업’을 실시하고 있는데 사업의 구체적 요건으로서 디자이너, 기획·컨설턴트 등을 활용하고 외부로부터 충분한 경영자원의 보완을 요구하고 있다.

한국은 최근 산자부에서 섬유패션산업의 발전전략¹⁴⁾으로 산업용섬유개발, 패션디자인 개발 활성화와 원사에서부터 직물, 의류·패션에 이르는 전 스트림(stream)간 협력기술개발사업을 강조하고 있지만, 섬유 R&D지원정책에 있어서 디자인 및 엔지니어링 서비스와 기획·마케팅 등 전문요소공급자와의 연계전략을 보다 적극적으로 도입할 필요성이 높다.

외향 중심화와 사이 중심화가 모두 낮은 ‘R&D 경쟁형 제조업’으로는 가구및기타 제조업, 조립금속제품, 정밀기기, 일반기계가 분류되었다. 즉, 가치사슬 연결망구조에서 전달자 및 단순 매개자로서 네트워크 집중도가 모두 상대적으로 낮은 제조업들이다. 따라서 이들 제조업의 혁신성과를 높이기 위해서는 R&D투자에 대한 무임승차 문제가 낮으므로 산업내 공정혁신 중심의 엔지니어링 및 R&D투자를 강화하고 수요부문과의 연계강화를 위한 클러스터정책이 중요하다.

2005년 기준, 부품소재 산업의 연구개발집약도분석¹⁵⁾에서도 ‘R&D투자 무임승차형’에 해당되는 제조업은 연구개발집약도가 전체 기업수준을 여전히 하회하는 것

12) 기술혁신패턴의 차이에 의한 산업분류체계에서도 섬유, 의복은 기술원천이 타 산업의 자본재, 원재료 공급에 있는 것으로 분류되고 있다.(참고: 박용태(2007), 「차세대 기술혁신을 위한 기술지식경영」, pp68-69)

13) 현실에서도 이태리 섬유산업의 중요한 산업지원 서비스 체제로서 외부디자이너, 전시 프로모터, 엔지니어, 컨버터 등 전문요소공급자를 소개하고 있다.(참고: 한국섬유개발연구원(1999), 「이탈리아 패션산업의 경쟁력 원천」, pp122-123)

14) 산업자원부, “섬유패션산업의 구조혁신 전략”, 2006. 11.

15) 한국산업기술재단(2007), 「산업정책 활용도 제고를 위한 기업체 연구개발활동 결과의 미시적 분석」, pp. 26.

으로 나타났으며, 'R&D투자 경쟁형'에 해당되는 제조업은 모두 연구개발집약도가 전체 기업수준을 상회하는 것으로 나타나 제조업별 가치사슬 네트워크구조의 특성에 따른 차별화된 클러스터 정책이 긴요함을 알 수 있다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 산업간 네트워크 구조를 기초로 산업간 연결망 분석을 시도하였으며, 각 산업의 경우 전체 산업간 네트워크 구조 속에서 각 산업의 중심적인 위치를 나타내 주는 지표(중앙성: centrality)와 함께 산업간 연계의 효율성을 나타내주는 지표(중심화: centralization)를 추계하였다. 아울러 이러한 지표들과 R&D투자 및 매출액과의 상관관계를 분석하여 거시적 차원에서 혁신을 위한 투자 및 혁신의 성과에 관한 정책적 함의를 도출해 내려는 시도를 하였다.

분석 결과, 특정 산업이 최종재 한 단위를 생산하는 경우, 전체 산업과의 직·간접적인 중간재 거래관계망에서 얼마나 영향력이 큰 중심적인 위치에 있는가를 나타내는 중앙성의 정도는 기업의 혁신에 대한 투자 및 혁신성과에 영향을 미치지 않는다는 것을 확인하였다. 반면, 한 산업의 생산 활동을 위한 전체 산업과의 네트워크 구조가 얼마나 효율적으로 집중되어 있는가를 나타내는 중심화(클러스터화에 대한 대리변수로 사용함)의 정도는 기업의 혁신에 대한 투자 및 혁신성과에 영향을 미치고 있음을 국가차원의 거시적 수준에서 확인할 수 있었다. 이러한 분석결과는 향후 국가적인 수준에서 산업별 클러스터정책과 관련하여 많은 것을 시사해 주고 있다.

특히 산업별 가치사슬 네트워크 구조의 특성이 상이한 가운데 제조업의 유형을 구분할 수 있었으며, 유형별로 차별화된 클러스터 정책이 필요한 것으로 나타났다. 섬유제품 등 'R&D 무임승차형 제조업'의 경우에는 타 산업부문과의 지식교류에서 무임승차문제가 크게 작용할 수 있으므로 적절한 '경쟁정책'이 수반되어야 한다. 아울러 이들 산업부문들은 전문요소공급자부문 등 혁신수준이 높은 타 산업부문과의 연계강화를 통한 혁신창출정책이 요망된다. 반면, 가구및기타제조업 등 'R&D 경쟁형 제조업'은 공정혁신 중심의 엔지니어링 및 산업내 R&D투자가 필요한 것으로 나타났다.

제1차금속제품은 '수요자 혁신주도, R&D 무임승차형 제조업'으로서 일반기계 및 수송장비 등 타 산업부문과의 공동 R&D등 수요자와의 적극적인 동반성장정책이 필요하다, 반면 전기전자기기 등 '수요자 혁신주도, R&D 경쟁형 제조업'은 해당산업부문에 대한 집중적인 R&D투자 및 타 산업부문과의 수요연계를 토대로 지식정보교류를 강화하여 새로운 수요를 창출하는 정책이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 기존연구와 달리, 한 산업에 국한되지 않고 전체 산업의 보다 광범위한 구성주체들로 존재하는 현실적인 산업클러스터의 네트워크 구조를 파악하고, 산업별 네트워크 구조의 특성이 기업의 혁신을 위한 노력으로서의 R&D투자와 혁신성으로서의 매출액에 미치는 영향을 분석하였다는 측면에서 그 의의가 있을 것으로 사료된다. 그러나 포터의 정의에 의한 산업클러스터의 중요한 요소인 지리적·공간적 개념을 다루지 못했다는 한계점과 한 산업의 클러스터를 구성하는 산업내 하위부문간의 연계관계를 분석하지 못했다는 단점이 있다.

향후 지역산업연관표 등의 추가적인 통계이용 및 시계열에 의한 산업별 네트워크 구조의 변화가 함께 다루어진다면 국가차원의 산업정책 및 지역의 특정 산업클러스터 정책에 보다 현실적인 시사점을 제공해줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김용학(2004), 「사회 연결망 분석」, 서울: 박영사.
- 강창덕(2002), “산업연관표로 본 한국 ICT클러스터의 산업연계특성과 그 정책적 함의”, 국토연구」 제34권(2002, 9), 국토연구원.
- 과학기술부·한국과학기술기획평가원, 「과학기술연구개발활동조사보고서」 2001년-2005년 각권.
- 남기범(2006), “지역혁신체제의 측정과 평가모형”, 혁신클러스터 연구회 세미나, 과학기술정책연구원(STEPI). pp. 6-7.
- 박용태(2007), 「차세대 기술혁신을 위한 기술지식경영」, 경기도: 생능출판사. pp. 68-69.

- 복득규·박용규(2005), “클러스터의 네트워크 구조가 개별기업의 R&D투자에 미치는 영향”, 혁신클러스터 연구회 세미나, 과학기술정책연구원(STEPI).
- 삼성경제연구소·한국산업기술평가원(2004), 「주요산업 집적지별 발전전략 수립: 한국의 클러스터 맵 작성을 중심으로」
- 심승진(1995), 「국제경제관계론」, 서울: 법문사, pp. 507-510.
- 이진면·정준호(2006), “제조업에 있어서 산업클러스터의 식별과 연계네트워크에 관한 실증적 분석: 산업연관관계를 중심으로”, 혁신클러스터 연구회 세미나, 과학기술정책연구원(STEPI).
- 한국산업기술진흥협회(2006), 「2006년판 산업기술백서」, pp. 675.
- 한국은행(2005), 「2000년 산업연관표」.
- Bagella and Becchetti(2002), “The “Geographical Agglomeration-Private R&D Expenditure” Effect: Empirical Evidence on Italian Data”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 11, No. 3.
- Beal and Gimeno(2001), “Geographical Agglomeration, Knowledge Spillovers and Competitive Evolution”, *Academy of Management Best Paper Proceedings*, Academy of Management Meeting.
- Bergman, E. and E. Feser(1999), “Industry Clusters : A Methodology and Framework for National and Regional Development Policy in the United States”, in OECD, *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, OEDC, Paris.
- DeBresson and Hu(1999), “Identifying Clusters of Innovative Activity: a New Approach and a Toolbox”, in OECD, *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, OEDC, Paris.
- L. Peeters, M. Tiri, A. Berwert(2001), “Identification of Techno-Economic Clusters Using Input-Output Data: Application to Flanders and Switzerland”, *Center for Science and Technology Studies*.
- Lundvall(1992), *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London.
- Porter, M.E(1998), “Cluster and Competition”, in Porter, M. E. *On Competition*.

Pim den Hertog and Sven Maltha(1999), "The Emerging Information and Communication Cluster in the Netherlands", *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, OECD Proceedings.

Roelandt, T. J. A., and P. den Hertog(1999). "Cluster analysis and cluster-based policy making: the state of the art" in OECD, *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, OEDC, Paris.

부 록

1. 단위구조의 개념과 단위구조 매트릭스의 도출

산업연관표는 산업간, 국민경제 각 부문간의 생산기술적인 연결관계를 주축으로 본원적인 투입요소와 중간 투입요소를 통해 최종생산물이 산출되는 과정을 보여주고 있으며, 일반적으로 산업연관분석의 기본틀은 다음과 같은 레온티에프형 생산함수의 형태로 나타내 보일 수 있다.

$$Q_j = f_j(K, L, X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})$$

단, Q_j 는 j 부문의 산출, K 는 자본 투입, L 은 노동 투입, X_{ij} 는 i 부문으로부터 j 부문으로의 중간투입을 나타낸다.

이러한 레온티에프형 생산함수는 생산에 필요한 직접적인 중간투입구조는 나타내고 있으나, 최종수요를 창출해내기 위한 직·간접적인 생산순환체계를 포괄적으로 나타내주지는 못하고 있다. 따라서 산업연관체계 속에서 투입계수행렬의 열벡터를 가지고 파악되는 직접적인 기술구조뿐만 아니라 직·간접 중간투입재를 고려하여 전체적인 생산기술체계를 구체적으로 나타내기 위해 단위구조의 개념을 도입하였다. 산업연관분석에서 일반적인 생산결정의 논리를 2개 부문으로 나타내면,

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix},$$

과 같다. 단, F_i 는 i 부문 최종수요, b_{ij} 는 레온티에프 역행렬계수, X_i 는 i 부문의 생산, $i, j = 1, 2$ 를 나타낸다.

반면, 제1부문의 최종수요 1단위를 생산하기 위한 단위구조의 생산결정논리를 살펴보면, $\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}$ 이며, 따라서 $\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix}$ 와 같다. 즉, 1부문의 최종수요 한 단위를 충족시키기 위해서는 생산유발계수행렬의 제1열이 필요함을 의미하게 되며, 이때 최종생산물 한 단위를 생산하기 위하여 필요한 산업간 제반 중간재거래를 나타낸 것이 단위구조이다.

<단위구조 매트릭스>

	1	2	최종수요	총생산
1	U_{11}	U_{12}	1	b_{11}
2	U_{21}	U_{22}	0	b_{21}
부가가치	V_1	V_2		
총투입	b_{11}	b_{21}		

여기서 투입계수의 정의로,

$$a_{11} = U_{11}/b_{11}, \quad a_{12} = U_{12}/b_{21}$$

$$a_{21} = U_{21}/b_{11}, \quad a_{22} = U_{22}/b_{21}$$

이로부터, U_{ij} 를 다음과 같이 도출해 낼 수 있다.

$$U_{11} = a_{11}b_{11}, \quad U_{12} = a_{12}b_{21}$$

$$U_{21} = a_{21}b_{11}, \quad U_{22} = a_{22}b_{21}$$

즉,

$$\begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} \\ U_{21} & U_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{21} \end{bmatrix}$$

이를 행렬로 표시하면, $U = A \times b_{ij}^*$ 와 같은 단위구조가 된다. 단, U ; 단위구조행렬, A ; 투입계수행렬, b_{ij}^* ; 생산유발계수 j번째 열의 대각행렬을 나타낸다.

2. 산업별 단위구조에 의한 네트워크 분석

사회연결망분석의 목적이 구조나 연결망 형태의 특징을 도출하고, 관계성으로 체계의 특성을 설명하거나 체계를 구성하는 단위의 행위를 설명하는데 있는 만큼, 본 연구에서도 산업별 단위구조 매트릭스의 네트워크 분석을 위해 사회연결망분석을 활용하였다. 사회연결망분석에서는 방향이 표현된 네트워크 그래프에서 단순한 관계의 유·무뿐만 아니라 관계의 방향을 함께 구분할 수 있다. 외향연결정도(Out-degree)는 어떤 점(A)이 다른 점(B)에게 화살표를 주는 관계의 정도를 의미($A \rightarrow B$)하며, 내향연결정도(In-degree)는 어떤 점(A)이 다른 점(B)에게 화살표를 받는 관계의 정도를 의미($A \leftarrow B$)하게 된다. 즉, 외향 연결정도는 어느 한 점으로부터 다른

모든 점들에게 미치는 관계의 수이며, $outdegree_i = \sum_{j=1}^N Z_{ijk} = Z_{ik}$ 와 같이 나타낼 수 있다. 단, Z_{ijk} 는 k연결망에서 i점으로부터 j점으로의 관계를 의미한다. 내향 연결 정도는 어느 한 점이 다른 모든 점들로부터 받는 관계의 수로써 $indegree_i = \sum_{k=1}^N Z_{ijk} = Z_{jk}$ 와 같다.

또한 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도와 미치는 영향력이라는 측면에서 사회연결망분석에서 가장 많이 쓰이는 지표 가운데 하나가 중앙성(centrality)이다. 즉 중앙성이 높다는 것은 관계와 물자 및 정보의 교류가 활발하다는 것을 의미하게 된다. 외향 중앙성(Out-degree centrality) 및 내향 중앙성(In-degree centrality)을 측정하는 연결정도 중앙성(degree centrality)은 한 네트워크에서 한 점(벡터)이 담당하는 정보교류(물자거래)의 정도를 표현하며, 전체 연결 수에서 각 점(벡터)의 내향 연결정도 와 외향 연결정도의 비율로 측정된다.

$$\text{연결정도 중앙성 } C_i = \frac{\sum_{j=1}^N (Z_{ij} + Z_{ji})}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (Z_{ij})} \quad \text{단, } 0 \leq C_i \leq 1$$

사이 중앙성(Betweenness centrality)은 네트워크 내에서 한 결점(m)이 연결망 내의 다른 점들 ‘사이에’ 위치하는 정도를 측정하는 것으로서 다른 결점들 사이에서 브로커 역할을 하는 정도를 측정한다고 볼 수 있다. $\sum_i \sum_j g_{ij}$ 는 결점 i,j를 연결하는 최단경로이고, $\sum_i \sum_j g_{imj}$ 는 결점 m이 i,j사이의 최단경로 위에 위치하는 경우의 수이다. 분모는 지표를 표준화하기 위하여 분자가 가질 수 있는 최대값으로 나눈 것으로 사회연결망분석을 위한 S/W인 Ucinet 6에서는 이 숫자에 100을 곱하여 퍼센트로 표현한다.

$$\text{표준화된 사이 중앙성 } C_B(p_m) = \frac{\sum_i \sum_j g_{imj}}{(N^2 - 3N + 2/2)} \quad \text{단, } i < j \quad i \neq j$$

중심화를 측정하는 방법도 중앙성을 측정하는 연결정도 중앙성, 사이 중앙성에 대응하여 존재한다. 중심화를 측정하는 방법은 가장 중심적인 점과 다른 모든 점들의 중앙성 점수들간의 차이를 각각 구하여 이를 모두 합한 다음, 이것을 논리적으로 가능한 최대값으로 나누는 것이다. 연결정도 중앙성에 근거한 중심화 지수는 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^N (C_{dmax} - C_d p_i) / \sum_{i=1}^N \max(C_d - C_d p_i) = \sum_{i=1}^N (C_{dmax} - C_d p_i) / (N^2 - 3N + 2)$$

마찬가지로 사이 중앙성에 의한 중심화 지수도 마찬가지로 절차를 통해 계산된다. 분자는 관찰된 최대값과 각 노드 사이의 차이를 합한 것이고 분모는 논리적으로 가능한 최대값이다.

$$C_B = \sum_{i=1}^N C_B(p_{max}) - C_B(p_i) / (N^3 - 4N^2 + 5N - 2)$$