

네트워크이론과 경제구조 그리고 경제충격에 관한 실증연구: 기술경제적 함의

An Empirical Study on the Network Theory, Economic Structure and Economic Shocks:
The Implications on Technology Economics

조상섭(Sang Sup Cho)*, 강신원(Shin-Won Kang)**

목 차

- | | |
|------------------|--------------|
| I. 서론 | III. 실증분석 |
| II. 이론적 배경과 분석모형 | IV. 결론 및 시사점 |

국문 요약

경제변동의 원인과 발생과정 그리고 발전방향에 대한 이론적 논의가 활발하게 전개되고 있다. 본 연구는 경제변동에 대한 설명이론으로 네트워크 이론(Acemoglu, et al. 2012, 2010)을 적용하여 우리나라 경제변동성에 대한 실증적 연구를 수행하였다. 2000년도, 2005년도와 2010년도 3개년도 산업연관표를 적용하여 실시한 실증분석결과를 보면, 다음과 같이 분석결과를 요약할 수 있다. 먼저 우리나라 경제구조는 2000년도에 비하여 2005년도 그리고 2010년도가 1차 상호연결성과 2차 상호연결성의 파레토분포 인자가 지속적으로 높아지고 있다. 이러한 분석결과로부터 우리나라 네트워크 경제구조는 과거에 부문사이에 높은 연결성을 갖는 경제구조에서 그 연결성이 낮아지고 있는 경제구조로 변화하고 있음을 알 수 있다. 둘째, 유클리드 놈으로 측정된 우리나라 산업부문사이에 평균 영향력 벡터는 2000년도에 비하여 2005년도 그리고 2010년도에 더욱 낮아졌다. 이 분석결과는 핵심적 산업부문의 영향력이 낮아지고 있음을 보여주며, 산업부문사이에 투입과 산출의 상호연결성이 약화되고 있음을 보여준다. 이 분석결과는 한 부문의 경제적 충격이 느리게 진행되는 특징이 존재하지만, 전체 경제에 그 부문 충격이 2000년대 초기에 비하여 상대적으로 완화되었음을 보여준다. 이러한 연구결과를 바탕으로 몇 가지 산업 및 기술정책적 시사점을 제시하였다.

핵심어 : 네트워크이론, 입상이론, 산업연관분석, 멱법칙, 영향력 벡터, 유클리드 놈, 파레토분포 인자

※ 논문접수일: 2013.8.7, 1차수정일: 2013.11.5, 게재확정일: 2013.11.6

* 호서대학교 교수, choss@hoseo.ac.kr, 041-560-8353

** 순천대학교 교수, swkang@sunchon.ac.kr, 061-750-3676, 교신저자

ABSTRACT

The theoretical discussion of generation process and development directions of economic fluctuations are actively discussed. This study describes the economic changes applied to empirical research on economic volatility in Korea under the economic theory of network theory [Acemoglu, et al. 2012, 2010]. For the three years in 2000, 2005, and 2010, the network analysis were applied to industry input-output tables. The research results show that the network economic structures in Korea is shifted from a high connectivity among sectors to a lower connectivity. Also, the impact of key industries and the mutual connectivity of input and out among industrial sectors are weakened. Implications for industry and technology policy are derived from the study results.

Key Words : Network theory, Theory of granular, Input-output analysis, Power law, The influence vector, Euclid norm, Pareto distribution factor

I. 서 론

경제 변동성의 발생원인과 그 확장 및 축소과정에 대한 연구 분야는 경제성장에 관한 연구 분야와 더불어 경제학의 중요한 분야로 자리하고 있다. 전통적으로 경제변동성에 대한 이론적 기반은 Lucas(1977)가 제공한 다양성 법칙(Diversification Argument)에 근거를 두고 전개되었다. 이 이론의 핵심주장은 한나라의 경제 변동성은 특정한 부문의 충격이 전체 경제로 \sqrt{n} 의 정도로 전이되면서 전체 경제 관점에서 볼 때, 부문의 특정한 변동성이 약화되거나 또는 소멸함을 보였다.¹⁾

그러나 최근 Gabaix(2011)는 경제 변동성의 원인과 전개과정을 입상이론(Granular Theory)적 기반에 두고 전개하였다. 이 이론에 따르면, 만일 경제구조가 멱함수분포로 구성되어 있다면, 특정 부문의 충격은 \sqrt{n} 으로 감소되기 보다는 상대적으로 느리게 감소되기 때문에 충격의 크기가 줄지 않음을 보이는 데 있다.²⁾ 따라서 미시적 충격이 거시적 충격으로 지속적으로 전이될 수 있음을 의미한다.

경제 변동성을 설명하는 두 이론은 경제적 사사점이 매우 다르기 때문에 이 이론들에 대한 실증적 검증이 최근 활발하게 진행되고 있다. 대표적 연구로 먼저 Foerter, et al.(2011)은 미국 경제의 경우에 부문충격보다는 공통적 요인에 의한 경제변동성이 발생하고 있음을 보였다. 반면 Acemoglu, et al.(2012)은 네트워크 이론에 입각하여 부문충격이 전체 경제변동성으로 전이될 수 있음을 보였다.

본 연구는 경제변동성을 설명하는 네트워크 이론적 접근을 우리나라 경제구조에 적용하여 산업연관표를 중심으로 실증적 분석하였다. 본 연구를 통하여 제시되는 분석결과는 경제변동성을 설명하는 방법론으로 네트워크이론을 우리나라 경제구조에 적용한 연구라는 관점뿐만 아니라 최근 흥미롭게 논의되는 경제 민주화에도 밀접하게 관련되어 있다. 즉 앞에서 언급했듯이, 우리나라 경제구조는 소수 대기업이 차지하는 비중이 높기 때문에 대기업의 부정적 충격으로 발생할 국가 전체 경제의 부정적 변동성에대한 영향을 평가할 수 있기 때문이다. 역시 경제의 기본구조와 기술개발 및 확산이 밀접하게 관련되어 있음을 보여주는 기존 연구로 볼 때[Ductor et al.(Forthcoming) 참조], 본 연구결과는 기술정책적으로 중요한 함의를 제시하는 바가 크다고 볼 수 있다.

우리나라 경제를 대상으로 본 연구목적과 유사한 기존 연구로 황선웅 등(2011)이 있다. 이 연구는 매우 종합적으로 우리나라 경제의 경기변동확산과정을 깊이 있게 연구하였다. 반면 조

1) 여기서 n 은 전체 경제를 구성하는 부문의 수를 말함. 따라서 만일 $n \rightarrow \infty$ 에 접근하면, 특정 부문의 충격은 상대적으로 무시되거나, 소멸함을 보인다.

2) 우리나라의 경우에 몇 개 대기업이 경제 전체에서 차지하는 비중이 높기 때문에 이 입상이론이 제시하는 경제적 사사점이 매우 크다.

상섭 등(2012)은 Gabaix(2011)의 입상이론과 Foerter, et al.(2011)의 방법론에 따라서 기술 혁신 충격의 구조적 발생가능성을 분석하였다. 역시 조상섭(2012)은 기술이 융합되는 경제 환경에서 네트워크이론의 중요한 발생현상인 멱함수분포의 존재가능성을 분석하였다.

본 연구에서는 Acemoglu, et al.(2012, 2010)이 제시한 네트워크 이론을 적용하기 위하여 3개년도 산업연관분석표(2000, 2005와 2010)를 이용하였다. 그러나 가장 중요한 최근 실증자료인 2010년도 산업연관표는 2005년 실측표의 연장된 산업연관표라는 단점이 존재하여 실제적 경제구조를 반영하는 데 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 최근 경제구조를 적용하기 위하여 연장표인 2010년도 산업연관표를 적용하여 분석하였다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 구성되었다. 먼저 기존 네트워크에 관련된 이론적 배경과 본 연구에서 사용된 분석모형을 기술하였다. 제 III장에서는 2000년도, 2005년도와 2010년도의 산업연관표를 이용하여 경제변동성에 대한 네트워크접근방법에 기반을 두고 실증분석을 하였다. 마지막 장에서는 본 연구결과를 요약정리하고, 경제정책적인 시사점을 기술하였다.

II. 이론적 배경과 분석모형

1. 네트워크 이론적 배경

최근 네트워크이론에 기반을 두고 경제현상과 사회현상을 해석하고, 이해하고 분석하고자 하는 노력이 다양하게 진행되고 있다. Albert et al.(2002)에 따르면, 네트워크접근방식이 여러 학문의 패러다임을 주도하는 이유로 먼저 디지털화된 다양하고 광범위한 자료의 존재와 급속한 컴퓨팅 파워향상, 여러 학문분야에 연결된 다 학제적 접근방식의 보편화 그리고 연구방법의 환원주의에서 전체주의로 변화 등을 제시하고 있다.³⁾

지금까지 네트워크 이론연구들을 통하여 알려진 중요하고 공통된 발견들은 첫째, 네트워크 규모의 크기가 빠르게 성장하고 있지만, 대부분의 네트워크 경로는 작은 세계에 포함됨을 보여준다. 둘째, 네트워크세계에는 클러스터가 존재한다. 마지막으로 네트워크구조는 보편적으로 멱함수법칙이 존재한다는 것이다[Albert et al.(2002) 참조]. 특히 이론적인 관점에서 정규 분포를 가정하고 발전한 기존 사회 및 경제이론에서 보편화된 대표성은 네트워크 이론에서 등장하는 멱함수가 지배하는 세계에서는 그 의미를 잃게 된다.

3) 최근 학계에서 환원주의보다는 전체주의 연구방법론의 예시는 생태계적 접근방식을 다양하게 흡수하는 태도 등을 들 수 있다.

역시 최근에 Baianconi et al.(2001)은 양자역학에서 발전된 개념 즉 Bose-Einstein 축약개념을 이용하여 네트워크 이론을 전개함으로써 보다 쉽고 간단하게 선점의 효과, 승자독식의 현상 그리고 폭포효과(Cascade Effect)등을 설명하고 있다. 또한 Ben-Naim et al.(2006)은 네트워크 특징에 구성원의 적응력에 대한 기본적 가정을 도입함으로써 네트워크사회가 낮은 계층, 중간 계층 상위 계층으로 분리되는 현상과 평등한 사회의 형성에 대한 이론적 전개를 시도하였다.

경제를 하나의 진화하는 네트워크구조로 기술한 Kirman(1998)에 따르면, 만일 경제주체인 개인들의 상호연결확률이 균등 확률분포의 경우에 우리에게 친숙한 진화적 게임이론에서 기술하는 게임 환경이 됨을 보였다. 특히 그는 경제현상에 네트워크 이론적 접근을 통하여 갇힘 효과(Lock-In Effect)와 무리 짓기(Herding Effect) 등의 경제현상을 설명하였다.

Gabaix(2011)는 기업분포가 멱함수분포를 가질 때 거시적 경제충격이 미시적 기업의 특정한 충격에 의하여 발생할 수 있음을 보였다.⁴⁾ 그는 국가적 예시로 핀란드 경제에서 노키아가 GDP의 26%를 차지함으로써 노키아의 어려움이 핀란드 경제의 어려움으로 전이되고 있음을 들었다. 또한 1997년 말에 발생한 아시아 국가들의 경제적 어려움은 아시아 국가의 상위 몇 개 기업 경제적 집중도에서 그 원인을 찾을 수 있음을 기술하고 있다.

Gabaix(2011)와 달리 Acemoglu, et al.(2012, 2010)은 기업단위의 분석단위에서 실제 네트워크자료를 적용할 수 있는 산업 부문단위에서 경제적 충격원인에 대한 네트워크이론을 전개하였다. 이들의 이론의 중요성은 산업 부문사이에 투입과 산출의 연결 구조를 적용하여 산업 부분에서도 특정 산업 부문의 충격이 전체 국가 경제충격으로 이어질 수 있음을 보였으며, 가상적 자료보다 산업연관표를 이용할 수 있는 실증적 방법론을 제시하였다는 학문적 기여도에 있다. 다음 절에서는 본 연구에서 실시한 실증분석을 위하여 Acemoglu, et al.(2012, 2010)의 분석방법론을 간단하게 기술하였다.

마지막으로 기술경제적 관점에서 네트워크접근방법을 적용한 Ductor et al.(Forthcoming)의 연구가 있다. 이들은 네트워크 구조는 기술생산성에 지대한 영향을 미침을 보이고, 다른 조건일 일정하다면 네트워크구조에서 중심적이고 다른 연구자와 연결성이 높은 연구자의 생산성이 높을 보였다.

2. 분석모형

본 분석모형은 Acemoglu et al.(2012, 2010)이 제시한 네트워크경제모형에 기반을 두고 있다. 이미 기존 연구로 다 부문분석모형을 중심으로 전개된 경제모형은 Horvath(1998)과

4) 만일 기업분포가 멱함수 분포를 가질 때, 특정 기업의 충격은 $1/\sqrt{n}$ 을 따르지 않음을 보인다.

Dupor(1999)의 경제구조분석모형이 존재하지만, 보다 본 연구목적과 주어진 자료에 알맞은 경제모형으로 Acemoglu et al.(2012, 2010)이 제시한 네트워크경제모형이 적합하다. Acemoglu et al.(2012, 2010)이 제시한 네트워크경제모형은 여러 경제적 관점에서 적용이 가능하지만, 본 연구에서는 우리나라 경제구조의 변화를 분석하는 데 필요한 경제의 기본모형과 영향력 벡터(Influence Vectors)에 대한 간단한 설명을 실시한 후에 네트워크 이론에서 사용되는 1차 및 2차 상호연결성에 대한 개념을 기술한다.

한 나라의 경제구조는 n 부문으로 이루어졌으며, i 부문의 x_i 의 생산량은 z_i 의 기술생산성과 l_i 의 노동 그리고 x_{ij} 의 j 부문에서 생산된 중간투입물로 생산된다. 또한 노동에 따른 분배 계수 $\alpha \in (0, 1)$ 을 갖는 Cobb-Douglas생산함수로 특징된다.

$$x_i = z_i^\alpha l_i^\alpha \prod_{j=1}^n x_{ij}^{(1-\alpha)w_{ij}} \quad (1)$$

상기 다 부문생산함수에서 중요한 부분은 w_{ij} 이다. w_{ij} 는 i 부문에서 사용되는 j 부문의 생산량 투입정도를 나타내는 연관계수로 만일 $w_{ij} = 0$ 인 경우에는 i 부문의 생산에서 j 생산물을 중간 투입물로 사용하지 않음을 의미한다. 따라서 i 부문의 w_{ij} 의 총 합계는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} = 1 \quad (2)$$

한 나라의 경제구조는 여러 산업 부문사이에 상호부문의 네트워크 경제로 기술되는 투입과 산출의 관계로 네트워크 이론에서 말하는 노드는 각 부문이며, 네트워크 이론에서 링크는 w_{ij} 로 나타난다.

다음은 한 나라에서 생산하는 부가가치의 총합은 다음과 같은 관계로 정리된다.

$$y = \log(GDP) = v' \epsilon \quad (3)$$

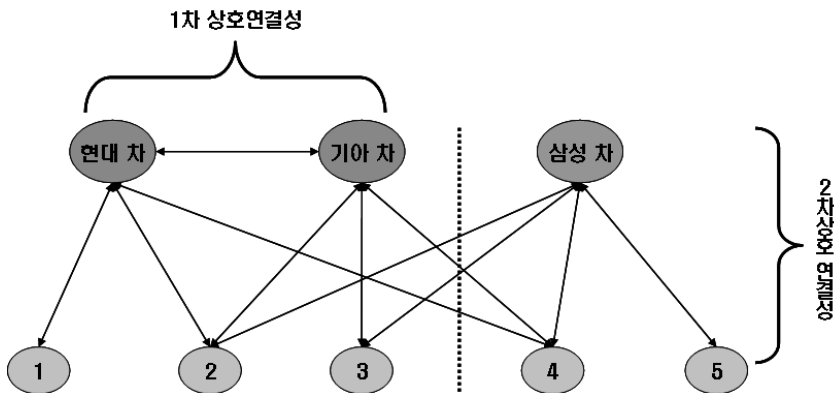
여기서 ϵ 는 $\epsilon_i \equiv \log(z_i)$ 이며, F_i 의 분포에 의하여 특징된다.⁵⁾ 다음은 영향력 벡터는 다음과 같이 정의된다. 여기서 I 는 항등행렬을 의미한다. 또한 1 은 1 을 갖는 벡터를 의미한다.

5) 일반적으로 F_i 의 분포는 정규분포를 가정한다.

$$v \equiv \frac{\alpha}{n} [I - (1 - \alpha)W]^{-1} \mathbf{1} \tag{4}$$

상기 영향력 벡터측정은 네트워크구조에서 Bonacich(1987)가 제시한 중심점(Bonacich Centrality)측정방법과 깊은 관계가 있다. 따라서 만일 한 부문이 보다 높은 영향력 벡터를 갖는다면 한 국가의 생산결정에서 보다 높은 지위를 갖게 된다.

다음으로 산업연관표를 통하여 네트워크 이론에서 이용되는 노드와 링크의 연결 구조를 나타내는 상호연관성에 대한 측정을 다음과 같이 할 수 있다. 먼저 1차 상호연관성은 다음(그림 1)에서 왼쪽 그림과 같은 산업 부문사이에 연결 구조를 기술한다. 즉 1차 상호연관성은 산업부문과 산업 부문사이에 수평적인 연결 구조를 보여준다. 반면 2차 상호연관성을 나타내는 오른쪽 그림은 산업 부문사이에 수직적 구조를 나타낸다. 이러한 2차 상호연관성 관계의 한 예시로 삼성자동차의 생산은 한국타이어 생산과 연관성이 있으며, 한국 타이어는 역시 현대자동차와 상호연관관계로 나타낼 수 있다. 이렇듯이 다차원적 상호연결성을 가진 산업부문은 복잡한 네트워크 구조를 나타내는 상호연결성으로 실패할 수 없는 구조가 된다.



(그림 1) 네트워크 구조에서 1차 및 2차 상호연결성의 예시

앞에서 이미 기술했듯이 경제의 네트워크 구조 $E_n = (I_n, W_n, F_{i \in I})$ 는 그래프 이론의 $G_n = (V_n, E_n, W_n)$ 으로 동일하게 기술할 수 있다. 따라서 앞에서 기술한 경제구조를 나타내는 네트워크의 1차 상호연결 차수(Degree)는 $1 - \alpha$ 로 정규화한 경제의 총 투입생산에서 i 부문이 차지하는 비중을 말한다. 즉

$$d_i^n \equiv \sum_{j=1}^n w_{ji} \tag{5}$$

즉 만일 한 경제의 공급연결가중치 또는 비중이 동일한 경우에는 부문 i 의 차수는 그 부문이 공급하는 수요부문의 수에 비례하게 된다.

다음으로 1차 상호연관성과 유사하게 i 부문의 2차 상호연관성은 i 부문에서 생산된 생산물을 투입요소로 사용하는 부문의 가중된 차수의 합으로 나타난다. 즉

$$q_i^n \equiv \sum_{j=1}^n d_j^m w_{ji}^n \quad (6)$$

앞에서 기술한 각 산업부문의 1차와 2차 상호연관성의 분포를 파악함으로써 한 나라의 산업이 어떤 네트워크구조를 가지고 있는지를 알 수 있다. 만일 한 나라의 경제구조가 정규분포를 나타낸다면, 해당 경제구조는 네트워크 이론에서 알 수 있듯이 산업부문들은 작은 세계 그리고 어떤 산업부문을 중심으로 클러스터가 존재가능성이 약하게 된다. 그러나 산업부문의 1차와 2차 상호연관성의 분포가 멱함수분포를 나타낸다면, 산업부문에 작은 세계 그리고 클러스터가 존재가능성 높게 된다.

Acemoglu et al.(2012, 2010)이 제시한 1차 및 2차 상호연관성의 분포에 따른 경제적 충격은 다음과 같이 이론적으로 기술될 수 있다. 먼저 1차 상호의존성의 경우 d^n 의 분포함수는 다음과 같이 정의된다. 여기서 $c_n = \theta(1)$ 을 만족하는 어떤 정의 수열을 말한다.

$$P_n(k) = c_n k^{-\beta} L(k) \quad (7)$$

여기서 $L(\cdot)$ 은 $\lim_{t \rightarrow \infty} L(t)t^\epsilon = \infty$ 와 $\lim_{t \rightarrow \infty} L(t)t^{-\epsilon} = 0$ 을 만족하는 함수이다. 이러한 1차 상호연관성에 관련된 네트워크 경제구조는 다음과 같은 전체 충격을 나타내게 된다.

$$var(y_n)^{1/2} = \Omega(n^{-\frac{\beta-1}{\beta}-\epsilon}) \quad (8)$$

수식 (7)에서 만일 β 가 작으면 작을수록 1차 상호의존성을 나타내는 d_n 의 변동이 크게 된다. 수식 (8)에서 보듯이 β 인자가 작은 네트워크 경제구조는 한 부문의 충격이 다른 부문으로 전이되는 속도가 매우 느리게 진행되기 때문에 전체 경제의 충격은 상대적으로 크게 된다.⁶⁾ 따라서 Lucas(1977)가 언급한 경제충격에 대한 다양성 법칙(Diversification Argument)이 성

6) 여기서 ϵ 는 어떤 양의 수도 가능하다.

립할 수 없게 된다.⁷⁾

비록 1차 상호의존성에서 d^n 의 분포를 결정하는 인자 β 가 $(2, \infty)$ 의 범위에 속한다하여도 2차 상호의존성에 의한 q^n 의 분포를 결정하는 인자 γ 을 살펴보아야 한다. 이 경우에 2차 상호연관성의 분포함수는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_n(k) = c_n k^{-\gamma} L(k) \quad (9)$$

1차 상호연관성의 d^n 분포에 따른 전체 경제변동성을 나타내는 수식과 동일하게 2차 상호연관성에 기초한 q^n 의 분포로부터 전체 경제의 변동성속도는 다음과 같이 결정된다.

$$\text{var}(y_n)^{1/2} = \Omega(n^{-\frac{\gamma-1}{\gamma}-\epsilon}) \quad (10)$$

1차 및 2차 상호연관성에 기초한 d^n 와 q^n 의 네트워크 분포가 멱함수분포를 동시에 나타내는 경우에는 2차 상호연관성을 나타내는 q^n 의 분포가 1차 상호연관성을 나타내는 d^n 의 분포를 지배하게 된다. 또한 이 경우에는 네트워크 이론적으로 분포의 형태를 결정하는 인자는 항상 $\gamma < \beta$ 로 나타나게 된다.

앞에서 본 바와 같이 네트워크 경제구조에 따라 전체 경제변동성에 주는 시사점은 매우 다르다는 것을 알 수 있다. 이러한 서로 다른 시사점은 경제구조에 따른 경제정책의 수립과 실행에 다른 관점과 접근방법을 제공하기 때문에 우리나라 경제구조에 대한 네트워크 이론적 접근과 이에 기반을 둔 보다 정확한 실증분석이 필요하다고 볼 수 있다.

III. 실증분석

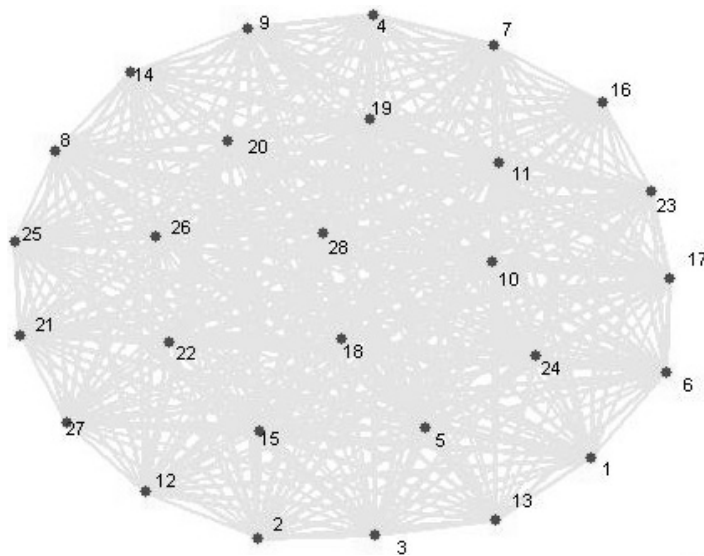
1. 기초자료

우리나라 경제구조변화에 대한 실증분석은 2000년도 산업연관분석표를 비롯하여 2005년도 그리고 2010년도 산업연관분석표를 적용하여 실시하였다. 앞에서 언급한 네트워크 이론에서

7) 근본적으로 다양성의 주장은 확률이론과 분포에 대한 가정과 그 극한분포에 의존하게 된 자세한 확률이론의 논의는 Dnrrett, 2010 참조하시오.

보는 바와 같이 산업연관분석표는 우리나라 산업부문의 투입물과 산출물을 네트워크 형태로 나타낸 경제연관표이다. 5년마다 실측 산업연관표와 매년 실측표에 따른 연장표를 한국은행에서 제공하고 있다. 본 연구에서는 사용한 2010년도 산업연관표는 2005년도의 연장표이다.⁸⁾

먼저 기초적 네트워크분석결과를 살펴보기 위하여 우리나라 2005년도 28부문에 대한 산업부분간에 연결구조를 시각화하였다. 그림을 통하여 우리나라 산업구조의 특징을 살펴보면, 다음과 같다. 첫째, 아래 그림에서 보듯이, 우리나라 산업구조는 크게 핵심부분과 주변부분으로 나누어질 수 있음을 보여주고 있다.⁹⁾ 특히 핵심부분은 주변부분과 긴밀한 상호연결구조를 가지고 있음을 보여준다. 둘째, 핵심부분에 속한 산업들은 앞 장에서 언급한 영향력벡터의 크기가 주변산업보다 크다고 볼 수 있다. 이 크기는 1차 상호연결차수뿐만 아니라 2차 상호연결차수로부터 지수적 증대함을 보여준다.



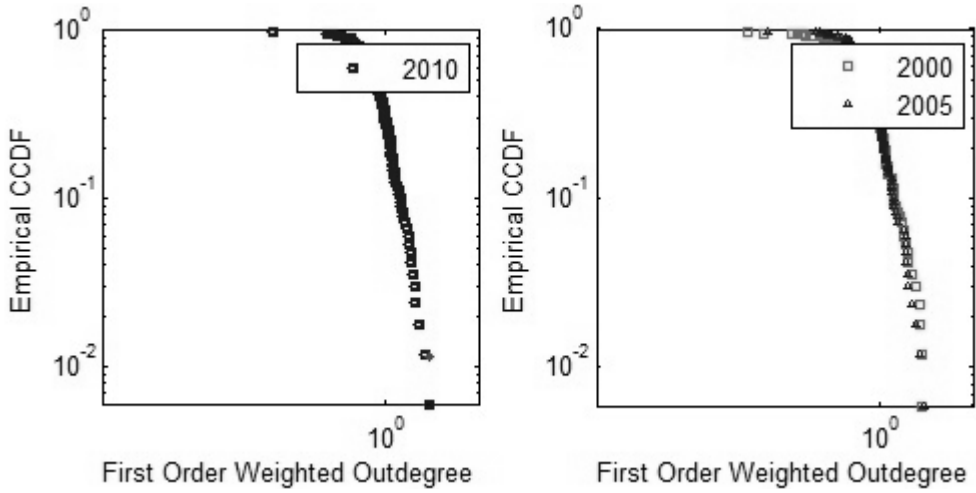
(그림 2) 2005년도 우리나라 28산업부분의 연결구조

아래 그림은 우리나라 산업연관구조를 연도별로 나타낸 것이다. 먼저 (그림 3)는 1차 네트워크 연결성분포를 시각화한 그림으로 상위 20%의 연결수를 나타낸 것이다. (그림 4)는 2차

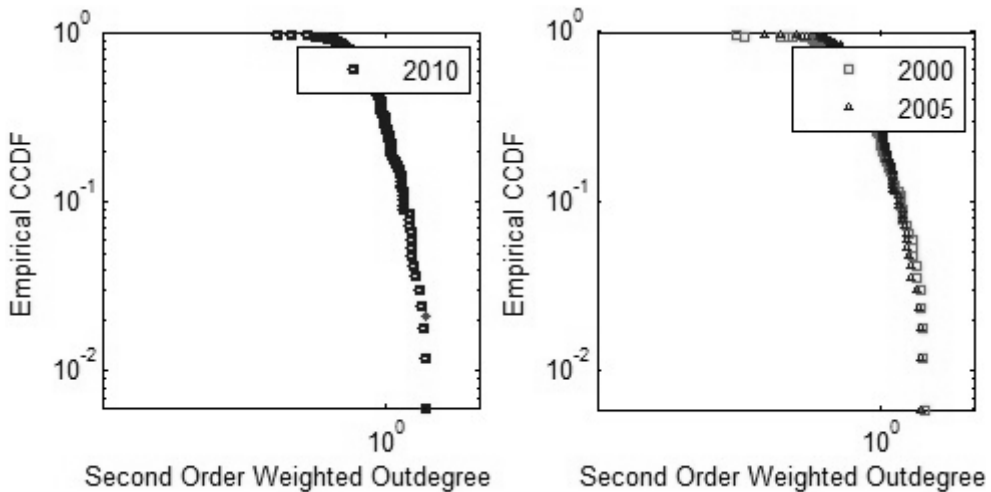
8) 2010년도 실측 산업연관표는 2013년도에 제공할 예정이다.

9) 본 분석에 사용한 산업부분은 다음과 같다. 1 농림수산물, 2 광산물, 3 음식료품, 4 섬유 및 가죽제품, 5 목재 및 종이제품, 6 인쇄, 출판 및 복제, 7 석유 및 석탄제품, 8 화학제품, 9 비금속광물제품, 10 제1차금속, 11 금속제품, 12 일반기계, 13 전기, 전자기기, 14 정밀기기, 15 수송장비, 16 가구 및 기타제조업제품, 17 전력가스 및 수도, 18 건설, 19 도소매, 20 음식점 및 숙박, 21 운수 및 보관, 22 통신 및 방송, 23 금융 및 보험, 24 부동산 및 사업서비스, 25 공공행정 및 국방, 26 교육 및 보건, 27 사회 및 기타서비스, 28 기타

네트워크 연결성분포를 시각화한 것이다.¹⁰⁾ 다음 (그림 3)과 (그림 4)의 특징은 우리나라 산업 부문사이에 상호연결분포가 멱함수에 따름을 보여준다. 그러나 연도별 부문의 상호연결분포변화에 대한 자세한 분석은 시각적인 분석보다 Gabaix et al.(2011)이 제시한 OLS추정방법에 의한 멱함수인자를 추정함으로써 정확하게 알 수 있다.



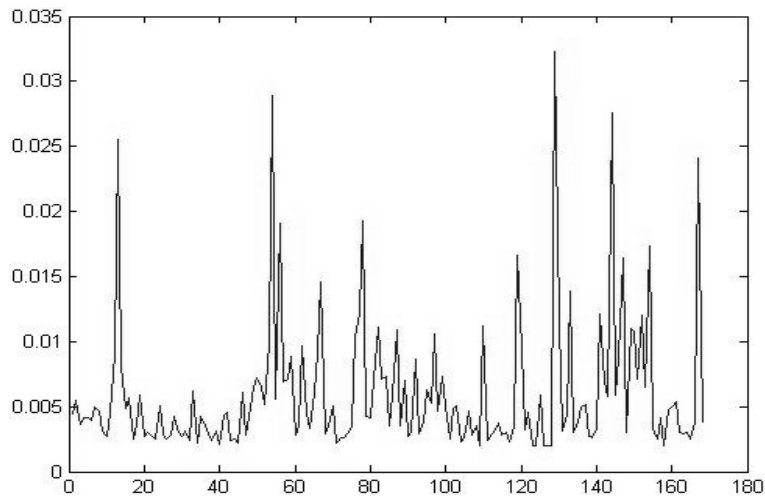
(그림 3) 1차 연결구조에 따른 산업부문 연결 분포



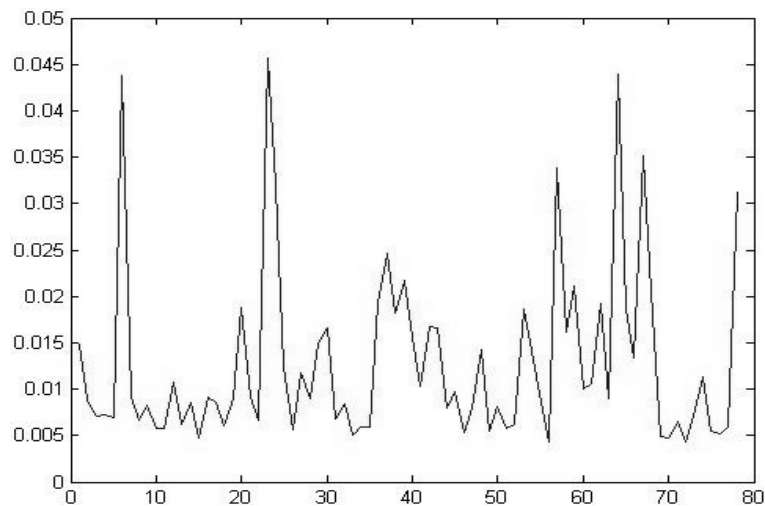
(그림 4) 2차 연결구조에 따른 산업부문 연결 분포

10) 1차 상호연결성과 2차 상호연결성의 평균은 1이다.

다음은 2010년도 산업연관표를 대상으로 168부문과 78부문에 대한 영향력 벡터를 부문별로 측정하는 것이다. 먼저 (그림 5)는 168부문별로 영향력 벡터를 시각화하였다. (그림 5)에서 보듯이, 일반적으로 우리나라 경제구조는 몇 개의 부문이 매우 높은 영향력을 지닌 것으로 나타났다. (그림 6)은 보다 종합적인 부문으로 78부문에 대한 영향력 벡터를 측정하는 것이며, 168부문의 영향력 벡터와 유사한 형태를 나타내고 있다.



(그림 5) 168부문 대한 영향력 벡터



(그림 6) 78부문에 대한 영향력 벡터

2. 실증분석

앞 절에서 시각적으로 살펴본 우리나라 168개 부문에 대한 1차 및 2차 상호연관성분포를 Gabaix et al.(2011)의 OLS 추정기법을 적용하여 파레토분포의 결정인자를 추정하였다. <표 1>은 그 추정결과를 나타낸 도표이다. <표 1>에 나타난 우리나라 경제의 네트워크 구조적 특징을 기술하면 다음과 같다. 먼저 2000년도에 비하여 2005년도가 파레토분포의 인자가 크며, 2010년도는 더 크게 나타났다. 즉 우리나라 네트워크 경제구조는 부문사이에 연결성이 낮아지고 있음을 보여준다. 둘째, 1차 상호연결성분포를 결정짓는 인자보다 2차 상호연결성을 결정짓는 분포에 대한 인자가 더 낮다. 이러한 분석결과는 네트워크 이론으로 타당한 결과이나, 두 인자의 비중이 점차 낮아지고 있다. 따라서 우리나라 경제구조가 1차 상호연관관계와 2차 상호연관관계의 차이가 없어지고 있음을 보여준다.¹¹⁾

이 네트워크분석결과를 기술경제적 관점에서 해석하면, 특정 산업의 기술개발의 파급효과가 그 지속성에서 낮아지는 산업구조로 전환되고 있음을 보여준다. 더욱이 특정산업의 기술개발효과에 대한 충격이 자체산업에 머무를 가증성이 높아짐을 보여준다.

<표 1> Gabaix et al.(2011)의 OLS 추정기법에 의한 멱함수 인자추정

| 1차 및 2차 연결인자 | 2000 | 2005 | 2010 |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| β | 1.5496 (0.3758) | 1.7545 (0.4255) | 1.8706 (0.4537) |
| γ | 1.3917 (0.3375) | 1.6798 (0.4074) | 1.8527 (0.2208) |
| $\frac{\beta}{\gamma}$ | 1.1134 | 1.0444 | 1.0096 |

주: (1). 20% Cutoff 기준에 의한 추정임. (2). ()는 β, γ 의 추정치에 대한 표준오차를 말한다.

다음은 2000년도부터 2010년도까지 산업연관표를 대상으로 168부문과 78부문에 대한 영향력 벡터에 대한 평균값을 측정하였다. <표 2>에서 보듯이, 우리나라 산업부문의 영향력을 측정하는 평균적 유클리드 놈의 측정수치가 낮아지고 있다. 이는 강력한 핵심적 부문의 영향력이 낮아지고 있음을 보여주며, 부문사이에 투입과 산출의 상호연결성이 약화되고 있음을 보여준다.

다음 흥미로운 특징으로 $\frac{\|v_{168}\|_2}{\|v_{78}\|_2}$ 의 측정치가 시간이 지남에 따라서 낮아지고 있다. 또한

11) 2002년도에 미국의 경우에 β, γ 는 각각 1.46과 1.30이었다[Acemoglu et al.(2012) 참조].

$\frac{1/\sqrt{168}}{1/\sqrt{78}}$ 의 측정치에 근접하고 있다. 이러한 분석결과가 제시하는 바는 우리나라 경제구조가 높은 단위의 부문으로 갈수록 네트워크 효과가 약해지고 있음을 보여준다.¹²⁾ 즉 낮은 분석 단위와 높은 분석단위로 나누어 볼 때, 산업부문사이에 연관성에 큰 차이가 없음을 보여준다.

〈표 2〉 영향력 벡터의 유클리드 놈 분석결과

| 측정치 | 2000 | 2005 | 2010 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| $\ v_{168}\ _2$ | 0.1134 | 0.1045 | 0.1022 |
| $\ v_{78}\ _2$ | 0.1322 | 0.1422 | 0.1407 |
| $\frac{\ v_{168}\ _2}{\ v_{78}\ _2}$ | 0.8577 | 0.7348 | 0.7263 |
| $\frac{1/\sqrt{168}}{1/\sqrt{78}}$ | 0.6813 | 0.6813 | 0.6813 |

상기에서 분석한 결과에 대한 기술정책적 시사점을 찾기 위하여 실제 자료를 이용하여 한 부문의 충격에 대한 우리나라 기술충격의 전이속도를 분석하였다. 먼저 2000년부터 2010년까지 우리나라 경제변동성은 약 2.1%였다. 특정한 연도에 어떤 부문의 기술충격이 5%이었다면 이 부문의 기술적 충격은 전체 경제변동에 $0.21/(168)^{0.40} \approx 0.0027$ 의 영향을 주었음을 알 수 있다. 이 수치는 크지 않다고 볼 수 있다.¹³⁾ Acemoglu et al.(2012)이 분석한 미국 경제구조의 경우에 2차 상호연관성분포를 결정하는 인자 γ 의 값이 평균 1.18임에 비추어, 2005년도 우리나라의 산업부문사이에 상호연관성분포의 인자인 γ 값 1.68은 매우 크기 때문에 전체 경제의 변동성에는 미약한 충격을 준다고 볼 수 있다. 그러나 다른 한편으로 네트워크 경제구조 형태에서 부문사이에 연결성이 약하다는 사실은 선진국인 미국에 비하여 네트워크 경제구조가 발전하지 않았다는 관점도 보여준다.

IV. 결론 및 시사점

리먼 브라더 사태가 발생한 2008년도 이후에 세계 경제의 침체가 지속화되고 있는 경제적

12) 여기서 높은 단위의 부문이란 유사한 부문을 합하는 것을 말한다.

13) 더욱이 부문의 수 n 가 증가하면, 한 부문의 충격이 전체 경제에 전달하는 충격은 거의 무시할 정도이다.

환경에서 경제변동의 원인과 발생과정 그리고 발전방향에 대한 이론적 논의가 활발하게 전개되고 있다. 본 연구에서는 최근 빠르게 발전하고 있는 네트워크 이론적 접근을 우리나라 산업부문의 경제구조분석에 적용하였다.

실증분석을 위하여 2000년도, 2005년도와 2010년도 3개년도 산업연관표를 적용하여 실시한 분석결과를 보면, 다음과 같이 간단하게 요약할 수 있다. 먼저 우리나라 경제구조는 2000년도에 비하여 2005년도 그리고 2010년도가 1차 상호연결성과 2차 상호연결성의 파레토분포 인자가 지속적으로 높아지고 있다. 이러한 분석결과로부터 우리나라 네트워크 경제구조는 과거에 부문사이에 높은 연결성을 갖는 경제구조에서 그 연결성이 낮아지고 있는 경제구조로 변화하고 있음을 알 수 있다. 둘째, 유클리드 놈으로 측정된 우리나라 산업부문사이에 평균 영향력 벡터는 2000년도에 비하여 2005년도 그리고 2010년도에 더욱 낮아졌다. 이 분석결과는 핵심적 산업부문의 영향력이 낮아지고 있음을 보여주며, 산업부문사이에 투입과 산출의 상호연결성이 약화되고 있음을 보여 준다. 또한 이 분석결과는 한 부문의 경제적 충격이 느리게 진행되는 특징이 존재하지만, 전체 경제에 그 부문충격이 2000년대 초기에 비하여 상대적으로 완화되었음을 보여준다.

본 연구의 일반적 정책적 시사점은 충격의 원인으로 부정적 충격과 긍정적 충격으로 나누어 볼 수 있다. 먼저 부정적 충격의 경우에 시사점을 살펴보면, 우리나라 산업부문사이에 상호연관성에 대한 분포는 파레토분포를 가지고 있다. 따라서 한 부문의 부정적 충격은 다른 부문으로 대 부분 전이되기 때문에 특정 충격을 흡수할 수 있는 경제적 장치가 필요하다. 이는 산업부문이 기업의 총합계이며 해당 산업 부문의 기업분포를 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 다음으로 긍정적 충격의 경우에 문제점은 다른 국가에 비하여 파레토인자가 크기 때문에 보다 빠르게 소멸됨을 보여준다. 즉 특정한 핵심부문의 존재와 연결구조가 상대적으로 미약한 것으로 나타났다. 따라서 우리나라 경제의 건전성을 위하여 핵심 산업부문의 연결구조를 강화할 필요성이 존재한다.

다음으로 기술경제적 관점에서 시사점을 찾을 수 있다. 먼저 일반적으로 산업구조변화는 기술개발과 확산에 큰 영향을 준다. 본 연구에서 보듯이, 우리나라 산업구조는 지속적으로 변화하고 있으며, 이로 인하여 기술개발성과 및 확산메커니즘이 변화하였을 것이다. 본 연구결과로부터 한 가지 유추할 수 있는 기술정책적 시사점은 최근 한 산업부문의 기술개발의 효과 및 확산이 다른 산업부분으로 전달되는 정도가 낮아졌을 가능성이 존재한다. 둘째, 본 연구결과로부터 기술정책의 효율성과 안정성에 대한 시사점을 찾을 수 있다. 본 연구에서 발견된 산업부분간에 연결성의 약화는 기술협력에 대한 효율성을 낮추고, 독자적 기술개발전략으로 진행될 수 있다. 이 경우에 극단적으로 기술네트워크가 붕괴될 수 있음을 보여준다.

본 연구한계 및 미래 연구방향에 대한 간단한 언급이 필요하다. 본 연구는 산업 부문의 개수가 168부문을 기본으로 하였다. 그러나 산업연관표의 기본단위가 402이상이기 때문에 보다 큰 부문으로 분석단위로 확대할 필요성이 존재한다. 역시 네트워크 이론의 적용이 보편성에 기반을 두고 있기 때문에 앞으로 국가들 사이에 비교연구도 필요하다. 기술경제적 관점에서 미래 연구방향은 기본 산업연관표를 이용한 기술연관표를 작성하고, 이를 활용한 기술네트워크구조파악과 정책효과를 고찰할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 조상섭 (2012), “융합기술환경에서 먹법칙과 과학기술정책체계분석”, 『기술혁신학회지』, 15권, pp. 27-46.
- 조상섭, 김병운 (2012), “전체 경제 기술혁신 변동성과 산업부문별 기술혁신 변동성의 실증연구”, 『산업경제연구』, 25권, pp. 3280-3300.
- 황선웅, 강두용 (2011), 『한국경제의 산업간 연결망과 경기변동 확산에 대한 연구』, 산업연구원.
- Acemoglu, D., Carvalho, V., Ozdaglar, A. and Tahbaz-Salehi, A. (2012), “The Network Origins of Aggregate Fluctuation”, *Econometrica*, Vol. 80, pp. 1977-2016.
- Acemoglu, D., Ozdaglar, A. and Tahbaz-Salehi, A. (2010), “Cascades in Networks and Aggregate Volatility”, Working Paper, MIT.
- Albert, R. and Barabasi, A. (2002), “Statistical Mechanics of Complex Network,” *Reviews of Modern Physics*, Vol. 74, pp. 47-97.
- Ben-Naim, E., Vazquez, F. and Redner, S. (2006), “On the Structure of Competitive Societies”, *European Physical Journal B*, Vol. 49, pp. 531-538.
- Bianconi, G. and Barabasi, A. (2001), “Bose-Einstein Condensation in Complex Network”, *Physical Review Letters*, Vol. 86, pp. 5632-5635.
- Bonacich, P. (1987), “Power and Centrality: A Family of Measures”, *American Journal of Sociology*, Vol. 92, pp. 1170-1182.
- Ductor, L., Fatchamps, M. and Goyal, S. (Forthcoming), “Social Networks and Research Output”, *Review of Economic and Statistics*.
- Dupor, B. (1999), “Aggregation and Irrelevance in Multi-Sector Models”, *Journal of*

- Monetary Economics*, Vol. 43, pp. 391-409.
- Durrett, R. (2010), *Probability, Theory and Examples*, 4th Edition, Cambridge.
- Foerster, A., Sarte, P. and Watson, M. (2011), "Sectoral Versus Aggregate Shocks", *Journal of Political Economy*, Vol. 119, 1-38.
- Gabaix, X. (2011), The Granular Origins of Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, Vol. 79, pp. 733-772.
- Gabaix, X. and Ibragimov, R. (2011), "Rank $-1/2$: Simple Way to Improve the OLS Estimation of Tail Exponents", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 29, pp. 24-39.
- Horvath, M. (1998), "Cyclicality and Sectoral Linkages: Aggregate Fluctuations from Sectoral Shocks", *Review of Economic Dynamics*, Vol. 1, pp. 781-808.
- Kirman, A. (1998), "The Economy as an Evolving Network", *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 7, pp. 339-353.
- Lucas, R. (1977), "Understanding Business Cycles", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 5, pp. 7-29.

조상섭

Saint Louis University에서 경제학 박사를 취득하고 한국전자통신연구원을 거쳐 현재 호서대학교에 교수로 재직 중이다. 관심분야는 정보통신산업분석, 네트워크융합, 산업연관분석 등이다.

강신원

Colorado School of Mines에서 경제학 박사를 취득하고 한국전자통신연구원을 거쳐 현재 순천대학교 교수로 재직 중이다. 관심분야는 정보통신서비스/정책분석, 소비자이슈, 네트워크 및 표준 등이다.