

## 상품공간 구조의 동태적 변화에 관한 연구<sup>1)</sup>

김대용<sup>2)</sup>

### 요약

본 연구는 경제학 관점에서 상품공간의 이론적 배경 및 전개를 살펴보고, 네트워크 관점에서 상품공간 모형을 재해석하는 한편, 상품공간 구조의 동태적 변화에 대한 실증분석을 실시하였다. 특히 상품공간에서의 산업 구조변화를 살펴보기 위해 상품근접성 및 상품경로의 분포가 전체 또는 산업별로 동태적 변화를 보여왔는가에 대한 실증분석을 실시하였다. 분석결과, 선진국형 (기술집약적, 인적자본집약적) 산업이 중심부를 이루고, 후진국형 (기초재화나 천연자원집약적) 산업이 주변부를 이루었다. 이는 신상품 개발에 따른 인센티브를 나타내는 상품 간의 거리는 끊임없이 변하면서 동태적 산업구조 변화를 이끌어 가고 있는 반면, 중심-주변부 간의 구조적 양극화 문제는 지속되어 왔다는 사실을 알 수 있었다. 상품공간은 미시적인 측면에서 상호 연결 관계가 복잡하고 진화를 거듭하고 있지만 거시적 측면에서 중심-주변부 구조나 형태가 유지되고 있는 특징을 나타냈다. 이러한 특징은 좁은 세상이나 척도없는 네트워크 모형과 밀접하게 연관된다.

주요용어 : 상품공간, 네트워크, 산업구조, 요소집약도

### 1. 서론

최근 4차 산업혁명의 주요 키워드로 제시되고 있는 빅데이터는 물론, 핵심 현상으로 제시된 초연결 개념을 이해하기 위한 노력이 지속되고 있다. 빅데이터 분석, 초연결 등의 새로운 현상을 제대로 이해하기 위해 새로운 시각에서의 분석방법론이 제시되어야 하는데, 이를 위해 복잡계 혹은 이와 관련된 네트워크 이론을 이해해야 한다.

네트워크 이론은 물리학에서 출발하여 경제학이나 통계학, 사회학 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 복잡계 네트워크의 정형화된 현상은 상호작용이나 복잡성, 혼돈성인데, 이러한 현상을 연구하면서 이론적 체계와 방법론을 보다 심화하여 발전시켜 왔다. 경제학 분야에서도 이러한 네트워크 이론을 도입하여 경제현상을 분석하고자 하는 노력, 즉 경제학적 관점에서의 이론 도출이나 실증 분석들이 지속되고 있다. 본 연구에서 제시하게 될 상품공간 모형도 이러한 네트워크 이론에 기반을 두고 있다. 상품공간 모형은 비교우위 이론에 입각하여 세계 시장에서의 경쟁력 있는 상품 간의 연결 관계를 구조화함으로써 기업이나 국가 차원에서의 무역이나 산업 구조를 파악하고 이를 연구할 수 있는 새로운 시각을 제시하였다. 기존의 경제성장론, 발전경제학과는 달리, 산업구조 고도화에 따른 파급효과가 기업성과, 지역발전은 물론, 경제성장에 미치는 영향을 네트워크 관점에서 분석하고 새로운 시각이나 해석을 제시할 수 있기에 경제학 분야에서도 시사하는 바가 크다.

상품공간은 Hidalgo et al.(2007)이 전 세계의 생산, 무역, 산업 네트워크 구조를 통해

1) 본 연구는 저자의 박사학위 논문(김대용, 2016)에 수록된 내용을 재구성하거나 일부 수정 및 보완하여 학술논문으로 발전시킨 것임을 밝혀둔다.

2) 교신저자. 세종특별자치시 남세종로 263, 한국개발연구원, 전문위원. E-mail: daeyong78@gmail.com

경제성장이나 산업구조, 국제분업체제 등을 효과적으로 분석하기 위해 비교우위 이론을 발전시켜 네트워크 관점에서 분석하고 이를 모형화하였다. 이에 앞서 상품공간의 이론적 배경 및 분석방법론의 근간은 Hausmann and Klinger(2006)에서 제시된 바 있다. 상품공간(product space)이라는 새로운 개념을 제시하면서 상품공간 내 주변부인 후진국형 상품을 생산하는 산업에서 중심부인 선진국형 상품을 생산하는 산업으로 변화하는 과정을 산업구조 변화(structural transformation)로 정의하는 한편, 이러한 산업구조 변화가 경제성장을 촉진시키는 원동력이 된다는 주장을 펼쳤다. 이러한 주장을 뒷받침하기 위해 1962년에서 2000년까지의 상품별 수출 자료를 분석하고 총 775개 품목을 대상으로 한 상품공간을 개념화하는 한편, 상품공간 분석지표를 이용하여 실증분석을 실시하였다. 본 연구에 앞서 상품공간을 분석한 실증연구도 상당수 진행된 바 있다. Abdon and Felipe(2011)는 사하라 이남 지역에 속한 국가들이 경제성장에서 뒤쳐진 원인을 상품공간을 이용하여 연구하였다. 또한 Boschma, Minondo and Navarro(2010)는 상품공간의 다양한 지표를 활용하여 스페인의 각 지역별 성장에서 가지는 함의를 분석하였고, Kadochnikov and Fedyunina(2013)는 러시아 지역의 수출구조와 경제성장의 관계를 상품공간을 이용하여 분석하였다. 또한, Kali et al.(2013)은 상품공간에서의 노드인 상품들이 네트워크 관점에서 좁은 경로(short path length)의 특성을 가지게 되므로, Watts and Strogatz(1998)가 주장한 ‘작은 세상(small world)’ 네트워크로 볼 수 있다는 점을 강조하였다. 상품공간에서의 구조 변화가 지속되면서 상품공간이 ‘작은 세상’을 이룬다는 점을 부각시켰다(김인무 외, 2017).

본 연구는 상품공간과 관련하여 경제학 관점에서 이론적 배경 및 전개를 살펴보면서 네트워크 관점에서 모형을 재해석하는 한편, 상품공간 구조 및 분석방법론에 대한 이해를 돕기 위해 상품공간 구조의 동태적 변화에 초점을 맞춘 실증분석을 실시하였다. 첫째, 경제학적 관점에서 상품공간에 대한 이론적 배경이나 근거 등에 대해 제시하는 한편, 상품공간 구조를 분석할 때 가장 기본이 되는 핵심 지표에 대해서도 논의하였다. 둘째, 네트워크의 일반화된 이론이나 분석 틀을 상품공간에 접목해보고, 어떠한 특징이나 해석이 가능한지에 대해서 살펴보았다. 셋째, 상품공간의 분석지표를 통해 상품구조의 동태적 변화에 대한 실증분석을 실시하였다. 특히 본 연구는 상품공간에 대한 이해를 높이는 한편, 이러한 분석방법론을 어떻게 활용할 수 있는지에 대한 논의의 시발점을 제시하였다. 또한, 상품공간에 대한 시간 가변적이고 동태적인 변화를 실증적으로 분석한 결과를 통해 새로운 관점에서 산업구조의 변화에 대한 해석도 제시하였다. 결국, 본 연구는 상품공간 구조의 동태적 변화를 분석함으로써 글로벌 생산 및 무역 네트워크 하에서 국제 분업체제의 위상 변화 또는 글로벌 시장구조의 개편 등에 대해 새로운 관점에서의 연구결과를 제시하였고, 기존 방식으로 산업구조 변화를 분석하였던 선행 연구들과의 차별성을 갖는다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 상품공간에 대한 이해를 돕기 위해 상품공간을 경제학 이론에서의 출발점이 되는 이윤극대화 문제에서 출발하여 보다 구체적인 도출과정을 제시한다. 또한 상품공간을 네트워크 관점에서 재해석하는 한편, 상품근접성, 상품경로 등의 주요 개념도 설명한다. 제 3장에서는 상품공간 구조와 분석방법론에 입각하여 요소집약도 측면에서의 산업구조 변화에 초점을 두고 상품 근접성 및 상품 경로의 분포가 시간이 지남에 따라 어떠한 변화를 거쳤는지에 대해 실증 분석하였다. 마지막으로 제 4장에서 결론 및 시사점을 제시한다.

## 2. 상품공간 구조 및 분석방법론

상품공간은 일종의 네트워크로 볼 수 있는데, 이러한 상품공간을 제대로 이해하기 위해서는 네트워크 관점에서의 이론과 모형에 대한 이해는 물론, 기업의 이윤극대화 문제에서 출발하는 경제학적 이론과 배경에 대한 선행적 고찰이 필요하다. 이에 본 절에서는 경제학적 관점에서 상품공간의 이론적 배경 및 전개 과정을 살펴보고, 네트워크 이론 및 모형을 상품공간에 접목하여 설명하였다. 상품공간 분석지표 중 상품 근접성, 상품 경로 등의 주요 분석지표의 의미는 물론, 상품공간 분석 시 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 살펴보고자 한다.

### 2.1 경제학 관점에서의 이론적 배경

상품공간은 사회적 관점에서의 기업 이윤극대화 문제에서 출발하게 되는데, 국가의 비교우위 혹은 요소부존도나 요소집약도에 따른 자원배분, 산업구조 변화에 따른 경제성장, 기업의 R&D 투자에 따른 신상품 개발 및 시장개척 등의 다양한 경제학적 문제를 미시적인 관점에서 분석할 수 있다.

본 논문에서 제시된 상품공간을 경제학적 이론에 입각하여 해석해보자. 앞서 제시한 바와 같이 Hausmann and Klinger(2006)는 상품공간의 이론적 토대를 제공한다. 모든 상품은 주어진 생산요소, 지식이나 물적 자본, 노동, 중간재, 인프라, 지적재산권, 제도적 장치 등 여러 가지 요인에 영향을 받는다. 이러한 생산요소의 조합은 주어진 상품별로 각각의 특징을 갖게 되며, 이러한 조합은 각각의 재화가 가지는 특징에 따라 차별화되어 있다. 따라서 주어진 상품을 생산하기 위한 생산 능력이나 조건은 또 다른 상품을 생산하는데 필요한 생산 능력이나 조건과 불완전 대체(imperfect substitute) 관계를 갖는다. 이러한 불완전 대체 관계는 상품 공간에서 모든 상품들이 가지게 되는 일종의 거리라는 개념으로 해석될 수 있다. 이러한 거리는 주어진 상품들끼리 동일한 투입 요소나 부존량을 가질수록 가깝게 측정된다. 상품 간의 거리라는 개념은 생산 기술의 차이에 기인하는데, 이러한 차이는 국가 간의 차이일 뿐만 아니라 시간이 지남에 따라 가변적이라는 특징을 갖는다.

상품공간은 경제학적 이론에 입각한 모형으로 정의될 수 있다. 생산량이 1로 가정한 기업의 2 기간 중복세대 모형을 고려해 보자(Diamond, 1989 ; Cabral, 2000). 주어진 모형 하에서 두 개의 상품만이 주어졌다고 할 때 가격이 1로 주어진 표준상품(standard good)과 가격이 1보다 큰 신상품(new good)이 있다고 가정하자. 표준상품은 이미 경제 활동을 통해 국가별로 주어진 생산가능 조건 하에서 생산되고 있다. 기업은 표준상품을 생산하여 1이라는 이윤을 얻거나 신상품에 투자함으로써 미래에 1보다 높은 이윤을 기대할 수 있다. 하지만 신상품에 대한 생산가능 조건은 이전에 생산된 적이 없기 때문에 정확하게 알 수 없다. 신상품을 생산하기 위해 고정비용  $C$ 가 든다는 가정을 추가해 보자. 또한 두 상품, 즉, 표준상품(상품 1)과 신상품(상품 2) 간의 거리를  $\delta_{12}$ 이라 정의하겠다. 여기서 하첨자는 상품 간의 거리를 측정하기 위하여 주어진 두 개의 상품을 의미한다. 주

어진 두 개의 상품을 생산하는 데에 들어가는 고정비용  $C$ 는 상품 간의 유사성이나 관련된 정도에 영향을 받게 되기 때문에 상품 간의 거리인  $\delta_{12}$ 와의 비례 관계를 갖게 된다 ( $C(\cdot)' > 0$ ). 즉, 현 시점에서 국가 내 생산 조합을 고려해 볼 때 두 상품 간의 생산가능 조건이 유사한 정도가 낮을수록 상품 간의 거리인  $\delta_{12}$ 가 증가하게 됨에 따라 신상품을 생산하기 위한 고정비용이 증가하게 된다. 다만, 신상품이 한 번 개발되어 생산이 이루어지면 신상품에 대한 생산능력은 일종의 공공재 성격을 갖게 된다. 즉, 어떠한 기업이 신상품을 먼저 생산하게 되면 다른 기업들은 이러한 고정비용 없이 주어진 신상품을 자유롭게 생산할 수 있게 된다. 따라서 앞서 살펴본 가정에 입각하여 1기에서의 신상품의 생산에 따른 기업의 이윤은 상품 2의 가격  $P_2$ 에서 고정비용  $C$ 를 뺀 식 (2.1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\pi_{12} = P_2 - C(\delta_{12}) \quad (2.1)$$

이제 기존 기업이 1기에 신상품을 생산하는 것이 이윤을 극대화하지 못하기 때문에 표준상품을 생산하는 것에 그치는 의사결정을 하게 된다면  $P_2 < C(\delta_{12}) + 1$ 이 된다. 신생 기업은 표준 상품을 그대로 생산하여 2기에 2 (=1+1)이라는 이윤을 얻거나 1기에 고정비용을 지불하더라도, 보다 고도화된 상품인 신상품을 생산하여 2기에  $P_2$ 만큼의 이윤을 얻는 것이 가능하다. 따라서 신생기업은 식 (2.2)의 조건이 충족할 때 신상품을 생산하는 방향으로의 이동(jump) 여부를 결정할 수 있다.

$$P_2 > \frac{C(\delta_{12})}{2} + 1 \quad (2.2)$$

신상품으로의 이동 조건이 충족된다면 신생기업은 1기에 신상품 생산으로 의사결정을 바꿀 수 있게 되며, 2기에도 이러한 신상품 생산을 지속하게 된다. 하지만 위의 부등식이 성립하지 않는다면 모든 기업은 신상품 대신에 이미 생산되고 있는 표준상품을 생산하는 방식을 유지하는 의사결정을 하게 된다. 3기에는 고정비용 없이 신상품을 생산할 수 있기 때문에 부등식의 조건도 식 (2.3)과 같이 완화된다.

$$P_3 > \frac{C(\delta_{12})}{4} + 1 \quad (2.3)$$

이러한 모형은 산업 내 파급효과(intra-industry spillover)를 보여주는 사례 중 하나로 볼 수 있다. 기업이 신상품 개발에 따른 편익을 내재화될 뿐만 아니라 동일한 산업 내 또 다른 신생기업까지 편익이 공유된다. 앞서 제시된 모형을 3개 재화로 확장하더라도 이러한 산업 내 파급효과는 유지된다. 신생기업은 신상품의 생산 능력을 갖추게 되면 이러한 신상품 개발로의 이동에 따른 이윤이 내재화되지 않고 후속세대에 전하게 된다. 앞선 정의에 따라 첫 번째 신상품(상품 2)과 두 번째 신상품(상품 3) 간의 거리를  $\delta_{23}$ , 표준상품(상품 1)과 두 번째 신상품(상품 3) 간의 거리를  $\delta_{13}$ 이라 할 때  $\delta_{23} < \delta_{13}$ 라는 조건을 충족하게 되면 3기에서의 두 번째,

즉, 또 다른 신상품(상품 3)으로의 이동거리는 줄어들게 된다.

위의 모형을 다수의 상품으로 확장하여 각각의 기업이 이윤극대화 조건 하에서 신상품 생산으로의 이동을 결정한다고 가정하자. 여기서 기업의 이윤에 해당하는 가격( $P$ )은 신상품으로의 이동거리( $\delta$ )에 따라 선형으로 증가하게 된다. 여기서 비용( $C$ )은 이러한 이동거리에 2차 함수 형태로 완만하게 증가하여 한계비용이 이동거리와의 선형적 비례 관계( $MC=f \cdot \delta$ , 단  $f' > 0$ )를 갖는다면 식 (2.4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P > f \cdot \delta, \quad C(\delta) = \frac{c\delta^2}{2} \quad (2.4)$$

기존 기업(하첨자  $o$ )과 신생 기업(하첨자  $n$ )에 대한 이윤극대화 문제는 식 (2.5)와 (2.6)과 같이 각각 나타낼 수 있다.

$$\text{기존기업} : \max_{\delta_{o1}} \Pi_o = f\delta_{o1} - \frac{c\delta_{o1}^2}{2} \quad (2.5)$$

$$\text{신생기업} : \max_{\delta_{n1}, \delta_{n2}} \Pi_n = f\delta_{n1} - \frac{c\delta_{n1}^2}{2} + f\delta_{n2} - \frac{c(\delta_{n1} - \delta_{n2})^2}{2} \quad (2.6)$$

여기서  $\delta_{o1}$ 는 기존 기업에 대한 신상품 개발로의 이동 거리를,  $\delta_{n1}$ 는 1기에 신생 기업의 신상품 개발로의 이동 거리를,  $\delta_{n2}$ 는 2기에 신생 기업의 신상품 개발로의 이동 거리를 의미한다. 이러한 거리 개념을 기초로 하여 상품공간에서 기업의 신상품 개발로의 최적거리를 구하면 식 (2.7)과 같다. 즉, 신생 기업은 1기에  $f/c$ 만큼의 크기로, 2기에 1기보다 2배만큼, 3기에는 1기보다 3배만큼 이동하는 것이 최적 거리가 된다.

$$\delta_o^* = \frac{f}{c}, \quad \delta_{n1}^* = 2\frac{f}{c}, \quad \delta_{n2} = 3\frac{f}{c} \quad (2.7)$$

현실적이고 직관적인 관점에서 볼 때 상품공간이 주어진 상품들 간의 연속적인 연계성(continuous relatedness)이 존재하지 않는 경우도 발생한다. 이 경우 상품공간이 불연속성을 갖게 되면 위의 조건이나 표현 등이 만족하지 않는다. 이 때 서비스업을 제외한 부문에서의 상품공간 내 산업구조 변화의 침체가 발생할 수 있다. 따라서 기업들은 신상품 개발비용을 감수하면서 신상품 개발 쪽으로 이동할만한 충분한 유인이 사라지기 때문에 식 (2.8)과 같은 현상이 나타나게 된다.

$$2\frac{f}{c} < \delta_{n1} - \delta_{o1} \quad (2.8)$$

결국, 고도화된 상품, 즉, 파급효과가 높은 신상품 개발로의 이동에 따른 '상품공간 내 산업구조 변화'는 상품공간 내 상품 간의 거리, 즉, 현 시점에서의 표준상품 가격 대비 신상품 가격이 초과하는 이윤의 정도에 의존하게 된다. 이러한 산업구조 변화는 상품공간

내 균열이나 단절로 인해 방해 받게 되면 보다 열악한 상태에서 국지적인 최적 가격이 존재하므로 기업이 현 상태를 벗어나서 신상품을 개발하게 되는 유인이 발생하지 않는다. 왜냐하면 이 경우에 근접한 유사 상품들이 현재 생산하는 상품에 비해 낮은 가격에 팔리고 있는 저가형 상품(저부가가치 산업)에 가깝거나 고가형 상품(고부가가치 산업)이더라도 상대적으로 너무 먼 이동거리를 가질 것이기 때문이다.

결국, 상품공간을 앞서 살펴본 모형에 의거하여  $n$ 차원으로 확장하면, 주어진  $n$ 개 상품에 대한 상품 간 이동거리의 행렬식으로 표현이 가능하고 이러한 행렬식 표현은 다양한 경제적 문제를 분석할 때 변형된 형태나 표현, 응용이 가능하다. 예를 들어, Hausmann and Rodrik(2003)이 제시하였던 자기탐색(self-discovery) 모형의 경우 상품공간이 주어진  $n$ 개의 상품에 대한 상품 간 이동거리에 대한 대각행렬 항을 갖는 치환행렬로 나타낼 수 있다. 헤셔-올린(Hecksher-Ohlin) 모형은 상대적 요소부존량에 의해 생산 기회가 결정되므로, 요소집약도에 따라 상품공간을 재구성하면 상대적으로 요소가 풍부한 기업에 대한 신상품 개발로의 이동거리를 행렬로 표현할 수 있다.

## 2.2 네트워크 관점에서의 상품공간 구조

상품공간은 일종의 복잡한 네트워크(complex network)로 이해할 수 있다(Kali et al. 2013). 즉, 상품공간을 제대로 이해하고 분석하기 위해서는 네트워크 이론에 대한 이해가 선행되어야 한다는 것이다. 이러한 네트워크 이론을 상품공간에 접목시킨다면, 상품공간은 방향성이 없는(undirected) 가중(weighted) 네트워크로 정의된다. 이에 본 절에서는 네트워크 이론과 모형을 제대로 이해하기 위해 필요한 기본 개념이나 표현에 대해 살펴보는 한편, 이러한 네트워크 이론이나 모형 하에서 상품공간이 어떠한 정의와 해석에 접목될 수 있는지에 대하여 보다 구체적으로 설명하고자 한다.

네트워크는 수학적 관점에서 주어진 시간의 변화에 따라 그 구조나 관계가 변하게 되는 복잡한 시스템으로 정의되고, 그 구조 및 관계가 그래프로 표현된다. 즉, 주어진 노드(node, vertices)나 가중치(weight)의 집합( $V$ )과, 상호 연결관계(interaction)를 나타내는 링크(link, edges)의 집합( $E$ )이 각각 존재할 때 이러한 네트워크는  $G=(V,E)$ 라는 그래프로 표현된다. 여기서 네트워크 차원(dimension)의 규모를 결정하는 노드의 크기는  $N=|V|$ 로, 연결된 정도의 규모를 나타내는 링크의 크기는  $L=|E|$ 가 된다. 이러한 정의를 상품공간 구조에 적용해보면 노드는 SITC rev.3 분류에 따른 261개 상품이, 링크는 비교우위에 기반을 둔 상품의 유사성 및 착근성(relatedness)을 의미하는 상품근접성(proximity)으로 대비될 수 있다.

이러한 수학적 표현을 따르게 될 경우 노드의 크기  $N$ 이 비교적 크지 않거나 유한하다(finite)는 가정이 성립한다면 주어진 네트워크는  $N \times N$  행렬인 인접행렬(adjacency matrix)  $A$ 로 표현된다. 여기서 노드의 쌍  $(i,j) \in V$  일 때 인접행렬  $A = \{a_{ij}\}$ 은 링크가 있는 경우  $a_{ij} = 1$ 이 되고 나머지 경우에  $a_{ij} = 0$ 이 된다. 단, 모든  $i$ 에 대하여  $a_{ii} = 0$ 이 된다. 여기서 인접행렬이 (i) 대칭적인지 여부에 따라 방향성이 없는(undirected) 또는 방향성을 갖는(directed) 네트워크로, (ii) 가중치 여부에 따라 이항

(binary) 또는 가중(weighted) 네트워크로 구분된다. 만약 인접행렬이 대칭적(symmetric)이라면 노드의 쌍이 갖는 순서에 따라 링크가 동일하다는 것을 의미하므로 방향성이 없는 네트워크가 된다. 하지만 노드의 쌍이 갖는 순서에 따른 링크(link)가 다르다면 ( $e(i,j) \neq e(j,i)$ ) 인접행렬이 비대칭적(asymmetric)이 되므로 방향성을 갖는 네트워크가 된다. 인접행렬이 0과 1의 값만을 갖는 경우 이항 네트워크가 된다. 하지만 주어진 링크에 가중치가 부여되는 경우에 인접행렬은 가중행렬(weight matrix)  $W = \{w_{ij}\}$ ,  $w_{ij} \in [0, 1]$ 로 치환된다. 따라서 네트워크를 그래프 이론을 토대로 하여 식별하기 위해서는 앞서 제시된 인접행렬을 어떻게 정의하느냐가 중요한 문제로 대두된다. 즉, 인접행렬의 대칭성과 가중치 여부에 따라 방향성이 없는 이항 네트워크(binary undirected network, 이하 BUN), 방향성이 없는 가중 네트워크(weighted undirected network, 이하 WUN), 방향성을 갖는 이항 네트워크(binary directed network, 이하 BDN), 방향성을 갖는 가중 네트워크(weighted directed network, 이하 WDN) 등 크게 네 가지 네트워크로 구분된다.

상품공간 분석에서의 상품근접성이라는 개념은 주어진 상품이 유사한 상품과 어느 정도 응집되어 있는지를 나타내는 링크 가중치(link weight)<sup>3)</sup>이다. 즉, 네트워크 이론의 관점에서 노드(node)가 각각의 상품이라고 할 때, 이러한 개념은 상품공간이라는 네트워크 하에서 상품 노드 간의 거리, 연결된 정도로 해석된다. 상품공간에서는 주어진 두 상품 간의 무역량의 흐름이 아닌 상품 간의 유사성을 나타내는 상품근접성이라는 링크 가중치를 근간에 두고 있기 때문에 상품공간 구조는 방향성이 없는 가중 네트워크(WUN)<sup>4)</sup> 모형이 된다. 즉,  $W = \{\phi_{ij}\}$ ,  $\phi_{ij} \in [0, 1]$ 이라는 근접성 행렬을 가중행렬로 갖는 네트워크로 표현된다. 또한 주어진 두 상품 간의 근접성이 0보다 큰 경우 ( $w_{ij} = \phi_{ij} > 0$ ) 링크가 존재하는지 여부만을 가정하면 앞서 살펴본 가중행렬을 이항행렬(binary matrix)로 단순화될 수 있다. 즉, 인접행렬  $A = \{a_{ij}\}$ ,  $a_{ij} \in \{0, 1\}$ 이 되는데  $w_{ij} > 0$ 인 경우  $a_{ij} = 1$ 이고 나머지 경우에  $a_{ij} = 0$  (단, 모든  $i$ 에 대하여  $a_{ii} = 0$ )로 단순화된다. 이처럼 가중행렬이 이항행렬로 단순화하는 경우 상품공간은 방향성이 없는 이항 네트워크(BUN)으로 축약할 수 있다.

Fagiolo et al.(2009, 2010) 이러한 네 가지 네트워크 중 방향성이 없는 이항 및 가중 네트워크(BUN, WUN)를 분석하기 위한 통계량 및 이를 추정하기 위한 방법을 제시하고 있는데, 이를 토대로 하여 기존의 네트워크 이론이나 표현이 상품공간에 어떻게 적용될 수 있는지를 살펴보고자 하겠다.

$A_{(i)}$ 는 행렬  $A$ 의  $i$ 번째 행,  $1_N$ 은 모든 원소가 1로 구성된  $N$ 차원 벡터로 표시하자. 상품공간을 BUN으로 축약한 경우에서의 인접행렬  $A$ 라 할 때 상품(노드) 도수(node degree, ND)는 네트워크에서 상품(노드)에 연결된 링크 수의 합을 의미하며 식 (2.9)과 같이 정의할 수 있다. 이러한 상품 도수는 전체 상품공간 구조에서의 개별 상품이 보여주는 상호연계성이나 영향력이 어느 정도 큰 지에 대해 가늠할 수 있는 기준이 되며, 상품 도수가 증가할수록 전체적인 네트워크 구조의 복잡성도 증가한다.

$$d_i = \sum_j a_{ij} = A_{(i)}1_N = A_{(i)}^T 1_N \quad (2.9)$$

3) 엄밀한 의미에서 링크 가중치는 링크가 있는 경우로 한정된 값이므로 0을 제외한 양의 값의 집합이 되며 대각항도 제외된다.

4) 단, 이 경우 동일한 상품을 대상으로 한 근접성(가중행렬의 대각항)이 1의 값을 가지므로, 인접행렬이 가지는 조건에 부합될 수 있도록 해당 값을 0의 값으로 대체되어야 한다.

상품공간에서의 근접성 행렬이 가중행렬  $W = \{\phi_{ij}\}$ ,  $\phi_{ij} \in [0, 1]$ 이라 하면, 주어진 상품  $i (\in V)$ 에 대한 노드 강도 (node strength, NS)는 네트워크에서의 노드 간의 링크가 어느 정도로 연결되어 있는지, 즉, 가중 네트워크에서 노드 간의 연결관계의 강도가 얼마나 큰지에 대해 측정할 수 있다. 동 지표는 상품공간 구조를 분석하는 지표 중 하나인 상품경로 (paths, PA)와 같게 된다. 즉, 상품 연결강도인 상품경로(PA)는 상품이 연결된 근접성의 합을 의미하는데 주어진 상품  $i$ 와 다른 상품 간에 어느 정도의 유사성을 가지고 서로 연결되는지, 즉, 연결된 정도 (connectivity)를 측정할 수 있다. 상품경로는 상품 공간에서 지식이나 기술의 전파 혹은 정보 흐름의 효과가 어떤 상품을 위주로 이루어지는지를 측정할 수 있고, 글로벌 상품 네트워크에서의 잠재적 파급효과(potential spillover effect)를 측정할 수 있는 지표이기에 상품공간에서 주어진 상품이 중심부에 속하는지, 아니면 주변부에 속하는지에 대한 정보를 제공한다.

$$s_i = paths = \sum_j \phi_{ij} = W_{(i)}1_N = W_{(i)}^T 1_N \quad (2.10)$$

상품공간은 다양한 분야에서 널리 사용되는 네트워크 이론이나 모형에 기반을 두고 재해석될 수 있다. 상품공간에 네트워크 이론이나 모형을 접목한다면, 보다 확장되고 견고한 이론적 체계나 분석방법론을 연구할 수 있다.

### 2.3 상품공간 구조 및 분석지표

상품공간 분석에서 사용하는 지표들에 대해 살펴보자. 첫째, 상품근접성은 상품공간이라는 네트워크에서 노드(상품) 간의 연결 정도나 거리, 이를 기반으로 한 연관성 (relatedness)을 측정하는 개념이다. 상품근접성은 비교우위에 근간을 두는데, 글로벌 수출 시장에서의 개별 상품의 경쟁력을 측정할 수 있는 개념인 현시비교우위(revealed comparative advantage, 이하 RCA)는 식 (2.12)과 같이 정의된다(Balassa, 1964).

$$RCA_{c,i,t} = (EXP_{c,i,t} / \sum_i EXP_{c,i,t}) / (\sum_c EXP_{c,i,t} / \sum_{c,t} EXP_{c,i,t}) \quad (2.12)$$

여기서  $EXP_{c,i,t}$ 는  $c$  국가의  $t$  기의  $i$  상품 수출액을 나타낸다.  $RCA_{c,i,t}$ 는 분모인 글로벌 시장에서의 거래되는 모든 상품 수출액 중  $i$  상품의 수출이 차지하는 비중에 대하여 분자인  $c$  국 수출액 중  $i$  상품의 수출이 차지하는 비중으로 측정된다.

두 상품  $i, j$ 간의 상품근접성  $\phi_{i,j,t}$ 는 두 상품  $i$ 와  $j$  간의 전 세계 국가 RCA를 통해 구한 조건부 확률의 최소값이 되며, 아래의 식 (2.13)로 측정할 수 있다.

$$\phi_{i,j,t} = \min\{P(x_{c,i,t} = 1 | x_{c,j,t} = 1), P(x_{c,j,t} = 1 | x_{c,i,t} = 1)\} \quad (2.13)$$

여기서  $x_{c,i,t}$ 는  $RCA_{c,i,t}$ 가 비교우위가 있는 경우에 1의 값을, 그렇지 않은 경우에 0의 값을 갖는 변수로 아래의 식 (2.14)로 정의된다.



$$x_{c,i,t} = \begin{cases} 1 & \text{if } RCA_{c,i,t} > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.14)$$

즉, 한 국가가 주어진 제약 조건 하에서 국가 차원에서의 수출을 극대화하려면 비교우위를 갖는 상품이 다른 경쟁력 있는 상품을 함께 수출 조합을 고려할 것이라는 가정 하에 상품근접성은 이러한 비교우위 상품 간 조건부 확률의 쌍 중 최소값으로 정의된다<sup>5)</sup>. 여기서  $RCA_{c,i,t}$ 는 국가별로 경쟁력 있는 상품  $i$ 의 연도별 수출 경쟁력을 나타내는 지표이므로, 상품근접성  $\phi_{i,j,t}$ 는 전 세계 수출시장에서 거래되는 상품  $i$ 와  $j$  간의 거리 또는 연결성을 상품공간으로 대입한 네트워크 지표라 할 수 있다. 경제학적 관점에서 살펴볼 때, 국제분업체제 하에서 어떠한 수출 상품을 중심으로 글로벌 수출이 특화되었는지 혹은 어떠한 상품이 수출에 도움이 될 수 있는 신상품 개발로 이어질 수 있는 등 상품공간 내 산업구조 변화를 네트워크 관점에서 미시적 구조를 파악할 수 있는 기준을 제시한다. 즉, 이는 국가 차원에서의 상품 특화의 정도와 더불어 향후 국가 차원에서 어떤 특화된 상품을 중심으로 신상품이 개발되어 상품공간 내 산업구조 변화를 하게 되는지에 대한 기준이 될 수 있다.

둘째, 상품경로는 경쟁력 있는 수출 상품  $i$ 와 다른 상품들과의 상품근접성을 합하여 구하게 되며, 아래의 식 (2.15)과 같이 정의된다.

$$PA_{i,t} = \sum_j \phi_{i,j,t} \quad (2.15)$$

동 지표는 상품공간에서의 구조적 위치를 판단하는데 사용된다. 즉, 특정 상품이 상품공간 내 중심부 혹은 주변부에 위치하는지에 대한 판단 기준이 된다. 또한, 어떠한 상품을 중심으로 하여 지식 또는 기술의 확산, 정보 공유가 집중될 수 있는지를 측정하는 지표로서 세계 수출시장에서의 선도적이고 잠재적인 파급효과를 나타낸다.

앞서 살펴본 두 개의 지표 이외에도 상품공간 구조를 분석하기 위해 상품밀도, 상품중심성 등의 다양한 분석지표를 활용할 수 있다<sup>6)</sup>. 하지만, 본 연구에서는 상품공간을 분석할 수 있는 지표 중 가장 기본이 되는 두 개의 지표, 즉, 상품근접성과 상품경로에 초점을 맞추어 상품공간 구조의 동태적 변화에 대한 실증분석을 실시하였다.

5) 앞서 살펴본 바와 같이 상품근접성이 현시비교우위 이론에 기반을 두고 비교우위를 가지면서 경쟁력 있는 상품인지 여부를 확률변수로 표현하고 경쟁력 있는 상품 간의 조합에 대해 조건부 확률로 나타낸 것이다. 하지만, 글로벌 상품시장에서 거래된 상품을 대상으로 정의되기 때문에 단순히 개별 국가에 한정되는 지표가 아니라는 점을 유의해야 한다. 또한, 상품근접성에 의한 세계 전체 시장의 구조 분석은 개별 국가의 산업구조나 무역흐름 등이 세계 시장구조와 비교하여 어떠한 특징을 가지는지를 파악할 수 있는 단서를 제공한다.

6) 현재  $c$  국가에 주어진 생산여건 하에서 잠재적 신상품  $j$ 에 대한 평균적인 상품근접성을 측정하는 지표인 상품밀도(density), 상품공간의 중심과 주변부 구조를 파악할 수 있는 상품 중심성(centrality)이라는 개념 등도 있다. 상품공간 구조를 이해하기 위한 핵심적인 지표를 제외한 나머지 지표들에 대한 자세한 설명은 제외하였다. 상품공간과 관련된 구체적 내용은 Hausman and Klinger(2006)와 Hidalgo et al.(2007), 김인무 외(2017) 등을 참조하길 바란다.

### 3. 실증분석 : 상품공간의 동태성과 산업구조 변화

#### 3.1 자료 및 기초통계분석

상품공간 구조가 동태적으로 변화하는지, 전체 상품 또는 요소집약도에 따른 산업별로 상품공간에서의 산업구조 변화가 있었는지를 분석하기 위해 전체 상품과 산업별 상품근접성과 상품경로의 분포를 추정하고 그 동태적 변화에 대한 통계적 검정을 실시하였다. 1991~2014년 동안의 UN 국제 상품 무역 데이터(UN Comtrade, SITC rev.3) 중 3자리 단위의 261개 상품을 대상으로 하여 상품근접성과 상품경로의 분포를 정규 커널확률밀도함수로 추정하였다. 또한 요소집약도에 따라 산업을 재분류하고, 산업별 상품공간 구조가 동태적으로 변화하고 있는지를 검정하였다.

〈표 3.1〉은 앞서 살펴보았던 상품근접성과 상품경로에 대한 요약 통계량을 나타냈다. 첫째, 상품근접성과 상품경로의 왜도 및 첨도만을 고려해보면 상품근접성과 상품경로의 분포, 모두 비대칭성 분포를 따른다. 정규분포와 비교해 볼 때 상품근접성 분포는 봉우리가 상대적으로 높고 오른쪽으로 치우친 모습을, 상품경로 분포는 다소 왼쪽으로 치우친 모습을 띠고 보인다. 둘째, 기초재화나 천연자원집약적 상품보다는 기술집약적, 인적자본집약적 상품일수록 상품근접성과 상품경로의 값이 평균적으로 높게 나타났다. 이러한 지표의 통계량을 단순히 비교해 볼 때 고부가가치를 창출하는 선진국형 산업(기술집약적, 인적자본집약적)이 상품공간의 중심부를 이루면서 잠재적 파급효과가 높게 나타날 것이며, 저부가가치를 창출하는 후진국형 산업으로 분류할 수 있는 기초재화나 천연자원집약적 상품이 주변부를 이루면서 그 영향력이나 파급력이 크지 않을 것으로 추정된다.

〈표 3.1〉 상품근접성 및 상품경로의 요약 통계량

		관측 수	평균	중앙값	표준오차	최소값	최대값	왜도	첨도
상품 근접성	전 체	1,631,074	0.178	0.161	0.121	0.000	1.000	1.140	6.464
	기초재화	569,969	0.163	0.143	0.117	0.000	1.000	1.234	7.185
	천연자원집약적	125,277	0.179	0.167	0.117	0.000	1.000	1.118	6.689
	비숙련노동집약적	175,391	0.192	0.174	0.125	0.000	1.000	1.116	6.127
	기술집약적	450,993	0.179	0.162	0.122	0.000	1.000	1.137	6.357
	인적자본집약적	288,127	0.201	0.186	0.123	0.000	1.000	0.998	5.755
상품 경로	전 체	6,250	46.48	47.90	12.40	0.00	76.21	-0.546	3.172
	기초재화	2,184	42.55	44.65	13.29	3.34	74.42	-0.607	2.819
	천연자원집약적	480	46.69	48.94	11.83	13.04	72.48	-0.375	2.509
	비숙련노동집약적	672	50.06	50.31	10.80	14.18	76.21	-0.508	3.688
	기술집약적	1,728	46.70	47.51	10.84	19.43	75.65	-0.107	2.371
	인적자본집약적	1,104	52.52	53.48	10.52	22.43	74.95	-0.408	2.542

#### 3.2 상품공간 구조의 동태적 변화 검정

앞서 살펴본 바와 같이 시간 가변적이고 비대칭적인 형태를 갖는 상품근접성과 상품경로의 분포는 비모수적(nonparametric) 계량경제학 기법으로 추정하였다. 가장 널리 쓰이는 정규 커널확률밀도함수를 통해 상품근접성과 상품경로의 분포를 추정하였다. 확률밀도함수 추정

시 Silverman(1986)에 제시된 가우시안 커널함수(Gaussian kernel function) 이용하였고, 커널함수 추정 시 정규최적평활모수(normal optimal smoothing parameter)를 적용하였다.

본 연구에서는 상품공간 구조의 동태적 변화를 통계적으로 검증하기 위해 분포의 동질성을 검정하는 데에 널리 쓰이는 Kolmogorov-Smirnov 검정(이하 KS 검정)<sup>7)</sup>을 실시하였다(Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1933; Conover, 1999 참조). KS 검정은 단일표본과 이표본 문제에 적용할 수 있다. 단일표본의 경우는 양측(two-sided) 및 단측(one-sided) 검정이 모두 가능하나, 상이한 표본의 경우는 양측 검정만이 가능하다. 단, 분포의 동질성에 대한 카이제곱 검정은 단일표본 양측검정만 가능하다.

본 연구에서 사용된 KS 검정 방법에 대해 구체적으로 살펴보자. 실제 관측된  $n$ 개의 확률표본( $= (x_1, x_2, \dots, x_n)$ )이 서로 독립이라고 가정할 때 KS 검정통계량은 귀무가설,  $H_0: F_n(x) = F_0(x)$  하에서 상이한 표본의 경우 두 경험분포함수의 차이, 단일 표본인 경우 경험분포함수와 특정 모분포 함수의 차이에 대한 최대값( $D_{KS}$ )은 식 (3.1)과 같이 구할 수 있다.

$$D_{KS} = \max_x |F_n(x_i) - F_0(x_j)| \quad \text{where } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

이를 토대로 하여 분석 시 KS 검정 통계량( $KS^D$ )을 적용하였다. 또한, KS 통계량의 점근적 통계량( $KS_\alpha^D$ )도 식 (3.2)와 같이 제시하였다.

$$KS^D = \max_i \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_i (F_n(x_i) - F_0(x_i))^2}, \quad KS_\alpha^D = \sqrt{n} KS^D \quad (3.2)$$

여기서 경험분포함수  $F$ 는  $n$ 개의 확률표본에서 각 관측값에 균등한 확률( $=1/n$ )을 부여하여 이 확률분포로부터 구한 누적분포함수를 의미한다. 주어진 확률표본에 대한 표본 분포함수(sample distribution function)는 식 (3.3) 같이 구하게 된다.

$$F(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(X_i \leq x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (n_i F_i(x)) \quad (3.3)$$

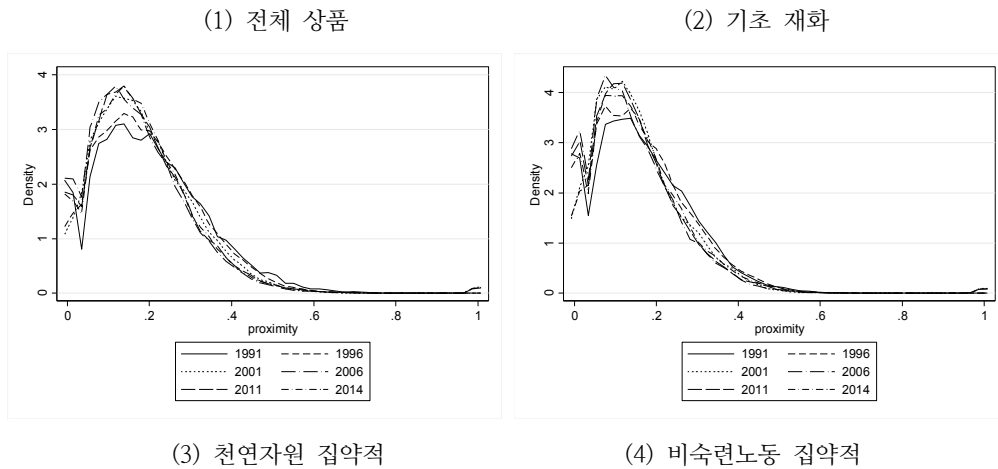
즉, KS 검정법은 주어진 두 분포에 대한 경험적 분포를 누적함수로 추정하여 두 누적 함수 간 거리에서 도출한 검정통계량을 구하게 된다. 주어진 두 분포가 동일한지 여부를 유의수준별 임계값(critical value)<sup>8)</sup>과 비교하여 검정할 수 있다. 본 연구의 실증분석에서

7) 분포함수에 대한 적합도 검정은 데이터가 특정한 분포로 나왔는지 (단일 표본 적합도 검정), 또는 두 자료 집단의 분포함수가 같은지를 검정한다 (상이 표본 적합도 검정). 가장 널리 사용되는 적합도 검정법으로는 모수적 방법인 카이제곱 적합도(Chi-square Goodness of Fit) 검정과 비모수적 방법인 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정 등이 있다.

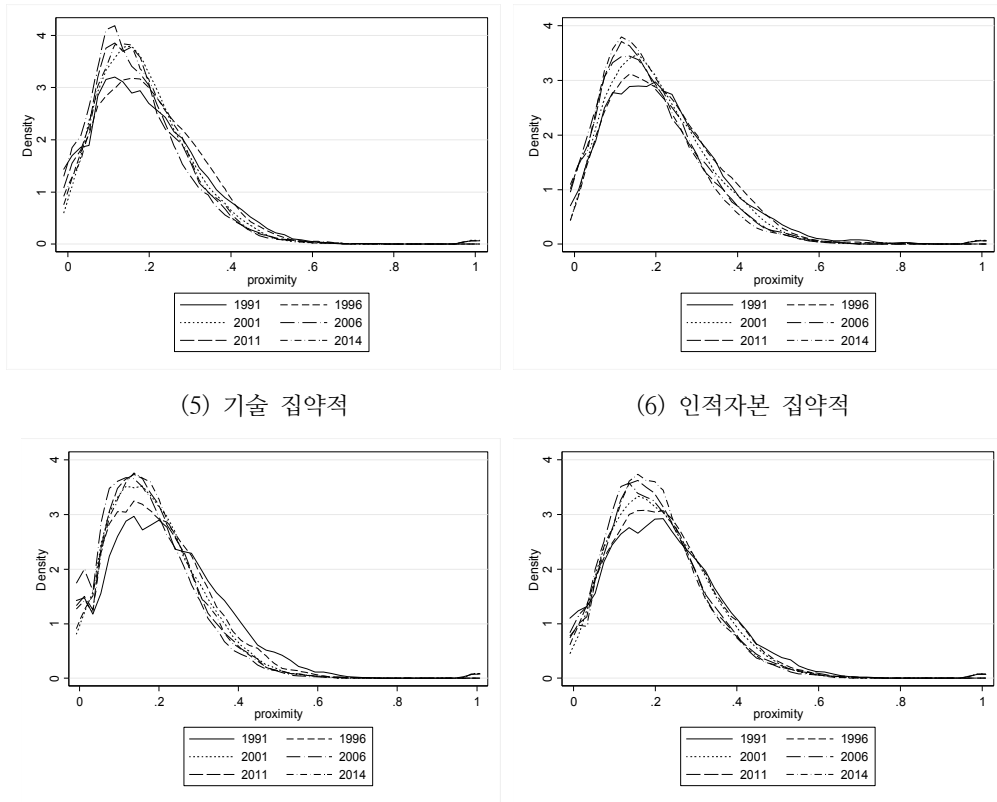
8) KS 검정법의 경우 주어진 확률표본이 소표본일 때 각 표본 수에 따라 유의수준별 임계값을 사용하고, 대표본인 경우 표본크기의 함수로 나타나는 임계값을 사용한다. 예를 들어 유의수준이

는 각각의 경우에 5년 단위로 추출한 자료를 대상으로 하여 표본분포함수를 추정하고 시간의 흐름에 맞게 짝 지은 분포의 쌍에 대한 KS 검정을 실시하였다.

상품근접성을 전체 상품과 요소집약도에 따른 산업별 정규커널밀도함수로 추정하고 이를 분석한 결과를 살펴보자. 앞서 살펴본 요약통계량은 물론, <그림 4.1>에서 알 수 있듯이 상품근접성 분포는 전체 상품과 산업별로 모두 오른쪽으로 긴 꼬리를 갖는 모양을 보이고 있다. 또한, 정규분포에 비해 최빈값 부근이 좁게 치솟은 형태로 침도가 높고 오른쪽으로 치우친 비대칭 분포의 모습을 나타냈다. 산업별 상품근접성 분포의 추정결과를 살펴보면, 모든 산업에서 연도별로 최빈값이 변해가는 모습을 보이고 있었다. 상품근접성을 추정한 분포를 살펴보면 하위 분위수에 속한 값들도 동태적인 변화를 보였다. 기초재화, 천연자원 집약적, 비숙련노동 집약적 산업에서 추정된 상품근접성 분포에 비해 기술 집약적, 인적자본 집약적 산업에서 추정된 상품근접성 분포가 일부 쌍봉의 분포를 보이는 것으로 추정되었다. 즉, 모든 산업에서 추정된 상품근접성 분포가 시간이 지남에 따라 동태적으로 변하는 모습을 확인할 수 있었다. 상품근접성 분포의 모습이 유사한 그룹은 기초재화, 천연자원집약적, 비숙련노동집약적 산업이 한 그룹으로, 기술집약적, 인적자본집약적 산업이 또 다른 그룹으로 구분된다. 즉, 요소집약도에 따른 산업별로 상품근접성의 분포적 특성이 구분되었다.



5%이고 대표본인 경우에 표본수가 각각  $n, m$ 으로 주어진 경우  $1.22 \sqrt{(n+m)/nm}$  인 임계값을 사용한다(Daniel, 1990; 송문섭 외, 2003 참조). 따라서 소표본인 경우 표본 크기와 무관하도록 임계값을 설정하는게 중요하나 본 연구와 같이 대표본이라면 KS 통계량의 임계값이 매우 작은 값을 가지므로 임계값 설정과 관련된 문제는 크게 제기되지 않는다.



〈그림 3.1〉 상품근접성 분포(커널밀도함수)의 동태적 변화

상품근접성의 비대칭적 분포를 고려해 볼 때 상품 간 거리가 큰 극단치가 어떤 값을 갖는지, 과연 이러한 극단치가 요소집약도에 따른 산업별로 어떤 특징을 갖는지, 산업별로 동태적인 변화가 있는지에 대해 살펴보겠다. 상품근접성을 기준으로 한 상위 20개 품목을 연도별로 분석한 결과는 <표 3.2>에 제시하였고, 이를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 1990년대에 비해 2000년대 이후 기술집약적, 인적자본집약적 산업에 속하는 고도화된 상품이 상품근접성 상위 품목에서 차지하는 비중이 크게 증가한 것으로 나타났다. 1991년에 상품근접성 기준 상위품목을 차지하는 고도화된 상품이 3개 품목에 불과한데, 2001년 이후 12~14개 품목으로 늘어났다. 둘째, 1990년부터 2000년 이전까지 상품근접성의 상위품목이 갖는 지표 값이 감소하다가 그 이후 2014년까지 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다. 이는 상품 간 거리가 등락을 거듭하면서 동태적으로 변화하고 있음을 의미한다. 즉, 상품공간에서의 산업구조 변화가 동태적으로 진행되었다는 해석도 가능하다. 하지만 이러한 해석을 뒷받침하기 위해서는 이러한 산업구조 변화에 대한 특징이나 패턴을 엄밀하게 분석할 필요성이 제기되었다.

〈표 3.2〉 상품근접성을 기준으로 한 상위 20개 품목의 연도별 산업분류

순위	상품근접성 기준					
	1991년	1996년	2001년	2006년	2011년	2014년
1	비숙련노동집약적 (0.8966)	비숙련노동집약적 (0.8810)	기초재화 (0.7778)	기술집약적 (0.8000)	비숙련노동집약적 (0.8333)	비숙련노동집약적 (0.8649)
2	비숙련노동집약적 (0.8966)	비숙련노동집약적 (0.8810)	비숙련노동집약적 (0.7297)	기초재화 (0.8000)	기술집약적 (0.8125)	인적자본집약적 (0.8500)
3	비숙련노동집약적 (0.8621)	비숙련노동집약적 (0.8367)	비숙련노동집약적 (0.7273)	기초재화 (0.7750)	비숙련노동집약적 (0.7907)	기초재화 (0.8333)
4	비숙련노동집약적 (0.8621)	비숙련노동집약적 (0.8367)	인적자본집약적 (0.7097)	기초재화 (0.7500)	기초재화 (0.7586)	인적자본집약적 (0.7857)
5	비숙련노동집약적 (0.8333)	비숙련노동집약적 (0.7727)	인적자본집약적 (0.7059)	기술집약적 (0.7500)	기초재화 (0.7500)	기술집약적 (0.7647)
6	비숙련노동집약적 (0.8333)	비숙련노동집약적 (0.7727)	기초재화 (0.6765)	인적자본집약적 (0.7297)	기술집약적 (0.7500)	인적자본집약적 (0.7500)
7	비숙련노동집약적 (0.8333)	기술집약적 (0.7500)	기초재화 (0.6750)	인적자본집약적 (0.7273)	천연자원집약적 (0.7333)	기초재화 (0.7500)
8	비숙련노동집약적 (0.8333)	기술집약적 (0.7500)	기술집약적 (0.6667)	비숙련노동집약적 (0.7222)	인적자본집약적 (0.7308)	인적자본집약적 (0.7500)
9	비숙련노동집약적 (0.8276)	기술집약적 (0.7500)	기술집약적 (0.6667)	인적자본집약적 (0.7143)	인적자본집약적 (0.7222)	기술집약적 (0.7500)
10	비숙련노동집약적 (0.8276)	기술집약적 (0.7500)	기초재화 (0.6667)	기술집약적 (0.7000)	인적자본집약적 (0.7143)	인적자본집약적 (0.7368)
11	비숙련노동집약적 (0.8214)	비숙련노동집약적 (0.7391)	기술집약적 (0.6522)	인적자본집약적 (0.7000)	기초재화 (0.7143)	인적자본집약적 (0.7273)
12	비숙련노동집약적 (0.8214)	비숙련노동집약적 (0.7391)	인적자본집약적 (0.6471)	비숙련노동집약적 (0.6964)	기초재화 (0.7143)	기술집약적 (0.7143)
13	비숙련노동집약적 (0.8214)	기술집약적 (0.7333)	인적자본집약적 (0.6471)	인적자본집약적 (0.6944)	비숙련노동집약적 (0.7083)	기술집약적 (0.7143)
14	비숙련노동집약적 (0.8214)	기술집약적 (0.7333)	인적자본집약적 (0.6452)	기술집약적 (0.6923)	인적자본집약적 (0.7073)	기술집약적 (0.7143)
15	기술집약적 (0.8182)	기술집약적 (0.7333)	인적자본집약적 (0.6400)	기술집약적 (0.6923)	인적자본집약적 (0.7059)	기초재화 (0.7097)
16	기술집약적 (0.8182)	인적자본집약적 (0.7333)	비숙련노동집약적 (0.6383)	기초재화 (0.6923)	인적자본집약적 (0.7037)	기초재화 (0.6957)
17	기술집약적 (0.8182)	기술집약적 (0.7273)	기술집약적 (0.6364)	인적자본집약적 (0.6818)	기술집약적 (0.7000)	인적자본집약적 (0.6957)
18	천연자원집약적 (0.8182)	비숙련노동집약적 (0.7273)	인적자본집약적 (0.6364)	기술집약적 (0.6667)	기술집약적 (0.7000)	기초재화 (0.6944)
19	비숙련노동집약적 (0.8148)	인적자본집약적 (0.7273)	인적자본집약적 (0.6296)	인적자본집약적 (0.6667)	인적자본집약적 (0.7000)	천연자원집약적 (0.6923)
20	비숙련노동집약적 (0.8148)	비숙련노동집약적 (0.7273)	인적자본집약적 (0.6250)	인적자본집약적 (0.6667)	인적자본집약적 (0.7000)	기술집약적 (0.6923)

주 : 괄호 안의 수치는 해당 품목별 상품근접성을 의미하며, 0과 1값은 제외한 결과임.

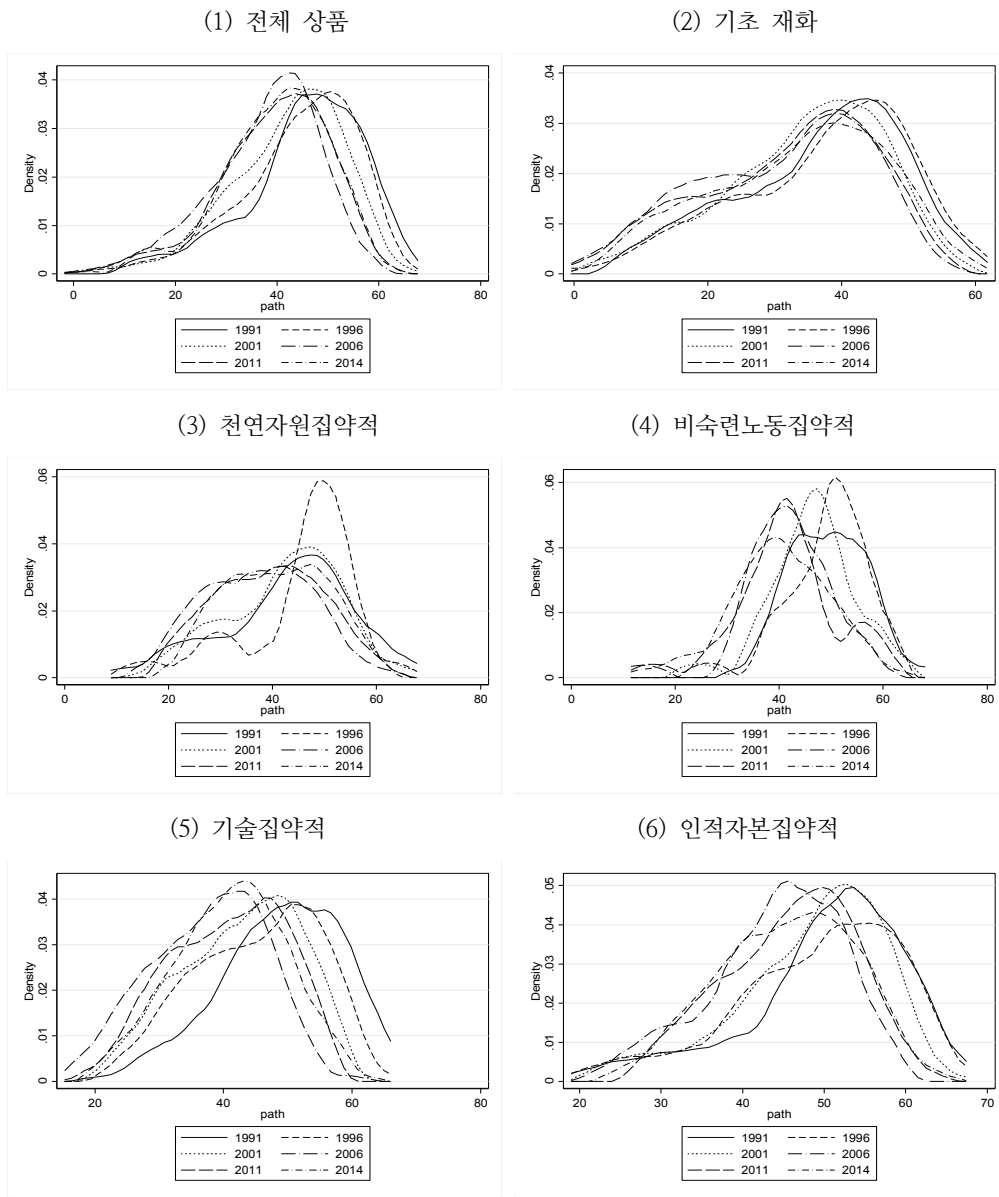
상품근접성 분포가 시간에 따라 변화하였는지를 검정하기 위해 5년 단위로 추정된 분포의 쌍을 고려하여 KS 검정을 실시한 결과를 〈표 3.3〉에 제시하였다. 검정결과, 2006-2011년 비숙련노동집약적 산업, 2011-2014년 인적자본집약적 산업에 속한 상품근접성 분포만이 5% 유의수준 하에서 차이가 없는 것으로 나타났기에 일부 산업에 대한 추가 분석이 필요할 수 있지만, 그 외 대부분의 경우에 시간 가변적이었다. 기초재화, 천연자원집약적, 기술집약적 산업은 모든 분포의 쌍이 차이가 있는 것으로 나타났다. 상품근접성 분포는 대체로 시간의 흐름에 따라 동태적으로 변화한다는 것을 의미한다. 즉, 상품 간 거리가 세계 시장의 상황이나 조건에 맞추어 조정되는 과정을 거치면서 세계 시장과 동조하는 경기순환적 특징을 따른다는 해석도 가능하다.

〈표 3.3〉 상품 근접성 분포의 동질성 검정 (KS 검정)

	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	검정통계량			$D_{KS}$
		$KS^D$	$KS^D_\alpha$	$p$ 값	
(1) 기초재화	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.033	7.198***	<.0001	0.066
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.025	5.539***	<.0001	0.051
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.022	4.802***	<.0001	0.044
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.017	3.744***	<.0001	0.034
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.011	2.331***	<.0001	0.021
(2) 천연자원 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.034	3.435***	<.0001	0.067
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.028	2.845***	<.0001	0.056
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.050	5.077***	<.0001	0.099
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.035	3.562***	<.0001	0.070
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.023	2.368***	<.0001	0.046
(3) 비숙련노동 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.028	3.424***	<.0001	0.057
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.032	3.879***	<.0001	0.064
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.047	5.633***	<.0001	0.093
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.010	1.175	0.127	0.019
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.014	1.654***	0.008	0.027
(4) 기술집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.034	6.577***	<.0001	0.068
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.024	4.683***	<.0001	0.048
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.034	6.628***	<.0001	0.068
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.030	5.896***	<.0001	0.061
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.011	2.192***	0.0001	0.023
(5) 인적자본 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.023	3.595***	<.0001	0.046
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.020	3.088***	<.0001	0.040
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.025	3.866***	<.0001	0.050
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.018	2.756***	<.0001	0.036
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.008	1.220	0.102	0.016

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의

상품경로를 전체 상품과 요소집약도에 따른 산업별로 정규커널밀도함수로 추정하여 분석한 결과를 살펴보기로 한다. 앞서 살펴본 요약통계량은 물론, 〈그림 4.2〉에서 알 수 있듯이 상품경로의 분포는 전체 상품과 산업별 모두 정규분포에 비해 왼쪽으로 치우친 모양을 보였다. 일부의 경우 쌍봉 형태의 분포를 띠는 경우도 있었다. 요소집약도별로 추정된 분포를 살펴보면 이러한 차이는 확연히 나타난다. 기초 재화를 제외한 나머지 산업에서 추정된 상품경로의 분포는 시간이 지남에 따라 분포의 동태성이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 관련하여 상품경로의 분포에 대한 동태적 변화를 통계적으로 검정할 필요성이 제기되었다.



〈그림 3.2〉 상품경로 분포(커널밀도함수)의 동태적 변화

상품경로 분포가 시간에 따라 변화하였는지를 검정하기 위해 5년 단위로 추정된 분포의 쌍을 고려하여 KS 검정을 실시하였다. <표 3.4>의 결과는 상품근접성 분포의 경우와 상반되게 나타났다. 검정결과, 2001-2006년 분포의 쌍을 제외하고는 모든 산업별 상품경로 분포가 5% 유의수준 하에서 5년 단위로 비교한 분포의 쌍이 동질적이라는 가설을 채택하였다. 이러한 분석결과를 통해 상품경로 분포는 대체로 시간의 변화에 민감하게 반응하지 않고 지속성을 갖는다는 것을 추론할 수 있다. 즉, 상품공간에서 주어진 상품이 중심부와 주변부 간의 구조적 양극화가 지속됨에 따라 산업구조 양극화도 지속되고 있다는



해석이 가능하다. 다만, 상품근접성의 관측치 수와 비교해 볼 때 상품경로의 관측치 수가 현저히 적다는 점을 충분히 고려한다면 이러한 검정결과를 정확히 해석하기 위해서는 향후 추가적인 분석이 필요하겠다.

〈표 3.4〉 상품 경로 분포의 동질성 검정 (KS 검정)

		검정통계량			$D_{KS}$
		$KS^D$	$KS^D_\alpha$	$p$ 값	
(1) 기초재화	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.049	0.667	0.765	0.099
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.071	0.964	0.311	0.143
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.060	0.815	0.519	0.121
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.055	0.741	0.642	0.110
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.038	0.519	0.951	0.077
(2) 천연자원 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.150	0.949	0.329	0.300
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.125	0.791	0.560	0.250
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.200	1.265*	0.082	0.400
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.075	0.474	0.978	0.150
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.100	0.632	0.819	0.200
(3) 비숙련노동 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.107	0.802	0.541	0.214
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.143	1.069	0.203	0.286
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.214	1.604**	0.012	0.429
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.071	0.535	0.938	0.143
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.071	0.535	0.938	0.143
(4) 기술집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.104	1.250*	0.088	0.208
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.076	0.917	0.370	0.153
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.146	1.750***	0.004	0.292
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.104	1.250*	0.088	0.208
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.042	0.500	0.964	0.083
(5) 인적자본 집약적	$H_0 : F_{1991}(x) = F_{1996}(x)$	0.076	0.730	0.661	0.152
	$H_0 : F_{1996}(x) = F_{2001}(x)$	0.076	0.730	0.661	0.152
	$H_0 : F_{2001}(x) = F_{2006}(x)$	0.174	1.668**	0.008	0.348
	$H_0 : F_{2006}(x) = F_{2011}(x)$	0.065	0.626	0.829	0.130
	$H_0 : F_{2011}(x) = F_{2014}(x)$	0.054	0.521	0.949	0.109

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의

## 5. 결론 및 시사점

본 연구에서는 상품공간에 대한 이론 및 분석방법론, 지표 등을 소개하고, 이를 토대로 하여 상품공간 구조의 동태적 변화에 대한 실증분석을 실시하였다. 분석 결과를 요약하면, 상품근접성 분포가 시간이 지남에 따라 변하게 되는 동태성을 갖는 것으로 나타난 반면, 기초재화를 제외한 대부분의 산업에서 상품경로 분포가 시간의 변화에 민감하게 반

응하지 않는 지속성이 확인되었다.

경제학적 관점에서 분석결과를 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 신상품 개발로의 이동 거리를 나타내는 상품근접성, 즉 상품 간 거리, 신상품으로의 거리나 신상품을 개발하게 되는 인센티브가 세계 시장의 상황이나 조건에 맞추어 조정되는 과정을 거치면서 세계 시장과 동조하게 되는 경기순환적 특징을 따르는 것으로 나타났다. 둘째, 상품경로를 볼 때 상품공간의 구조적 양극화가 지속되고 있었다. 여기서 상품공간의 구조적 양극화는 고 부가가치를 창출하는 선진국형(기술집약적, 인적자본집약적) 산업이 중심부를 이루고, 저 부가가치를 생성하는 후진국형(기초재화나 천연자원집약적) 산업이 주변부를 이루는 형태를 나타냈다. 결국, 상품공간 내 신상품 개발에 따른 인센티브를 나타내는 상품 간 거리가 끊임없이 변하면서 산업구조 변화가 복잡하게 진행되고 있는 반면, 중심-주변부 간의 구조가 유지되는 구조적 양극화 현상은 지속되었다는 점을 알 수 있었다. 전 세계 글로벌 기업들이 세계 시장에서 치열하게 신상품을 개발하기 위한 연구개발 등의 노력을 이어가는 한편, 각 국가들은 경제성장을 위한 산업구조 고도화를 이루기 위한 경쟁구도를 가속화하고 있기 때문에 상품공간 내 상품 간의 거리는 끊임없이 변하게 될 것이다. 이러한 지속적인 변화에도 불구하고 상품공간 구조의 큰 그림이 바뀌지 않고 있다. 이는 세계 시장에서 선진국과 후진국 간의 국제 분업구조가 여전히 유지되고 있으며, 산업구조 양극화도 지속되고 있기 때문으로 추론된다.

네트워크라는 측면에서 살펴보면, 상품공간은 각각의 상품(노드)의 연결강도나 의존성, 연계성이 시간이 흐름에 따라 진화하는 복잡성을 갖지만, 상품경로가 시간불변적인 모습을 보임에 따라 상품공간의 중심-주변부 구조, 즉 위상 체계는 큰 틀에 있어서 변하지 않는다는 점을 알 수 있었다. 결국, 상품공간은 미시적인 측면에서 상호 연결 관계가 복잡하고 끊임없이 진화하지만 거시적 측면에서 중심-주변부 구조나 형태가 유지되고 있는 특징을 갖는다. 따라서 상품공간은 좁은 세상 또는 척도없는 네트워크(scale-free network) 등의 네트워크 모형과 밀접하게 연관되어 있다<sup>9)</sup>. 물론, 상품공간이 이러한 좁은 세상이나 척도없는 네트워크의 특징을 갖는지에 대해서는 보다 엄밀한 분석과 추가적인 연구도 이루어져야 할 것이다.

이상의 분석결과에도 불구하고, 본 연구는 몇 가지 측면에 있어서 한계점을 보인다. 첫째, 상품경로의 자료 수가 상품근접성에 비해 상대적으로 부족하기 때문에 그래프나 김정 결과에 있어서 조심스러운 해석이 되어야 한다. 둘째, 모든 원소 값들의 전체 분포만을 가지고 분석하고 있기 때문에 행렬 자체의 변화를 측정하는 방식에 비해 해석 상 한계가 존재할 수 있다. 셋째, 상품근접성의 경우 정의역이 0과 1 사이로 제한되어 있다는 점도 상품공간 분포의 특성을 해석할 때 고려되어야 한다.

하지만, 본 연구는 상품공간 구조에 대한 동태적 변화를 실증적으로 밝히는 한편, 이

9) 좁은 세상 네트워크(small-world network)는 5-7번의 무작위 연결만으로 모든 노드들이 쉽게 연결될 수 있는 네트워크 성격을 의미하는데, 짧은 경로거리와 군집현상을 특징으로 갖는다(Watts and Strogatz, 1998). 척도없는 네트워크(scale-free network)는 노드의 도수가 갖는 분포가 멱함수 법칙을 따르는 네트워크를 의미하는데, 연결관계가 적은 노드들이 대부분이지만, 동시에 연결관계가 많은 노드들도 적지만 함께 존재한다. 기존 연구에서도 좁은 세상의 특징을 갖는 상품공간에 대해 분석하고 이를 해석한 바 있다. 이와 관련된 구체적인 내용은 Kali et al.(2013)을 참조하길 바란다.

러한 동태적 변화가 경제학적 혹은 네트워크 관점에서 어떠한 의미를 가지는지를 규명하였다는 점에 있어서 의의를 갖는다. 또한 상품공간 내 산업구조 변화가 세계 시장의 여건 및 환경 변화에 따른 충격이나 경기 변동에 반응할 수 있기 때문에 이러한 산업구조 변화가 경제적 충격이나 경기 변동에 따라 어떠한 영향을 받는지, 이와 반대되는 관점에서 세계 시장의 충격이나 경기 변동이라는 요인에 의해 상품공간 내 산업구조 변화가 어떻게 진행될 수 있는지에 대해 분석할 수 있는 연구의 시발점을 제공하였다는 점에 있어서도 중요한 의미를 지닌다.

마지막으로 상품공간의 동태적 변화를 분석하기 위해 다른 분석방법론(확률적 방법에 기반을 둔 전이행렬 분석 등)을 적용하거나, 네트워크 이론 및 모형에서 제시된 정형화된 사실(좁은 세상, 척도없는 네트워크 등)이나 분석도구를 상품공간에 대입하여 확장된 분석도 가능하다. 이러한 분석은 물론, 상품공간 내 산업구조 변화에 따른 국가별·산업별 영향을 분석하는 등의 연구과제는 차후에 다루어져야 하겠다. 또한 앞서 제시된 분석결과에서 요소집약도에 따른 산업별로 다른 모습을 보이기 때문에 이와 관련된 추가 분석도 필요할 것이다.

(2018년 4월 20일 접수, 2018년 5월 15일 수정, 2018년 6월 1일 채택)

## 감사의 글

본 논문에 대해 유익한 논평과 날카로운 지적으로 논문의 질적 제고에 큰 도움을 주신 익명의 심사위원 및 편집위원 분들께 감사의 말씀을 전한다.

**부 록**

본 연구의 실증분석에서 제시된 요소집약도에 따른 산업 분류는 아래의 표와 같은 무역통계(SITC Rev.3) 분류와 요소집약도에 따른 산업 분류 간의 대응을 적용하였다.

**〈부표 1〉 무역통계(SITC Rev.3) 분류와 요소집약도에 따른 산업분류 대응표**

(1) 기초재화 (Primary) (91개 품목)	(2) 천연자원집약적 (Natural-resource intensive) (20개 품목)	(3) 비숙련노동집약적 (Unskilled-labor intensive) (27개 품목)	(4) 기술집약적 (Technology intensive) (73개 품목)	(5) 인적자본집약적 (Human-capital intensive) (46개 품목)	(6) 미분류 (Not classified) (4개 품목)
001,011,012, 016,017,022, 023,024,025, 034,035,036, 037,041,042, 043,044,045, 046,047,048, 054,056,057, 058,059,061, 062,071,072, 073,074,075, 081,091,098, 111,112,121, 122,211,212, 222,223,231, 232,244,245, 246,247,248, 251,261,263, 264,265,266, 267,268,269, 272,273,274, 277,278,281, 282,283,284, 285,286,287, 288,289,291, 292,321,322, 325,333,334, 335,342,343, 344,345,351, 411,421,422, 431	524,611,612, 613,633,634, 635,661,662, 663,667,671, 681,682,683, 684,685,686, 687,689	651,652,653, 654,655,656, 657,658,659, 664,665,666, 793,811,812, 821,831,841, 842,843,844, 845,846,848, 851,894,895	511,512,513, 514,515,516, 522,523,525, 541,542,562, 571,572,573, 574,575,579, 581,582,583, 591,592,593, 597,598,711, 712,713,714, 716,718,721, 722,723,724, 725,726,727, 728,731,733, 735,737,741, 742,743,744, 745,749,751, 752,759,764, 771,772,773, 774,775,776, 778,792,813, 871,872,873, 874,881,882, 883,884,891, 893	531,532,533, 551,553,554, 621,625,629, 641,642,672, 673,674,675, 676,677,678, 679,691,692, 693,694,695, 696,697,699, 746,747,748, 761,762,763, 781,782,783, 784,785,786, 791,885,892, 896,897,898, 899	911,931, 961,971

자료 : 박재진(2009)을 참조하여 재구성

## 참고문헌

- 김대용 (2016). <상품공간, 산업구조와 경제발전에 관한 연구>, 성균관대학교 일반대학원 경제학과 박사논문; 서울.
- 김인무, 김대용, 이용주, 이성로 (2017). 상품공간에 의한 동태적 산업분류 및 상품공간 중력모형, <경제학연구>, 65(1), 103-139.
- 송문섭, 박창순, 이정진 (2003). <S-Link를 이용한 비모수 통계학>, 자유아카데미.
- 박재진 (2009). 한국과 중국의 비교우위구조의 동태적 특징에 관한 실증분석, <무역학회지>, 34(1), 405-432.
- 통계청 (2008). <SITC에 의한 무역통계>, 2008년 정기통계품질진단 연구용역 최종결과보고서.
- Abdon, A. and Felipe, J. (2011). The Product Space: What Does It Say About the Opportunities for Growth and Structural Transformation of Sub-Saharan Africa?, *Working Paper*, 670, Levy Economics Institute of Bard College.
- Balassa, B. (1964). The purchasing power parity doctrine: A reappraisal, *Journal of Political Economy*, 72(6), 584-596.
- Boschma, R. Minondo, A. and Navarro, M. (2010). Related variety and regional growth in Spain, *Working Paper*.
- Cabral, L (2000). Stretching firm and brand reputation, *RAND journal of economics*, 31(4), 658-673.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*, 3rd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Daniel, W. W. (1990). *Applied Nonparametric Statistics*, 2nd ed. PWS-KENT, Boston.
- Diamond, D. (1989). Reputation acquisition in debt markets, *Journal of Political Economy*, 97, 828-862.
- Fagiolo, G. Reyes, J. and Schiavo, S. (2009). The World-Trade Web: Topological Properties, Dynamics, and Evolution, *Physical Review*, E 79, 036115.
- Fagiolo, G. Reyes, J. and Schiavo, S. (2010). The Evolution of the World Trade Web, *Journal of Evolutionary Economics*, 20, 479-514.
- Feenstra, R. C. (2004). *Advanced International Trade: Theory and Evidence*, Princeton University Press.
- Hausmann, R. and Klinger, B. (2007). The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage, *CID Working Paper*, 128, Kennedy School, Harvard University.
- Hausmann, R. and Rodrik, D. (2003). Economic development as self-discovery, *Journal of Development Economics*, 72, 603-633.
- Hidalgo, C. A. Klinger, B. Barabasi, A. L. and Hausmann, R. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations, *Science*, 27(317), 482-487.

- Kadochnikov, S. and Fedyunina, A. (2013). Export Diversification in the Product Space and Regional Growth: Evidence from Russia, *Working Paper*.
- Kali, R. Reyes, J. McGee, J. and Shirrell, S. (2013). Growth Networks, *Journal of Development Economics*, 101.
- Kolmogorov, A. N. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione, *Giornale dell' Istituto Italiano degli Attuari*, 4, 83–91.
- Onnela, J. J. Saramaki, J. Kertesz and K. Kaski (2005). Intensity and coherence of motifs in weighted complex networks, *Physical Review*, E 71, 065103.
- Silverman, B. W. (1986), *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, Chapman Hall.
- Smirnov, N. V. (1933). Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples, *Bulletin Moscow University*, 2, 3–16.
- UN Comtrade: <https://comtrade.un.org>
- Watts, D. J. and S. H. Strogatz. (1998). Collective Dynamics of ‘Small-World’ Networks, *Nature*, 393, 440–442.

# A Study on Dynamics of Structure in Product Space

Daeyong Kim<sup>1)</sup>

## Abstract

This paper aims to examine a product space in terms of economics and complex network, including its theoretical background, usefulness and empirical findings in product space. Especially, this paper analyze how the empirical distribution of the proximity and paths, which is sorted by the factor intensity-driven industry group, dynamically changes over time in terms of structural transformation in product space. The empirical findings shows that, in product space, the products in more sophisticated industries, i.e. technology intensive and human-capital intensive industries, are located in a densely connected core, otherwise other products in less sophisticated industries (primary and natural-resource intensive industries) occupy a less-connected periphery. In addition, this findings supports the empirical evidence on dynamics of structure in product space, which defined as the continuous structural transformation in micro level and persistence of the core-periphery structure of the product space in macro level. In terms of network theory and terminology, this findings shows that the product space is closely related to characteristics of small-world or scale-free network.

Key words : product space, complex network, industrial structure, factor intensity

---

1) (Corresponding author) Specialist, Center for International Development, Korea Development Institute, 263(Bangok-dong, Korea Development Institute), Namsejong-ro, Sejong-si, Korea. E-mail: daeyong78@gmail.com