

기술혁신분포, 기술모방분포 그리고 신 국제무역이론에 대한 실증연구

An Empirical Study on the Technology Innovation Distribution, Technology Imitation
Distribution and New International Trade Theory

조상섭(Sang Sup Cho)*, 민경세(Kyung Se Min)**,
조병선(Byung Sun Cho)***, 황호영(Ho Young Hwang)****

목 차

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| I. 서론 | III. 실증분석 |
| II. 국제무역이론에서 기술역량분포
그리고 분석방법론 | IV. 요약 및 시사점 |

국문 요약

본 연구는 신 국제무역이론(Melitz, 2012, 2014, 2015)에 대한 실증분석을 목적으로 한다. 신 국제무역이론은 기업기술역량에 대한 이질적 기업분포가 무역효과에 미치는 영향을 중심으로 전개되고 있으며, 기업기술역량분포형태가 무역효과를 결정한다는 중요한 가정에서 출발한다. 본 연구는 실증적으로 우리나라 제조업에 기업기술역량분포를 추정하였다. 이 연구목적을 위하여 우리나라 총 기업기술역량분포를 기술혁신과 기술모방분포로 분리하였으며, 분포형태의 적합성에 대하여 통계적으로 검증하고, 신 국제무역이론기반에 대한 적정성을 평가하였다. 연구시사점으로 본 분석결과를 바탕으로 기술정책 및 산업정책 방향을 간단하게 제안하였다.

핵심어 : Malmquist 지수, 기술혁신분포, 기술모방분포, 분포차이검정, 파레토분포, 대수적 정규분포, 신 국제무역이론

※ 논문접수일: 2017.11.21, 1차수정일: 2018.2.22, 게재확정일: 2018.3.19

* 호서대학교 경영학부 부교수, choss@hoseo.edu, 041-560-8353

** 한밭대학교 경제학과 교수, mks@hanbat.ac.kr, 042-821-1304, 교신저자

*** 한국전자통신연구원 책임 연구원, tituscho@etri.re.kr

**** 한국전자통신연구원 책임 연구원, hoyhwang@etri.re.kr

ABSTRACT

This study aims at empirical analysis of the new international trade theory (Melitz, 2012, 2014, 2015). The new international trade theory is centered on the effect of heterogeneous firms on the technological competitiveness on the trade effect and resulted from the important assumption that the form of the enterprise technology distribution determines the trade effect. This study empirically estimated the distribution of enterprise technology in Korean manufacturing. For the purpose of this study, we divided Korea's total enterprise technology distribution into technological innovation and technical imitation distribution, then statistically verified the distribution type and evaluated the appropriateness of the new international trade theory. Based on the empirical results of this study, we briefly suggested the direction of technology policy.

Key Words : Malmquist Index, Technological Innovation Distribution, Technical Imitation Distribution, Difference Test in Distributions, Pareto and Lognormal Distribution, New Trade Theory

I. 서론

전통적으로 국제무역이론은 비교우위(생산기회비용의 차이)측면에서 국가 그리고 산업간 재화 및 서비스흐름을 설명한다. 비교우위원리는 생산성차이(리카도 비교우위) 또는 투입집중도의 산업 차이 그리고 투입요소정도(헤서-오린 비교 우위) 등의 다양한 조합으로 발생할 수 있다. 모든 이론적 모형이 모두 국제무역흐름에 관한 여러 가지 사실과 이론을 설명하고 있듯이, 전통 무역이론의 주요한 함의는 산업 간 무역현상을 설명하는 것이다. 즉, 한 국가에 속한 산업에서 제품과 서비스를 수출하고, 다른 국가가 수입하는 형태이다. 전통적 무역이론은 또한 기존 국제무역이 상대적인 투입요인의 보상(따라서 수입 분배)에 영향을 줄 수 있는 작동원리를 제공하며, 투입요소집중도가 산업전문화로 다양한 생산요소에 대한 상대적인 수요를 변화시키는 인과관계를 강조한다.

2000년도 이후부터 Melitz(2003), Bernard et al.(2003) 그리고 Eaton et al.(2002)을 중심으로 전개되고 있는 최근 국제무역이론은 산업적 측면보다는 경쟁적 기업 또는 기업능력의 이질성에 중점을 두고 전개되고 있다. 무역경쟁력 있는 기업은 핵심자원을 소유한 기업이며, 그중에 가장 중요한 핵심자원이 기술경쟁력(총 요소생산성)이라고 정의한다(Bernard et al., 2007). 따라서 최근 무역이론의 핵심은 어떻게 개별 기업기술역량을 측정하고, 이질적 기업기술역량이 무역구조와 형태를 결정하는 지에 대한 이론적 그리고 실증적 탐구로 볼 수 있다.

최근 국제무역관련 연구에서는 기업이질성을 대표하는 확률분포로 파레토 또는 Zipf 규모분포를 가정한다. 이에 대한 이유로는 파레토규모분포선택은 연구모델링의 관점에서 다루기 쉽고, 매우 편리하여 닫힌 해를 도출한다는 두 가지 기본적 동기에 있다. 다음으로 적절한 이유는 적어도 실증적 분석을 통하여 볼 때, 미국 특허 및 종업원규모의 경우에 기업규모분포의 적절한 근사치를 제공한다는 것이다. 후자의 주장을 뒷받침하기 위해 Axtell(2001)은 Zipf 법칙이 실제 자료에서 기업 전체 역량분포를 적절하게 표현하고 있음을 보였다. 본 주제와 관련하여 우리나라 기존 연구로는 김영규 외(2016)와 조상섭 외(2017)가 존재한다.

그러나 최근 실증적 증거는 파레토분포가 전체 기업규모 및 생산성분포에 적합하지 않고, 상부 꼬리에만 적합함을 보여주었다(Combes et al., 2012). 더욱이 파레토확률분포는 추정방법론(Virkar and Clauset, 2014)과 실증적 관점(Rossi-Hansberg and Wright, 2007; Head et al., 2014)에서 논쟁의 여지가 존재한다. 이에 반하여 Combes et al.(2012)과 Head et al.(2014)은 대수적 정규분포가 기업규모 및 생산성분포에 더 적합함을 보였다.

상기 논의를 바탕으로, Combes et al.(2012)과 Head et al.(2014)은 파레토규모분포 가설을 무시하고, 대수적 정규분포가정을 채택할 때에 무역이익이 어떻게 될지 탐구하였다. 이 연구자들은 몇 가지 주요한 모수의 변화에 따라 후생효과가 다른 확률분포에 비하여 파레토분포를

가정할 경우에 두 배가 될 수 있다고 주장하였다. 이들 논문에서는 파레토분포와 더불어 대수적 정규분포로부터 무역이익을 비교함으로써, 기업규모분포 또는 기업이질성의 역할에 대한 학문적 쟁점을 제기하였다.

위에서 언급한 파레토분포와 대수적 정규분포선택에 대한 쟁점은 다음 두 가지 주된 이유에 의해서 제안되었다. 첫 번째는 대수적 정규분포가 기업규모분포에 대한 감마유형계열의 분포 중 하나이며, 파레토분포와 대수적 정규분포는 모두 기업규모역할에 사용되는 가장 일반적인 분포계열(Kleiber and Kotz, 2003)이다. 두 번째는 파레토분포와 마찬가지로 대수적 정규분포 결정인자는 규모분포속성을 크게 차별화한다는 것이다. 기존 연구 결과에 따르면, 특정 분포선택은 무역이익의 크기, 이질성과 관련된 추가적인 이점 그리고 고정비용과 가변비용감소의 상대적 중요성과 관련하여 추정된 후생효과에 큰 영향을 미친다. 예를 들어 고정된 수출비용의 25% 감소(즉 한국과 미국사이에 무역 협정을 성공적으로 완수한 후에 예상된 결과와 유사함)는 파레토 확률분포에서 무시할 수 없는 무역이익을 나타낼 것이며, 대수적 정규분포를 가정하는 경우에도 상당한 무역후생을 제공할 것이다(Bee and Schiavo, 2015).

위에서 언급한 기업관련 분포유형이외에 무역후생추정에 결정적인 역할을 하는 것으로 알려져 있는 대체탄력성과 같은 무역모형의 핵심 매개변수에 대한 민감도를 동시에 검토해야 한다. 이에 대한 이유로 기업규모 및 생산성분포에 대한 파레토분포를 사용하여 얻은 무역후생효과가 특히 대체탄력성의 정도에 따라 민감하다는 것은 잘 알려져 있기 때문이다. 그러나 본 연구에서는 기업의 기술혁신분포형태에 따른 신 무역이론의 검토에 국한하도록 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성되었다. 먼저 제 II장에서는 기업기술역량분포와 무역후생에 관한 이론적 모형을 살펴본다. 전통적 수출이득은 동질적 기업분포를 가정하였으나, 신 무역이론에서는 기업분포의 이질성을 강조하고 있다. 다음으로 기업기술혁신분포를 추정하는 방법론을 간략하게 기술한다. 제 III장에서는 우리나라 기업관련 실제자료를 바탕으로 기술역량에 대한 파레토분포, 대수적 정규분포에 대한 비교를 실시한다. 추정모수를 바탕으로 무역후생효과를 모의 실험하였다. 제 IV장에서는 본 연구결과를 요약하고, 간단한 기술혁신기반 기업지원에 대한 정책적 시사점을 제시한다.

II. 국제무역이론에서 기술역량분포 그리고 분석방법론

1. 국제무역이론과 기술역량 분포

이미 서론에서 언급하였듯이 지난 10년 동안 차별화된 제품 및 서비스시장에서 이질적 기업

에 대한 새로운 무역이론이 제시되었다. 새로운 무역이론의 중요성은 미시적 무역자료의 분석 결과를 설명하기 위해서 고안되었다는 데 있다(표 1) 참조. 수출관련 일반적 현상으로 일부 기업만이 수출하고, 수출기업은 비 수출기업보다 생산적이며, 무역자유화는 서로 다른 유형의 기업들 사이에 자원을 산업 안에서 재 할당 및 분배를 유도한다. 이러한 자원 재 배분과정이 무역이익을 위한 새로운 잠재적 채널을 대표한다. 그러나 이 새로운 무역이론이 제시하는 국가 후생총계에 대한 실증분석결과는 다양한 후생경로를 결합하여도 일치된 답을 얻지 못했다.

신 무역이론의 제시하는 이론적 핵심을 설명하는 문제점은 다양한 기업기술 분포사이에 또는 각 기술 분포의 다른 추정매개변수에 대해서 상당한 무역이득의 차이가 존재한다는 데 있다. 예를 들어 보면 파레토(Pareto) 기술역량분포에 대한 α 매개 변수의 값이 3.18에서 4.25로 증가되면, 무역 자유화의 예상되는 후생효과는 반 정도로 줄어든다는 것을 볼 수 있다. 이것은 Melitz and Redding(2015)의 분석결과 중 하나와 일치하며, 그들의 도출명제 4는 파레토 기술역량분포를 가정할 경우에 더 작은 α 매개변수가 개방된 무역으로 더 큰 후생이득을 수반한다는 것을 말해 준다.¹⁾ 이 새로운 무역이론에 대한 통찰력은 다른 기업기술 분포에도 적용된다(표 2) 참조.

파레토 기술역량분포경우에 대한 후생이득순위는 가정에 따라 다르지만, 일반적으로 높은 두꺼운 인자가 특징인 대수적 정규 기술역량분포는 와이불(Weibull) 기술역량 분포보다 항상 높은 무역이득을 산출한다. 이상에서 논의한 신 국제무역모형의 결론은 모든 경우에 기업이질성이 존재하면, 교역에서 중요한 추가적 무역후생이점이 존재한다는 것이다.

결론적으로 이 절에서 기술한 무역이론에 대한 간단한 고찰은 두 가지 주요한 결론을 말해준다. 첫째, 기업기술역량분포의 꼬리부분에서 두꺼운 정도는 무역이득의 크기에 큰 영향을 미치며, 이것은 특정한 분포형태에 대한 가정에 상관없는 사실이다. 둘째로, 무역이득의 민감도는 꼬리부분의 두꺼운 정도에 따라 증가한다. 따라서 더 두꺼운 꼬리는 더 큰 무역이득뿐만 아니라 실제 무역이득크기에 더 큰 불확실성도 암시한다. 여러 기존 무역연구에서 제시하는 결론으로부터 시사점은 다양한 기업의 기술역량분포형태 특히 대표적으로 파레토 분포와 대수적 정규분포의 실증적 차별성이 중요한 핵심논제가 등장하게 된다는 것이다.

신 국제무역이론에서 이질적 기업의 중요성이 강조되지만, 기업의 이질성정도에 대한 실증적 분석은 상당한 어려움이 존재한다. 특히 표 2)에서 제시하는 바와 같이 기업의 기술역량분포를 정확하게 설정하는 것은 기술역량분포를 결정하는 모수측정과 서로 대립되는 기술역량분포를 검정하는 과정을 거쳐야 한다. 다음 2절은 이 분포검정방법에 대하여 간략하게 기술하는데 있다.

1) Melitz and Redding(2015)은 명제 4를 통하여 만일 기업역량분포가 파레토분포인 경우에 무역개방은 후생을 증대시키며, 변동비용의 감소는 더 많은 무역후생을 발생시킨다고 제시하고 있다.

〈표 1〉 핵심논제에 따른 국제이론의 변화비교

무역 현상/설명이론	고전 무역이론	신 무역이론	통합 무역이론	이질기업 무역이론	통합 이질기업 무역이론
주요 이론가	Ricardo(1817) Heckscher (1919) Ohlin(1933)	Krugman (1980)	Helpman and Krugman (1985)	Melitz(2003) Bernard et al.(2003)	Bernard et al.(2007)
무역 구조 및 형태					
- 산업 간	X	-	X	-	X
- 산업 내	-	X	X	X	X
- 수출기업과 비 수출 기업	-	-	-	X	X
무역과 생산성					
- 수출기업 생산성증대효과	-	-	-	X	X
- 자유무역 자원 재분배효과	-	-	-	X	X
무역과 노동시장					
- 자유무역 일자리 창출	X	-	X	-	X
- 일자리 창출과 소멸	-	-	-	X	X
- 자유무역 소득분배	X	-	X	-	X

자료 : Bernard et al.(2007: 107)에서 수정

〈표 2〉 기업 기술역량분포에 따른 무역이득비교요약

기업기술역량분포	파레토 분포	대수적 정규분포	Weibull 분포
무역이득효과	가장 큼	중간	가장 작음

2. 분석방법론

본 절은 새로운 국제무역에서 중요한 역할을 하는 기업이질성분포를 검정하는 분석방법론을 제시한다. 앞에서 언급한 바와 같이 경쟁력 있는 기업의 이질성을 측정하는 변수는 기술역량관련 변수이다. 기업의 기술역량은 기술혁신능력과 기술모방능력으로 이루어진다. 따라서 국제무역의 관점에서 두 가지 기술관련 분포유형을 정확하게 결정하는 것이 중요하다.

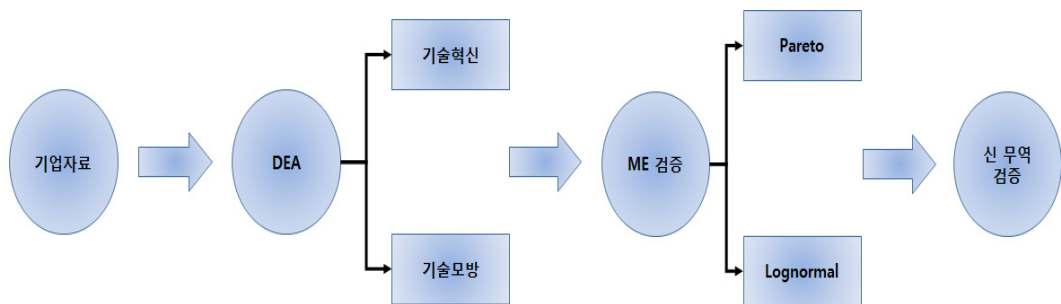
일반적으로 넓은 범위에서 대수적 정규분포를 보이는 분포가 마지막 몇 백분위 수의 범위에서 파레토분포로 바뀐다는 것은 잘 알려져 있다. 많은 물리적, 자연적, 사회적 사건(지진 규모, 종의 풍요, 소득 및 재산, 컴퓨터파일, 도시 및 기업 규모 그리고 기술혁신)의 확률분포는 이러한 구조를 나타낸다. 본 연구에서는 최대 엔트로피(Maximum entropy)에 기초한 통계적 분포

에서 지수법칙(Power-law tail)의 발생에 대한 검정을 적용하여 기술혁신과 기술모방분포에 대한 검증을 실시한다. 이 방법론은 로그 정규분포나 파레토분포가 아닌 경우에도 실제 자료생성과정을 식별할 수 있다(Bee et al., 2011). 다음으로 최대 엔트로피 접근법을 널리 사용되는 검증방법과 함께 제시함으로써 복잡한 기술관련 분포에 대한 검증을 실시한다. 본 연구결과는 로그정규분포와 파레토분포를 가진 기술역량관련 분포가 국제무역에서 중요한 역할을 할 수 있다는 사실을 보여준다.

기술경영, 물리학, 생물학, 컴퓨터 과학, 인구 통계학, 경제학, 금융학, 사회 과학 등의 여러 현상들이 멱 법칙에 따라 분배되거나 최소한 꼬리부분에 멱함수 법칙을 보여준다. 특정 분포의 위쪽 꼬리는 로그법의 혼합과 같은 증폭방법에 의해 생성될 수 있다. 지난 10년 동안에 실증적 자료에서 멱함수 분포를 검증하기 위한 적절한 방법에 대한 논쟁이 격렬했으며, 멱 법칙꼬리의 규모를 확립하기 위한 많은 접근법이 제안되었다. 파레토 분포는 로그 정규분포에 의해 표현된 대안과 비교되고 있지만, 다른 후보 분포 즉 와이블 분포와 같은 대안적 분포도 제안되었다. 많은 경우에 실증적 확률분포의 정확한 형태가 중요하지는 않지만, 두꺼운 꼬리가 설명되는 논쟁은 두꺼운 꼬리분포의 독특한 정의가 없다는 사실에서 기인한다. 많은 구성요소와 표본크기효과로 인하여 다양한 사회적 수준과 자연 현상이 다른 꼬리변동을 보여줄 수 있기 때문이다.

다음에서 우리나라 기업기술관련 자료생성과정을 식별하고, 기술역량관련 자료에서 파레토 꼬리존재를 결정하기 위해 최대 엔트로피(ME) 추정방법에 기초한 방법론을 간단하게 설명한다(Bee et al., 2011). 이 분석접근법의 주요한 장점 중 최소 두 가지는 유연성과 변별력으로 대수적 정규분포에 대한 명확한 차별성을 제공한다는 사실이다. 최대 엔트로피확률밀도함수가 가장 일반적으로 사용되는 확률분포를 포함하기 때문에 추정된 최대엔트로피밀도는 다수의 대안적 분포와 쉽게 비교될 수 있다는 장점이 존재한다.

본 연구목적과 관련하여 최대엔트로피방법론은 로그 및 지수법칙분포의 적합성을 평가하고, 서로 다른 분포생성체계를 비교하며, 서로 다른 수준의 기술역량관련 변수에서 동일한 복잡한



(그림 1) 본 연구의 분석절차도

체계의 동작을 분석하는 매우 유용한 방법이다. 다음에서는 두꺼운 꼬리분포와 관련된 상위 꼬리변화를 추정하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법론을 검토하고, 간단하게 최대엔트로피 접근방식을 기술한다. 다음 장에서 기술혁신규모와 기술모방규모를 기술관련 자료에서 분리하고, (그림 1)과 같이 우리나라 기업기술역량규모에 대한 분포를 분석하여 신 국제무역이론에 대한 기술경영 및 기술 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

앞에서 언급한 바와 같이 생성된 자료 분포가 파레토분포인지 또는 다른 대안적 분포인지를 정확하게 검정하기에는 매우 어려운 분야이다. 최근에 Bee et al.(2011) 매우 강력한 검정방법을 제안하였다. 따라서 본 연구에서는 이 방법론에 대한 핵심적인 내용만을 기술하기로 한다.

일반적으로 파레토분포와 대수적 정규분포를 비교검정하는 방법은 로그 정규분포의 로그 값은 잘린 정규분포를 나타내고, 파레토분포의 대수 값은 지수 분포한다는 사실에 근거한다. 절단된 정규성의 대안으로 지수분포인 대립가설에 대한 우도 비 검정방법은 확률변수의 표본계수 $\hat{c} = \min\{1, \hat{\sigma}/\hat{\mu}\}$ (여기서, μ, σ 및 σ 는 절단된 정규분포의 매개변수 임)에 의해 주어진다. 특히 이 검정 값은 균일하게 가장 강력한 편향(UMP) 검정량임이 알려져 있다. 한 편으로 이 검정방법은 계산적으로 간단하고, 이론적으로 매력적이지만 다른 한편으로 편향된 검정집단에 대한 UMP 속성의 제한으로 통계적 관점에서 완전히 만족스럽지 않다. 더욱이 UMPU 검정은 파레토 분포에 대한 대수적 정규분포를 검정하는 데에만 사용할 수 있다.

다른 비교검정방법으로 Clauset, Shalizi 및 Newman(CSN)검정통계량은 Kolmogorov-Smirnov(KS)통계량에 기초한 다른 검정방법을 제안했다. 이때 추정된 x_{\min} 은 KS거리 즉 $D = \max_{x \geq \min x} |F_n(x) - F(x)|$ 을 최소화하는 값이다. 여기서 $F_n(x)$ 은 경험적 누적확률밀도함수이며, 파레토분포의 누적확률밀도함수를 말한다. CSN검정방법은 x_{\min} 보다 큰 자료가 진정한 지수분포라는 가설을 검증하는 방법을 보여 주지만, 그들의 방법은 최상 임계값만을 제공하며, 다른 임계값은 또한 멱함수 법칙의 꼬리를 결정하는지 여부를 알지 못한다는 한계가 존재한다.

최근 다른 분포검정방법으로 로그 정규분포와 파레토분포를 모두 포함하는 최대 엔트로피(ME)를 기반으로 하는 방법을 제안되었다. 최대 엔트로피분포는 첫 번째 k 이론적 및 경험적 모멘트의 동일성을 부과하는 제약에서 Shannon 정보엔트로피 $W = \int -f(x) \log[f(x)] dx$ 을 최대화한 결과로 나타난다. 이때 제약조건은 일반적으로 $\int x^i f(x) dx$ 와 $\int \log(x)^i f(x) dx$ 이 이론적 및 경험적 특성화 모멘트 $i = 0, 1, 2, \dots, k$ 에 의해 주어진 산술 또는 기하 특성화 모멘트이다. 이를 간단하게 설명하면 다음과 같다. 만일 $\mu^i = E(T(x)^i)$ 와 $\hat{\mu}^i = \frac{1}{n} \sum_j T(x_j)^i$ 을 이론적 그리고 경험적 모멘트라고 하자. 최대 엔트로피접근법은 제약조건 $\mu_i = \hat{\mu}_i$ 하에서 W 을 최대화

하는 것을 의미하며, 해(즉, ME밀도)는 $f(x) = e^{-\sum_{i=0}^k \lambda_i T(x)^i}$ 형태를 갖도록 $k+1$ 라그랑주승수 λ_i 을 도입하여 해결 할 수 있다. 파레토분포는 $k=1$ 인 최대 엔트로피밀도이고, 대수적 정규분포는 $k=2$ 인 최대 엔트로피 밀도함수이다. 두 분포를 특성화 모멘트는 대수적이다. 반면에 지수분포와 정규분포는 각각 $k=1$ 과 $k=2$ 인 최대 엔트로피밀도와 산술적 특성화 모멘트를 갖는다.

앞에서 보았듯이, 최대 엔트로피추정에서 가장 중요한 문제는 k 의 선택문제이다. 더 많은 수의 제약조건을 사용하면 보다 정확한 근사 값을 얻을 수 있지만, 매개변수가 더 많다는 것을 의미한다. 따라서 더 나은 적합성에 대한 이점은 더 많은 매개변수를 추정하여 발생하는 노이즈와 균형을 이루어야 한다. 본 연구에서는 k 의 최적 값에 관한 결정을 내리는 방법으로 다음과 같은 우도 함수 값을 사용하였다. 즉 $k=k^*$ 와 $k=k+1$ 에 대하여 다음 우도 값은 χ_1^2 분포를 따른다.

$$LR = -2N \left(\sum_{i=0}^{k^*+1} \hat{\lambda}_i \hat{\mu}^i - \sum_{i=0}^{k^*} \hat{\lambda}_i \hat{\mu}^i \right) \quad (1)$$

위 수식 (1) 검정통계량을 이용하여 최적 k^* 을 구할 수 있다. 앞에서 기술한 바와 같이 파레토분포와 로그 정규분포를 결정하는 것은 해당 기술 확률변수의 대수에 대한 분포가 $k=1$ 또는 $k=2$ 인지에 의하여 결정된다.²⁾

위에서 기술한 본 연구방법론은 기업기술역량분포에 대한 파레토 및 대수적 정규분포에 대한 실증적 적합성을 제공한다. 우리나라 기업의 기술역량이 어떤 분포형태를 갖는 지에 대한 이해는 신 무역이론에 대한 적합성과 국가무역정책뿐만 아니라 기업기술정책 및 전략에 중대한 전개방향을 제공한다.

III. 실증분석

1. 기초자료분석

본 연구를 위하여 2005년도에 과학기술정책연구원에서 제공한 우리나라 제조업에 속한 1,375

2) 그러나 이 방법은 더 많은 수의 매개 변수를 가진 모델을 추정하는 비용이 발생할 수 있으며, 설명력을 실질적으로 증가시키지 않으면서 더 많은 소음을 유발할 수 있다. 보완적으로 AIC 또는 BIC를 사용할 수 있다.

개 기업의 상시종업원 수, R&D지출 그리고 매출액을 투입변수와 산출변수로 이용하였다.³⁾ 2003-2004년도 동안에 기업기술변화는 DEA방법에 의한 총 기술효율성을 중심으로 Malmquist 지수를 적용하여 두 기술역량인 기술혁신역량과 기술모방역량을 분리하였다. 이를 위하여 Malmquist지수를 연도에 따라서 기술혁신(Technical Frontier Shift)과 기술모방(Technical Efficiency)으로 분리하였다. 비모수적 DEA기법을 적용하여 계산된 기술혁신과 기술모방에 관련된 기초통계는 <표 3>과 같다. <표 3>에 나타난 간단한 특징을 보면 다음과 같다. 우리나라 제조업의 경우에 평균적으로 기술혁신에 의한 기술변화가 주도되고 있다. 둘째, 본 연구와 관련하여 보다 중요한 사실은 기술혁신분포는 기술모방분포에 비하여 상대적으로 오른쪽으로 치우쳐 있음을 보여준다. 이러한 기술 분포모양은 대칭적인 분포보다는 한 쪽에 치우친 분포형태임을 말해준다.

<표 3> 우리나라 제조업의 기술혁신과 기술모방에 대한 기초통계

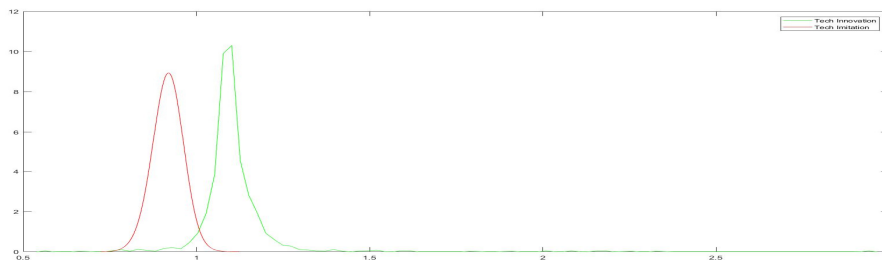
통계량	Malmquist 지수	기술혁신지수	기술모방지수
평균	1.0145	1.1021	0.9208
중앙값	1.0064	1.0915	0.9248
최빈값	1.0000	1.0814	0.9248
표준편차	0.1100	0.1190	0.0207
첨도	85.0445	77.2730	6.1536
왜도	7.3186	6.7253	0.2086
범위	2.2435	2.4523	0.1536
최소값	0.4478	0.4842	0.8464
최대값	2.6913	2.9366	1.0000
관측수	1375	1375	1375

다른 기초적 통계방법으로 기술혁신과 기술모방분포를 시각적으로 나타내기 위하여 비모수적 요핵(Kernel Density)분포를 살펴보았다. 다음 (그림 2)에서 보듯이, 두 가지 기업기술역량 분포에서 시각적 차이점을 볼 수 있다. 즉 평균을 나타내는 위치에 대한 차이점과 함께 분포의 긴 꼬리 존재이다.

먼저 간단한 통계적 검정을 위하여 KS(Kolmogorov-Smirnov Test)검정결과 $KS=0.962(p\text{-값}:0.00)$ 로 두 기술 분포 서로 다른 분포임을 보여주었다. 이 실증적 결과는 국제무역에 영향을

3) 본 연구에서 사용한 2005년도 자료에 대한 적시성은 본 연구목적이 기술혁신분포형태와 무역이론에 대한 본질적 탐구에 있으며, 시대에 따른 전개과정 또는 변화에 있지 않다. 또한 최근 2014년도 제공한 자료에는 분석에 필요한 기업매출이 포함되어 있지 않아 분석의 한계가 존재한다.

미치는 기업기술역량 분포역할 파악해야 하며, 국제무역 작동원리를 이해하기 위해서는 보다 정확한 기술역량정의에 기초한 기술역량분포형태를 파악하는 것이 중요하다는 것이다.



(그림 2) 두 가지 형태의 기업기술역량분포 비교

2. 기술역량분포형태의 실증분석

다음은 앞에서 살펴본 두 종류 기술역량분포에 대한 통계적 검정을 실시하였다. 본 연구 주요한 목적은 이 통계적 검정결과를 통하여 우리나라 제조업 기술역량분포가 파레토분포인지 또는 대수적 정규분포인 지를 살펴보고자 한다. 실증분석방법으로는 기술혁신분포와 기술모방분포의 최적 k 에 대한 통계적 검정을 실시하는 형태이다. 이미 연구방법론에서 지적하였듯이, 두 확률변수의 로그 값에 대하여 파레토분포는 $k=1$ 에서 최대 엔트로피밀도이고, 대수적 정규분포는 $k=2$ 에서 최대 엔트로피 밀도함수로 나타나야 한다.

이에 대한 실증분석결과를 <표 4>에 나타냈다. <표 4>를 살펴보면, 우리나라 제조기업의 두 기술역량분포에 대한 검정결과는 매우 흥미로운 내용을 보여준다. 먼저 Malmquist지수를 이용하여 총 기술역량분포를 검정한 결과는 대수적 정규분포를 보였다. 그러나 전체 기술역량분포를 두 가지 형태의 기술역량분포로 분리하여 측정한 결과는 서로 다른 분포형태를 보였다. 즉 기술혁신분포는 파레토 분포를 보였으며, 기술모방분포는 대수적 정규분포를 나타냈다.⁴⁾

<표 4> 두 기술 분포의 파레토 및 대수적 정규분포에 대한 검정결과

기술 분포	LLR_값	AIC	BIC	LLR_검정	P_값	k^*
Malm	37.79	-69.50	-64.10	11.10	0.122	2
기술 혁신	18.26	-44.41	-41.30	0	0.108	1
기술 모방	89.38	-172.76	-168.18	5.311	0.457	2

4) 기술혁신분포의 최적 k^* 에 대한 유의확률이 10%에 가깝게 나타났으며, 이는 파레토분포의 추정민감성이 원인으로 볼 수 있다.

위에서 나타난 실증분석결과가 국제무역이론 그리고 기술경영 및 정책에 제시하는 시사점은 매우 크다. 먼저 신 국제무역이론에서 적용하고 있는 기업생산성결정함수는 기술혁신관련 생산함수이며, 기술모방관련 기술생산함수를 고려하지 않은 것이라고 볼 수 있다. 즉 파레토 분포만을 고려하고 있다는 것이다. 그러나 우리나라 제조업을 대상으로 분석한 결과를 볼 때, 신 국제무역이론전개에서 기술모방분포(즉 대수적 정규분포)를 명시적으로 포함시켜야 함을 보여준다. 둘째, 신 국제무역이론에서 보았듯이, 파레토 기술생산함수인 경우에 대수적 정규분포생산함수의 경우보다 교역으로 인한 국민후생이 상대적으로 큰 것을 보여준다. 이에 따를 경우에 본 분석결과는 기술혁신전략이 기술모방전략보다 더 중요하다는 것을 실증적으로 확인해 주는 실증분석결과로 볼 수 있다.

본 연구에서 수행한 실증분석결과에 대한 한계점을 제시하고자 한다. 본 연구에서 채택한 방법론의 가장 큰 한계점은 파레토 분포와 대수적 정규분포의 임계점을 결정하는 문제이다. 기존 연구결과를 살펴보면, 임계점에 따라서 통계검정 값(LLR)이 매우 민감하게 변화한다는 것을 발견할 수 있다. 임계점추정문제는 멱함수를 추정하고 검정하는 데 발생하는 일반적이고 어려운 문제점이다. 이 문제를 해결하는 데 미래 연구가 요구된다.

IV. 요약 및 시사점

본 연구는 최근 신 국제무역이론에서 강조하는 기업이질성이 국제무역에 미치는 영향에 대한 실증적 검정을 실시하는 데 주요한 목적이 있다. 신 국제무역에서 기업이질성정도는 교역결과인 국민후생에 미치는 영향이 다르기 때문이다. 대표적으로 기업이질성이 파레토분포인지 또는 대수적 정규분포인지에 따라서 국민 후생정도가 매우 크기 때문이다.

신 국제무역이론은 전통적 무역이론과 달리 교역기업의 기술역량정도를 매우 중요한 결정요인으로 보고 있다. 본 연구에서는 두 가지 측면을 반영하여 자료포락방법(DEA)에 의하여 기술역량분포(Malmquist Index)를 결정하고, 이를 기술혁신분포와 기술모방분포로 분리하였으며, 두 기술역량분포형태에 대한 실증검정을 실시하였다. 본 연구의 실증분석결과를 간단하게 정리하면 다음과 같다.

첫째, Malmquist지수를 이용하여 총 기술역량분포를 검정한 결과는 대수적 정규분포를 나타냈다.

둘째, 그러나 전체 기술역량분포를 분리하여 측정한 결과는 서로 다른 기술역량분포형태를

보였다. 즉 기술혁신분포는 파레토 분포를 나타냈으며, 기술모방분포는 대수적 정규분포를 나타냈다.

위 두 가지 특징적 분석결과가 무역정책 및 기술정책에 제시하는 바는 매우 크다. 먼저 본 실증분석결과에 따르면, 신 국제무역이론에서 대표적 기업생산성을 결정하는 생산함수는 기술 혁신관련 생산함수임을 알 수 있다. 그러나 다른 측면에서 볼 때, 신 국제무역이론은 무역에서 중요한 역할을 하는 기술모방관련 생산함수를 고려하지 않은 것이라 볼 수 있다.⁵⁾ 둘째, 신 국제무역이론에서 보았듯이, 파레토 기술역량분포를 가정하는 경우에 대수적 정규분포를 가정하는 경우보다 교역으로 인한 국민후생이 상대적으로 큰 것을 보여준다. 본 실증분석결과는 기업기술혁신전략이 기술모방전략보다 무역으로 인한 국민후생에 더 중요한 역할을 수행한다는 것을 실증적으로 확인해 주는 연구로 볼 수 있다. 차후 미래 연구에서 이 제시된 시사점들에 대한 최근 자료로 검증하는 단계가 필요하다.

참고문헌

- 과학기술정책연구원 (2014), 「2005년 한국기업혁신조사 : KIS2005 제조업」.
- 김영규·박혜리·김혜윤·이승래 (2016), 「한국의 수입구조결정요인과 기업분포에 미치는 영향」, 연구보고서 16-06, 대외정책연구원.
- 조상섭·민경세 (2017), “중소벤처기업규모와 무역후생”, 「벤처창업연구」, 12: 41-48.
- Axtell, R. L. (2001), “Zipf Distribution of U.S. Firm Sizes”, *Science*, 293(5536): 1818-1820.
- Barabási, A. L. and Albert, R. (1999), “Emergence of Scaling in Random Networks”, *Science*, 286(5439): 509-512.
- Bee, M. and Schiavo, S. (2015), *Powerless: Gains from Trade When Firm Productivity is not Pareto Distributed*, OFCE Working Paper, 2015-19.
- Bee, M., Riccaboni, M. and Schiavo, S. (2011), “Pareto versus Lognormal: A Maximum Entropy Test”, *Physical Review E*, 84: 102-104.
- Bernard, A. B., Eaton, J., Jensen, J. B. and Kortum, S. S. (2003), “Plants and Productivity in International Trade”, *American Economic Review*, 93(4): 1268-1290.

5) 새로운 무역이론에 따르면, 기술 혁신분포함수와 기술 모방분포함수는 선진국 분포함수형태와 후진국 분포함수형태의 결정문제 및 교역방향 등에 중요한 의미를 부여한다.

- Bernard, A. B., Jensen, J. B., Redding, S. J. and Schott, P. K. (2007), "Firms in International Trade", *Journal of Economic Perspectives*, 21(3): 105-30.
- Clauset, A., Shalizi, A. and Newman, M. (2009), "Power-law Distributions in Empirical Data", *SIAM Review*, 51: 661-703.
- Combes, P. P., Duranton, G., Gobillon, L., Puga, D. and Roux, S. (2012), "The Productivity Advantages of Large Cities: Distinguishing Agglomeration from Firm Selection", *Econometrica*, 80(6): 2543-2594.
- Di Giovanni, J. and Levchenko, A. A. (2013), "Firm Entry, Trade, and Welfare in Zipf's World", *Journal of International Economics*, 89(2): 283-296.
- Eaton, J., Kortum, S. S. (2002), "Technology, Geography, and Trade", *Econometrica*, 70(5): 1741-1779.
- Gabaix, X. (2009), "Power Laws in Economics and Finance", *Annual Review of Economics*, 1: 255-293.
- Head, K., Mayer, T. and Thoenig, M. (2014), "Welfare and Trade without Pareto", *American Economic Review*, 104(5): 30103-30116.
- Kleiber, C. and Kotz, S. (2003), *Statistical Size Distributions in Economics and Actuarial Sciences*, John Wiley & Sons, Inc.
- Melitz, M. J. (2003), "The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity", *Econometrica*, 71: 1695-1725.
- Melitz, M. J. and Daniel, T. (2012), "Gains from Trade when Firms Matter", *Journal of Economic Perspectives*, 26(2): 91-118.
- Melitz, M. J. and Stephen, J. R. (2014), "Missing Gains from Trade?", *American Economic Review*, 104(5): 317-21.
- Melitz, M. J. and Redding, S. J. (2015), "New Trade Models, New Welfare Implications", *American Economic Review*, 105(3): 1105-1146.
- Pisarenko, V. and Sornette, D. (2006), "New Statistic for Financial Return Distributions: Power Law or Exponential?", *Physica A*, 366: 387-400.
- Reed, W. and Hughes, B. (2002), "From Gene Families and Genera to Incomes and Internet File Sizes: Why Power Laws are So Common in Nature", *Physical Review E*, 66: 067103.
- Rossi-Hansberg, E. and Wright, M. L. (2007), "Establishment Size Dynamics in the

Aggregate Economy”, *American Economic Review*, 97(5): 1639-1666.

Simon, H. (1955), “On a Class of Skew Distribution Functions”, *Biometrika*, 42 (3-4): 425.

Virkar, Y. and Clauset, A. (2014), “Power-law Distributions in Binned Empirical Data”, *Annals of Applied Statistics*, 8(1): 89-119.

조상섭

미국 세인트루이스대학에서 경제학박사학위를 취득하고 현재 호서대학교 경영학부 부교수로 재직 중이다. 관심분야는 계량경제이며, 네트워크 기반 성장, 체계 디자인이론이다.

민경세

미국 CUNY에서 경제학박사학위를 취득하였으며, 현재 한밭대학에서 경제학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 국제경제, 창업경영, 및 기술사업화이다.

조병선

미국 켄사스대학에서 경제학박사학위를 취득하였으며, 현재 한국전자통신연구원 재직 중이다.

황호영

미국 위스콘신대학에서 경제학박사학위를 취득하였으며, 현재 한국전자통신연구원 재직 중이다.