

정부의 규제와 규제개선정책이 물류기업의 혁신 효율성에 미치는 영향 연구*

김 영 준(제1저자)

인천대학교 경영대학 경영학부 (석사과정)

강 세 원(공동저자)

서강대학교 경영학부 (조교수)

김 창 희(교신저자)

인천대학교 경영대학 경영학부 (조교수)

A Study on the Effect of Government Regulations and Regulatory Improvement Policies on the Innovation Efficiency of Logistics Companies

Kim, Yeong Jun(First Author)

Business School, Incheon National University (Master's student)

Kang, Sehwon(Co Author)

Sogang Business School, Sogang University (Assistant Professor)

Kim, Changhee(Corresponding Author)

Business School, Incheon National University (Assistant Professor)

*본 논문은 정석물류학술재단 지원에 의하여 연구되었음

Abstract

The government has been promoting various policies supporting innovation in the logistics industry in response to the 4th industrial revolution. However, in the domestic logistics industry, the innovation and introduction of new logistics technologies has been delayed, and launching innovative new businesses are discouraged due to an inadequate legal system and rigid regulations.

In that sense, this study measures the innovation performance of domestic logistics companies and impacts of various government regulations and regulatory improvement policies on innovation performance. As a result, regulations such as ‘Financial Market Regulation,’ ‘Separation of Banking and Commerce,’ and ‘Protection of Intellectual Property(IP) Rights’ and one regulatory improvement policy, ‘Relaxation of Anti-Competitive Regulations,’ positively impacted innovation efficiency. Accordingly, this study provides practical implications for managers as well as policy makers as to which regulations and regulatory improvement policies lead to higher innovation performance in the logistics industry. The implications of this study help managers gain deep insights to achieve innovation performance and help policy makers establish innovation supportive regulations and policies in the future.

Keywords : Logistic industry innovation, Regulatory policy, Innovation efficiency, Data envelopment analysis, Tobit regression

접수일(2021년 07월 23일), 수정일(2021년 08월 20일), 게재확정일(2021년 09월 10일)

I. 서론

4차 산업혁명시대가 도래함에 따라 물류 산업에서도 로봇, 자율주행 자동차, AI, IoT 등 IT 및 신기술에 기반 한 효율최적화 및 혁신 모델들이 새로운 경쟁력으로 부상하고 있다(남현정·김은희, 2021). 그리고 개인화된 물류 서비스를 선호하는 스마트한 소비자들과 이들을 충족시키기 위한 IT 융·복합 서비스들은 물류 산업의 전통적인 핵심 경쟁력을 빠르게 변화시킴에 따라 물류기업들의 혁신을 촉구하였다(전해영,

2017). 이에 따른 물류기업의 혁신 활동을 살펴보면 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 물류로봇, 자동화설비, 스마트 패키징을 활용한 첨단물류센터, 둘째, 드론, 자율주행 트럭, 레일 자동운송 등을 이용하는 첨단 운송장비, 셋째, 예측배송, 콜드체인, 친환경 에너지를 이용하는 운영 시스템이 있다(이충효·신일석, 2020). 해당 혁신활동들은 운송, 보관, 포장 물류의 전 프로세스에서 정보통신기술을 활용한 스마트 물류를 구축하여 물류운영을 효율화하는 동시에 물류비용 절감을 목적으로 하며(Jeong and Jeong, 2012), 국내의 사례들을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, CJ대한통운은 자동화설비, 로봇, AI 등을 활용하여 사전에 리스크 요인들을 탐지 및 제거하며, 알고리즘, 시뮬레이션 등을 통해 자원을 최적화할 수 있는 지능화된 스마트 물류 시스템 체계를 구축하고자 노력하고 있다. 다음으로, 한진택배는 자동화설비가 구축된 대전 메가 허브 터미널과 IT 시스템 및 클라우드 ERP를 도입한 부산 컨테이너 터미널을 통해 물류 생산성과 업무 효율성을 제고하였다. 그리고 롯데글로벌로지스는 2022년까지 충북 진천에 자동화설비, 빅데이터, IT 기반의 물류 터미널을 구축할 예정이다. 마지막으로 한국무역협회는 무역협회 홈페이지를 통하여 중소 수출기업의 서비스 강화 및 물류비 절감을 위한 물류 통합 플랫폼, ‘스마트 수출입 물류포털’을 운영하고 있다(이길주, 2021).

급격한 산업 환경의 변화는 물류기업 뿐만 아니라 전 세계 국가들에도 미래 국가물류산업 경쟁력 확보를 위한 4차 산업혁명 대응을 중요사안으로 대두시켰다(남현정·김은희, 2021; 민연주·장소영, 2018). 특히, 4차 산업혁명의 새로운 기술들은 융복합, 초연결, 초지능 등 고유의 특성으로 국가 산업과 일자리, 국민의 삶의 질, 지역 발전 등 사회 전반에 막대한 과급효과가 있기 때문에 부문별 산업정책을 포함한 정부의 합리적인 지원 및 규제정책이 무엇보다 중요한 과제가 되었다(정우성·송정현, 2020).

이에 정부는 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하기 위하여 7대 유망서비스업에 물류서비스를 지정함에 따라 융복합 물류 특화단지 육성과 융복합 신산업 지원, 신기술 및 신서비스를 제공하는 물류 스타트업의 육성 지원, 물류기술 연구개발 및 상용화 지원 등 물류산업의 혁신 위한 정책을 강력히 추진해 왔다(민영주 등, 2017). 하지만 이와 같은 정부의 노력에도 아직까지 국내 물류산업은 미흡한 물류인프라와 법제도로 물류신기술의 도입과 혁신이 지연되고 있으며, 지원사업의 지속적인 확대에도 기존의 경직된 규제로 인해 신기술을 접목한 혁신 신사업들이 제한되고 있는 실정이다(남현정·김은희, 2021; 최상욱·전인오, 2018). 특히, 기존 규제에 따른 규제지체, 규제병목, 규제공백 현상은 물류기업의 혁신활동의 수행과 혁신기술의 상용화를 어렵게 하고 있다고 지적되고 있으며(강준모 등, 2017; 서완석, 2020; 정우성·송정현, 2020), 이들의 개선을 위한 정부의 다양한 규제개선정책 또한 정치권의 개혁 노력 부족과 업계의 반발로 미흡한 성과를 거둔 것으로 평가받고 있다(한정화, 2017).

이에 4차 산업혁명 시대에 대응하고 물류산업의 지속 가능한 성장과 혁신을 위해서는 규제개혁이 추진될 필요가 있다(정우성·송정현, 2020; 정승주 등, 2019; 김규옥 등, 2019; 최상욱·전인오, 2018). 하지만 규제개혁에 앞서 물류산업 혁신과 이에 대한 다양한 현행 정책들의 구체적인 영향을 우선적으로 파악할 필요가 있으나, 기존의 물류산업 혁신 연구와 관련 정책연구들은 정량적이지 못한 한계가 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 국내 물류기업들의 혁신 성과를 정량적으로 측정하고 정부의 다양한 규제 및 규제개선정책들이 해당 혁신 성과에 미치는 영향을 평가하여 물류산업 혁신을 위한 보다 실질적인 규제개선 방향을 제시한다. 이를 위해 본 연구에서는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA)을 활용하여 혁신 성과를 효율성으로 측정한다. 이는 혁신이 기업의 복합적인 내부 프로세스에 따라 창출되는 다차원적인 개념으로, 성과 그 자체보다는 혁신 투입물을 혁신 산출물로 변환하는 능력 즉, 투입물에 대한 기술혁신 산출물의 비율인 혁신 효율성으로 측정되는 것이 보다 적합하기 때문이다(Hollander and Celikel-Esser, 2018; Guan and Chen, 2012). 본 연구의 결과는 기존의 성과평가 기준에서 벗어나 새로운 관점에서 규제개선을 위한 다양한 시사점을 제공하며, 향후 물류산업 혁신정책 수립에 있어 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 이어지는 2장에서는 정부의 규제 및 규제개선정책에 대한 기존의 연구들과 자료포락분석-토빗 회귀분석(Tobit regression) 2단계 모형을 활용한 국내외의 혁신 효율성 연구들을 살펴본다. 다음으로 3장에서는 데이터 수집과 자료포락분석의 투입 및 산출물 선정 그리고 연구모형을 정리하며, 4장에서는 연구모형에 따른 분석결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 분석결과에 따른 본 연구의 시사점과 한계점 및 향후 연구방향을 정리한다.

II. 이론적 배경

2.1 정부의 규제 및 규제개선정책

4차 산업혁명 관련 기술의 원활한 시장 도입과 해당 기술들을 활용한 창업 촉진을 위해 각국의 정부는 규제를 적극적으로 완화하고 있다. 하지만 대륙법계 전통의 포지티브(Positive) 규제 체계를 기반으로 하는 한국의 규제시스템은 기존의 법에 규정되지 않은 새로운 기술에 대해 사업화가 매우 어려운 실정이다(정우성·송정현, 2020). 이에 심우현과 박정원(2017)에서는 4차 산업혁명에 따른 새로운 기술 및 산업분야의

주요 규제개선 저해요인으로 제도적 요인과 거버넌스적 요인을 지적하였으며, 특히 규제지체 현상, 규제병목 현상, 규제공백 현상 등 제도적 요인의 문제점을 개선할 필요가 있다고 하였다.

일반적으로 한국의 규제는 법령의 형식으로 규정되어 정태적이고 경직된 특성이 있으나 점진적 또는 지속적 혁신에는 비교적 안정적인 대응이 가능한 장점이 있다. 하지만 완전히 새로운 기술과 4차 산업혁명 기술과 같은 파괴적 혁신에는 대응이 어려운 한계가 있다(강준모 등, 2017), 이에 규제지체 현상은 현행 규제가 새로운 기술과 서비스의 발전수준을 따라가지 못하는 현상으로(서완석, 2020), 우버(Uber)와 같은 차량공유 서비스가 여객운수업법의 불비로 상용화에 실패한 것을 대표적인 사례라 할 수 있다(강준모 등, 2017).

또한 규제병목 현상은 기술 및 산업 간의 융·복합에 기존의 규제가 유연하게 대응하지 못 하는 현상이다(서완석, 2020). 이는 규제의 시행 및 관리처가 각각의 산업에 따라 상이하여 종합적인 대응이 어려운 문제로, 국내 자율주행자동차의 경우 도로운행은 국토교통부, 자동차산업의 진흥은 산업통상자원부, 소프트웨어와 통신 등에 관련해서는 과학기술정보통신부, 시범운행은 경찰청이 주관하고 있다(강준모 등, 2017).

그리고 규제공백 현상은 새로운 기술이 기존의 법령에 규정되어 있지 않아 사업화가 불가능한 문제이다. 해당 현상은 한국과 같은 포지티브 규제시스템에서 더욱 심각한 문제이다, 이는 새로운 기술에 대하여 관련 규정을 신설하고 해당 기술을 제도화하기까지 소요되는 막대한 시간이 신규시장의 진입을 늦추고, 나아가 산업발전과 국가경쟁력까지 저해시키는 결과를 야기하기 때문이다(정우성·송정현, 2020).

하지만 아직까지 검토가 필요한 규제와 도입이 필요한 규제에 대한 연구는 미흡하며 규제완화에 대한 논의 또한 충분히 이루어지지 않았다(정우성·송정현, 2020). 이에 4차 산업혁명 시대의 신성장동력 확보를 위해서는 경제, 사회, 행정 부문의 다양한 규제들과 이에 대한 정부의 규제개선정책이 기업의 혁신활동에 미치는 영향을 폭넓게 살펴볼 필요가 있다(서완석, 2020; 최승필, 2011).

2.2 혁신 효율성

혁신은 혁신 투입물이 산출물로 비례하여 변환되는 선형프로세스(Linear process)가 아니며, 특정 양의 투입물이 투입되더라도 산출물이 보장되지 않는다(Shin et al., 2018). 이에 기존의 많은 연구들이 혁신 또는 연구개발 성과평가를 위해 다수의 투입물과 산출물을 통해 기업의 내부 프로세스를 고려할 수 있는 자료포락분석을 이용하여 혁신 효율성을 측정하고 있다.

기업의 혁신 프로세스는 일반적으로 연구개발과 상용화의 두 단계 구성으로 간주된

다(Brown and Svenson, 1988; Jianchung Guan and Chen, 2010). 이에 많은 자료포락분석 기반의 혁신 연구들이 네트워크(Network) 자료포락분석을 활용하여 혁신 프로세스의 두 단계를 반영하기도 하며(Lee et al., 2019), 전통적인 방법에 따라 혁신의 투입-산출 변환 프로세스를 단일 블랙박스(Black-box) 프로세스로 취급하기도 한다(Guan et al., 2006). 이는 혁신 프로세스가 다양한 투입 및 산출물들의 반복과 상호작용으로 이루어지는 복잡한 절차이며(Lee et al., 2019), 정확한 세부사항들을 파악하기 어렵기 때문이다(Wang et al., 2014).

또한 기업의 혁신은 정부의 규제 정비 수준에 따라 혁신기술의 연구개발이나 상용화가 지연되고 제한받기도 하며(강준모 등, 2017; 서완석, 2020; 정우성·송정현, 2020), 이와 반대로 긍정적인 영향을 받기도 한다. 예를 들어, 금융시장 규제와 은산분리는 대기업의 과도한 경제력 남용에 따른 시장왜곡을 방지한다(송원섭, 2019). 이는 중소기업이 대다수인 물류산업에서 현 수준의 산업 생태계와 혁신 수준을 유지하게 함으로써, 중소 물류기업들이 혁신을 위한 추가적인 자원 투자 없이 일정 수준의 혁신 효율성을 달성할 수 있도록 한다. 또한 IP 보호 제도는 중소 물류기업의 지적재산권 보호하고 기술 유출을 방지하여 혁신 투자를 촉진하고 지속적인 혁신 활동에 대한 동기부여를 제공한다(남희섭 등, 2008).

이에 기업의 혁신은 소위 자료포락분석-토빗 회귀분석의 2단계 모형에 따라 혁신 효율성 측정과 더불어 해당 효율성에 대한 정부 정책과 기업 전략 등 기업 내외부의 다양한 환경변수 영향까지 순차적으로 평가된다(Shin et al., 2018; Yang and Wang, 2021; 우청원·천동필, 2018). 이와 같은 2단계 모형을 이용한 혁신 연구들은 국내외를 막론하고 다양한 분야에서 활발히 수행되고 있다. 표 1은 해당 모형을 사용한 근래의 혁신 효율성 연구들을 정리한 것이다.

또한 표 2를 살펴보면 혁신 효율성 분석을 위한 자료포락분석의 투입물로는 연구인력과 연구개발비가 사용되고 있으며(Yang and Wang, 2021; Wand et al., 2020; Li and Liu, 2020; Shin et al., 2018; 전수진·홍재범, 2020; 임용환·전정환, 2019; 우청원·천동필, 2018), 산출물로는 특허, 매출액 등이 공통적으로 사용되고 있는 것을 확인할 수 있다(Yang and Wang, 2021; Wang et al., 2020; Shin et al., 2018; 우청원·천동필, 2018).

<표 1> 2단계 모형을 이용한 국내외 혁신 효율성 연구

Research	DMUs	Input Factor	Output Factor	Method
Yang and Wang(2021)	Industrial enterprises from	Labor, Investment and expenditure	Invention patent applications, New	DEA

	30 provinces (cities, districts) in China from 2007 to 2019	for scientific and technological activities	product sales revenue	
Wang et al.(2020)	18 high-tech industries	R&D personnel, R&D expenditure	Number of patents, Sales revenue of new products	DEA
Li and Liu(2019)	22 small and medium sized high-end manufacturing industry in China from 2012 to 2017	R&D personnel, R&D expenditure, Newly increased fixed assets	Inventions in force, Profits, Export	DEA
Lim and Jeon (2019)	101 R&D tasks in the defense sector	R&D expenses, Research personnel, Research period	Number of papers, Number of Patents, Number of prototypes	DEA
Shin et al.(2018)	441 manufacturing companies in Korea	R&D employee, R&D expense	Patent application, Innovation sales	DEA
전수진과 홍재범(2020)	6,708개 기술혁신형 중소기업	기술인력, 연구개발투자	특허출원, 시제품제작	DEA
엄익천과 류영수 (2019)	33개 정부출연연구기관	총연구비	SCI논문, 국내특허출원, 해외특허출원, 기술료	DEA
우청원과 천동필(2018)	42개 제조업체	R&D전담인력, R&D투자비용	특허출원, 혁신매출액	DEA
김경근과 홍성효(2015)	2,778개(2009년), 2,807개(2011년), 1,628개(2013년) 중소기업	노동자수, 업력, 대표자 연령, 성(Gender)	매출액, 기술개발실적(성공 건수)	DEA

III. 연구방법

3.1 효율성 분석

효율성 측정을 위한 대표적인 방법론으로 모수적 접근법(Parametric approach)인 확률변경분석과 비모수적 접근법(Non-parametric approach)인 자료포락분석이 있다. 이중 Charnes et al.(1978)이 개발한 자료포락분석(DEA)은 효율성 측정을 위하여 생산함수나 비용함수의 형태를 가정하는 확률변경분석(Stochastic Frontier Analysis: SFA)과 달리, 선형계획법(Linear programming)에 근거하여 주어진 데이터로부터 효율성 변경을 도출하고 해당 변경으로부터 분석 대상의 상대적 거리를 측정함으로써 효율성 추정치를 계산한다. 이에 따라 자료포락분석은 비교적 적은 수의 데이터로 효율성 값을 측정할 수 있으며, 분석과정에서 연구자의 주관에 배제하여 객관적인 효율성 추정치를 도출할 수 있고, 상대적으로 이용이 간편하다는 장점으로 다양한 분야에서 널리 이용되고 있다(우정원·천동필, 2018).

하지만 전통적 자료포락분석 결과 도출된 효율성 값은 통계적 의미가 결여되어 있으며, 분석방법 자체의 확률적 변동에 대응하기 어려운 한계점이 있다(서호준·박창일, 2013). 이에 Simar and Wilson(2000)은 자료포락분석의 한계를 극복하기 위하여 부트스트랩 기법을 자료포락분석에 접목한 부트스트랩 자료포락분석(Bootstrap DEA)을 제안하였다. 부트스트랩 자료포락분석은 효율성 값의 편의(Bias) 조정과 신뢰구간(Confidence intervals) 추정이 가능하여 이에 대한 통계적 분석이 가능하다. 또한 편의가 조정된 효율성 추정치는 효율적 의사결정단위(Decision-Making Unit: DMU)가 다수인 경우에 높은 변별력(Discriminating power)을 가지는 강점이 있다.

이에 따라 본 연구에서는 투입지향 BCC 모형 기반의 부트스트랩 자료포락분석을 이용하여 물류기업의 혁신효율성을 측정한다. 부트스트랩 자료포락분석의 수행은 Simar and Wilson(1998)의 다섯 절차에 따르며, Simar and Wilson(2000)에 따라 적절한 신뢰 구간 확보를 위해 이를 2,000회 반복 실시하고, 신뢰구간 추정에 있어 Kneip et al.(2008)에 따른 효율성 값을 사용한다.

이외에도 본 연구에서는 다양한 정부의 규제 및 규제개선 요인들이 물류기업의 혁신효율성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 토빗 회귀분석을 실시한다. 토빗 회귀분석은 최소자승법(Least square method)에 기반 한 일반적인 회귀분석과 달리, 종속변수가 단일 값이나 연속적인 값을 가지는 경우 최우추정법(Maximum likelihood method)을 이용하여 선형관계를 분석한다(전수진·홍재범, 2020). 이는 자료포락분석 결과 0에서 1까지 단절된 범위를 가지는 혁신 효율성에 대한 정책변수들의 영향 평가에 적합한 회귀 모형이라고 할 수 있다(엄익천·류영수, 2019).

3.2 데이터 수집

본 연구는 과학기술정책연구원(STEPI)이 2018년에 실시한 한국기업혁신조사 서비스업 부문의 마이크로데이터를 활용하였다. 그리고 물류기업 선정에 있어 한국표준산업분류(KSIC) 상 대분류 H ‘운수 및 창고업’(49. 육상 운송 및 파이프라인 운송업, 50. 수상 운송업, 51. 항공 운송업, 52. 창고 및 운송관련 서비스업)에 해당하는 363개 기업의 데이터를 수집하였으며, 최종적으로 모든 문항에 성실하게 응답한 81개 기업의 데이터를 활용하였다.

<표 2> 투입 및 산출요소와 정책변수의 기초통계량

Factors		Max	Min	Average	St.dev	Median
Input	x1(백만원)	6,400	10	636	1,135	240
	x2(명)	2,000	10	147	240	100
Output	y1(백만원)	974,620	250	29,660	113,380	3,320
Regulation	R1	4	2	2.877	0.481	3
	R2	4	2	2.914	0.613	3
	R3	4	2	3.037	0.331	3
	R4	4	2	2.951	0.413	3
	R5	4	1	2.741	0.562	3
	R6	4	2	3.346	0.688	3
	R7	5	2	3.864	0.68	4
	R8	5	2	3.938	0.775	4
	R9	5	2	3.543	0.786	4
	R10	3	1	2.84	0.399	3
	R11	3	1	2.827	0.409	3
Regulatory Improvement	I1	3	1	1.21	0.436	1
	I2	3	1	1.185	0.419	1
	I3	3	1	1.346	0.612	1
	I4	4	1	1.667	0.831	1
	I5	4	1	2.42	1.064	2
	I6	4	1	2.679	0.914	3

또한 물류기업들의 혁신 효율성을 측정하기 위한 자료포락분석의 투입물로 혁신비용(x1), 혁신 종사자수(상시종사자수 * 전담 연구인력 비율)를 이용하고, 산출물로 매출액(y1)을 사용한 Shin et al.(2018)을 참조하였다. 본 연구에서는 혁신 종사자수 대신 상시종사자수(x2)를 활용하였다. 먼저, 국내 물류기업의 95%는 영세 중소 물류기업들로 연구개발 전담 부서나 전담 인력을 운용하지 않으며(강무홍 등, 2018), 많

은 기업들이 과거 경험에 의존한 주먹구구식 기술경영 관행으로 혁신과 관련한 과업과 부서가 미분화되어 있는 실정으로 연구개발 인력을 구분하기는 쉽지 않다(김기희 등, 2013; 홍지승·한창용, 2014). 뿐만 아니라, 일반적으로 연구개발을 수행하는 국내 중소기업의 경우 기업의 규모가 기업들 간의 효율성 차이를 결정하는 주요 요인인 만큼 노동자수를 투입요소로 고려할 필요가 있다(김경근·홍성호, 2015). 이에 본 연구에서는 혁신 종사자수를 사용한 Shin et al.(2018)과 달리 상시종사자수(x_2)를 활용하여 자료포락분석을 실시하였다.

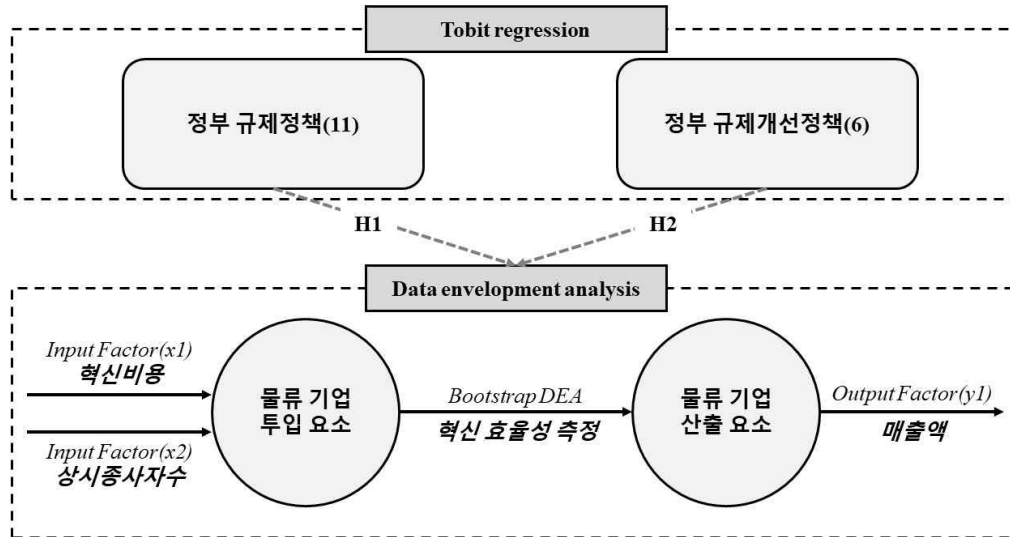
그리고 정부정책 변수로는 경제적 규제(독점 규제에 의한 경쟁 제한(R1), 가격 제한(R2), 공공재화/서비스 민간 진입 규제(R3), 중소기업 적합업종 규제(R4), 금융시장 규제와 은산분리(R5)), 사회적 규제(환경상의 규제(R6), 산업안전 및 보건 규제(R7), 소비자안전 및 위생 규제(R8), 근로 기준과 규제(R9)), 행정적 규제(창업 조건 관련 규정(R10), 특허, 지적재산, 상표권 등 IP보호(R11)) 등 11개 규제와 산업/신기술 규제개선(포괄적 네거티브 규제 체계로의 전환(I1), 한시적 규제 유예 및 완화(I2), 신기술/신산업 관련 규제충돌 문제 해소(I3)) 및 기타 규제개선(경쟁을 제한하는 규제의 완화(I4), 인증·시험·검사제도 합리화(I5), 기업의 규제 대응 역량 강화 지원(I6)) 등 6개 규제개선정책의 영향 정도에 대해 각각 1에서 5까지(혁신을 매우 저해, 다소 저해, 영향 없음, 다소 촉진, 크게 촉진), 1에서 4까지(영향 없음, 낮음, 보통, 높음) 리커트 척도로 측정된 기업의 응답값을 사용하였다.

3.3 연구모형

본 연구는 국내 물류기업들의 혁신효율성을 평가하고 해당 효율성에 영향을 미치는 정부 규제와 규제개선정책을 식별한다. 이를 위해 본 연구에서는 그림 1의 연구모형에 따라 크게 두 단계의 분석을 수행한다.

먼저, 물류기업의 혁신 효율성을 측정하기 위해 부트스트랩 자료포락분석을 실시한다. 자료포락분석의 투입물로는 혁신비용과 상시종사자수를 사용하고, 산출물로는 매출액을 사용한다. 다음으로, 정부 규제 및 규제개선정책이 혁신 효율성 미치는 영향을 평가하기 위해 토빗 회귀분석을 실시한다. 환경변수로는 11개 정부 규제와 6개 규제개선정책의 중요도에 대한 기업의 응답값을 활용하며, 종속변수로는 앞선 분석에 따른 물류기업의 혁신 효율성 추정치를 사용한다.

<그림 1> 자료포락분석 및 토빗 회귀분석 모형



IV. 실증분석 결과

<표 3> 부트스트랩 자료포락분석 결과

효율성	빈도수	효율성	빈도수
0.0-0.1	13	0.5-0.6	2
0.1-0.2	33	0.6-0.7	0
0.2-0.3	16	0.7-0.8	1
0.3-0.4	11	0.8-0.9	3
0.4-0.5	2	0.9-1.0	0

먼저, 부트스트랩 자료포락분석 결과 물류기업의 혁신 효율성은 표 3과 같다. 이를 살펴보면 혁신 효율성이 0.9 이상인 기업은 부재하며, 대다수의 기업들이 0.5보다 낮은 효율성을 가진 것으로 나타났다. 이는 실질적으로 혁신활동을 수행하기 어려운 영세 중소기업들이 전체 물류산업의 95%를 차지하는 현 물류산업의 실태를 반영하는 것으로 판단된다.

<표 4> 정부의 제도와 규제 결과

제도와 규제 종류	Coefficient	Std. Error	z-Value	Sig.
독점 규제에 의한 경쟁 제한	-0.048	0.201	-0.241	0.809
가격 제한	-0.195	0.138	-1.418	0.156
공공재화/서비스 민간 진입 규제	0.304	0.261	1.162	0.245
중소기업 적합업종 규제	-0.054	0.185	-0.289	0.772
금융시장 규제 및 은산분리	0.300	0.144	2.087	0.037**
환경상의 규제	0.139	0.116	1.199	0.231
산업안전 및 보건 규제	-0.236	0.144	-1.639	0.101
소비자안전 및 위생 규제	-0.185	0.141	-1.305	0.192
근로(고용/노동) 기준과 규제	0.080	0.113	0.707	0.479
창업 조건 관련 규정	-0.483	0.452	-1.069	0.285
특허, 지적재산, 상표권 등 IP보호	0.876	0.457	1.917	0.055*

** p<.05, * p<.10

다음으로, 정부 규제의 토빗 회귀분석 결과는 표 4와 같다. 11개 정부의 규제 중 ‘금융시장 규제 및 은산분리’, ‘특허, 지적재산, 상표권 등 IP 보호’ 2개 규제만이 .05 유의수준에서 물류기업의 혁신 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

금융시장 규제 및 은산분리의 경우, 은산분리의 대원칙은 대기업집단의 금융 분야 진출을 제한하여 모든 국민들에게 직접적인 영향을 미치는 것을 배제하는 것이다(송원섭, 2019). 한국은 다른 국가들에 비하여 은산분리 규제 수준이 강한 편이나, 이는 다른 국가들에 비하여 한국의 대기업들이 과도한 경제력을 가지고 있으며 제2금융권도 지배하고 있기 때문이다(배병진, 2018). 실제로 대기업은 은행을 직접 소유하지 않더라도 계열사내 비은행 금융기관을 통해 민간 저축 부문에 많은 영향을 미치고 있으며, 현재의 법과 규제로는 대기업의 사금고화 문제를 온전히 해결하지 못 한다는 지적을 받고 있다(송원섭, 2019).

대기업에 집중된 경제력은 물류산업에서도 많은 문제를 미치고 있다. 대표적인 사례로 위탁전문운송회사 기능 회복을 위한 최소화물운송의무제도의 경우, 대기업 물류자회사들은 제도를 악용하여 중소물류기업들의 물량을 탈취하여 물량을 독점하였고, 차량을 소유하지 않고도 물량을 독점할 수 있는 구조를 형성하여 시장 질서를 악화시켰다(박종욱, 2018; 김진국 등, 2017).

대기업과 그들의 자본력에 비하여 중소기업들은 약자일 수밖에 없다. 만일 소위 재

별 그룹으로 불리는 대기업들이 금융 산업까지 진출할 경우 중소기업들에 어떤 이득이 있을지 알 수가 없으며 시장질서 또한 어떻게 변화될지 알 수 없다. 이와 같은 배경에서 금융시장 규제 및 은산분리는 중소기업이 대다수를 차지하는 물류산업에서 대기업들의 본격적인 자본력 및 지위 남용을 방지하고, 현 수준의 산업 생태계와 혁신 수준을 유지하게 함으로써 물류기업의 혁신 효율성에 긍정적으로 작용하는 것으로 판단된다.

특히, 지적재산, 상표권 등 IP보호의 경우, 혁신적인 변화에 적응하고 시장을 선도하고자하는 대기업과 중소기업은 지식과 기술의 중요성과 가능성을 인식하고 기술 확보를 위한 연구 개발과 교육에 막대한 돈과 시간을 투자하고 있다. 그러나 기술을 확보하여도 경영 문제, 기술 강탈 등 부정적인 요인이 만연하고 있으며, 개발된 기술성과가 외부로 유출되거나 국내외 경쟁사들에게 저렴한 가격으로 판매되고 있다. 특히 국내에서는 기술 가치를 절하하는 부당한 관행이 널리 퍼져 있으며, 많은 기업들이 경쟁 우위를 확보하기 위해 타인의 연구 성과를 훔치는 '경제 및 산업 스파이' 활동에 빈번하게 노출되어 있다(문규석, 2005; 윤종행, 2017). 이러한 기술 갈취 활동은 법과 제도의 취약점을 악용하여 불법과 탈법의 경계를 넘나들고 있으며 그 빈도와 피해는 날로 증가하고 있다(강주영·이환수, 2015).

이러한 기술 유출은 보안 시스템을 갖춘 중견기업과 대기업에 비해 중소기업에게 특히 치명적이다(김건희 등, 2018). 일반적으로 철저한 보안 시스템을 구축하는 중견기업 및 대기업과 달리, 중소기업은 상당한 예산을 투자하더라도 보안 시스템의 체계적인 운영을 위한 인력이 부족하여 이와 연계되는 다양한 문제에 직면하고 있다. 그 결과 많은 중소기업들이 물리적, 관리적, 기술적 보안들 중 하나의 시스템도 구축하지 못 하는 경우가 빈번하다(정병호, 2016).

이에 부정경쟁방지법, 독점규제법, 산업기술보호법, 중소기업기술 보호지원에 관한 법률, 중소기업 상생협력 촉진에 관한 법률 등 지식재산 보호와 기술 유출 방지를 위한 다양한 법률 규제, 중소벤처기업부의 중소기업 기술보호 지원 사업, 기술자료 임치제도 등 국가 차원의 기술보호와 기술침해 지원은 물류기업의 지속적이고 안전한 혁신 활동에 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

<표 5> 정부 규제개선정책 결과

규제개선정책	Coefficient	Std. Error	z-Value	Sig.
포괄적 네거티브 규제 체계로의 전환	0.415	0.282	1.475	0.140
한시적 규제 유예 및 완화	-0.246	0.340	-0.722	0.470
신기술/신산업 관련 규제충돌 문제 해소	-0.178	0.194	-0.917	0.359

경쟁을 제한하는 규제의 완화	0.246	0.131	1.871	0.061*
인증·시험·검사 제도 합리화	-0.077	0.107	-0.719	0.472
기업의 규제 대응 역량 강화 지원	-0.111	0.114	-0.974	0.330

* $p < .10$

마지막으로, 규제개선정책에 대한 토빗 회귀분석 결과는 표 5와 같다. 6개의 정부 규제개선정책 중 ‘경쟁을 제한하는 규제의 완화’만이 .1의 유의수준에서 물류기업의 혁신 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

근래 물류 선진국들의 규제정책은 시장진입, 운임 등과 관련한 경제적 규제를 대폭 완화하며 물류시장의 자율성을 개선하고, 환경, 안전, 보안 등과 관련한 사회적 규제를 강화하여 공공성을 유지하는 방향으로 변화하고 있다. 하지만 한국의 물류정책은 중소기업이 비중이 높은 물류산업을 보호한다는 명목 아래 아직까지 시장진입 규제를 고수하고 있다(김국진 등, 2017). 물류산업의 규제는 경제적, 사회적, 행정적 규제 등에 따라 다양하나, 제조업 창고와는 다르게 산업용 전기료 적용 혜택을 받지 못하는 물류시설 사용전기료, 택배 집배송차량 증차 규제, 국제물류주선업 수출입 통관업무수행 규제, 내항화물운송사업자의 외국적 선박용선 제한 등이 물류기업의 혁신활동을 저해하는 대표적인 규제라 할 수 있다.

비록 그간의 정부 또한 해당 규제들의 문제점을 파악하고 이를 개선하기 위해 다양한 노력을 하였으나, 정치권에서의 본격적인 개혁 노력 부족과 일부 시도들에 대한 업계의 강한 반발로 그렇다할 성과를 내지 못하였다(한정화, 2017). 그러나 현 규제들이 시장 환경뿐만 아니라 국제 트렌드의 변화와도 괴리가 있는 만큼 정부의 규제 완화 노력은 물류기업들의 혁신 활동에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 4차 산업혁명으로 물류산업 혁신과 정부 규제정책의 중요성이 부상함에 따라 국내 물류산업 혁신을 위한 규제개선 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구는 자료포락분석을 수행하여 국내 81개 물류기업의 혁신 효율성을 측정하였고, 토빗 회귀분석을 실시하여 정부의 11개 규제와 6개 규제개선정책이 해당 효율성에 미치는 영향을 평가하였다. 이에 따른 본 연구의 시사점은 다음과 같다.

먼저, 금융시장규제 및 은산분리는 물류기업의 혁신 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 대해 본 연구는 국내 물류산업에서 중소기업이 대다수의

비중을 차지하는 만큼, 해당 규제가 대기업의 추가적인 경제력 집중에 따른 시장왜곡을 방지하여 물류산업의 현상유지에 이바지하는 것으로 판단하였다. 하지만 실제 국내 물류산업의 혁신은 연구개발에 대규모 투자가 가능한 대기업들이 선도하고 있다(남현정·김은희, 2018).

이에 분석결과에 따라 금융시장규제와 은산분리 수준을 강화할 경우, 물류산업에서 중소기업의 비중이 높은 만큼 물류산업 전반의 혁신활동을 제고할 수 있다. 그러나 기술력과 자원, 연구개발 경험 등이 부족한 중소 물류기업 위주의 혁신으로 현재의 수준이 유지되거나 혁신성고가 저조할 가능성이 있으며, 오히려 대기업의 혁신활동을 저해하여 물류산업 전반의 혁신수준이 낮아질 수 있다. 또한 대기업 그룹의 사금고화 문제는 현재의 법과 규제로 온전히 해결할 수 없으며(송원섭, 2019), 해외에서는 경제적 규제를 완화하여 물류 변혁에 적극적으로 대응하고 있는 만큼(김국진 등, 2017), 국가 물류 경쟁력 제고를 위해서는 충분한 논의를 통해 해당 정책들의 규제수준을 결정할 필요가 있다.

다음으로, 특허, 지적재산, 상표권 등 IP보호 제도는 물류기업의 혁신 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 앞서 언급한 것과 같이 기업의 기술 보호와 유출 방지를 지원하는 각종 법률과 규제는 물류기업의 안정적인 혁신활동에 기여를 할 수 있다.

하지만 조명근과 이환수(2017)에 따르면 기술탈취를 유발하는 요인은 매우 다양하나, 기술보호에 대한 낮은 인식수준과 관심도, 미흡한 보안 관리와 부적절한 보호 체계, 보안인력에 대한 부당 대우, 보상체계 미비와 부적절한 사내 정책과 보상체계 등 법과 정책적인 한계가 기술탈취 유발의 주요 요인으로 작용하고 있다. 또한 기술유출 시 피해기업이 기술유출에 대한 증거확보와 입증책임을 부담해야하는 법제도의 취약점, 손해배상액 산정의 어려움에 따른 피해기업의 소극적인 고소·고발, 가해 기업에 대한 경미한 처벌도 기술유출을 조장하는 원인으로 지적되고 있다(최승재, 2015). 이외에도 기술유출 대응을 위한 범국가적인 컨트롤 센터의 부재와 기술보호 관련 법제도의 산발성 문제가 있으며(손승우 등, 2016), 미흡한 홍보에 따른 기술보호 관련 중소기업 지원제도의 낮은 인식률과 저조한 이용률 문제도 있다(중소벤처기업부, 2019).

따라서 기술유출을 예방하여 물류기업의 안전한 혁신활동을 지원하기 위해서는 기술보호통합지원센터를 설립하여 기업의 기술유출 방지와 사후구제를 도모할 필요가 있다. 그리고 각 부처 간 협력체계를 구축하여 기술 분쟁 해결을 위한 분쟁조정중재위원회를 설치하고, 부처별로 산재되어 있는 기술보호 지원정책을 통합 정비할 필요가 있으며, 충분한 상담서비스와 홍보를 통해 중소 물류기업의 제도 인식률과 이용률을 제고할 필요가 있다(김건희·양영모, 2018). 또한 기술유출 방지 및 보호 관련 내

용을 취업규칙에 명기함으로써 보안과 관련된 공약과 지침 및 절차 등의 법적 기준을 제시하고 표준 취업규칙으로 반영할 필요가 있다(신민서, 2020).

마지막으로, 경쟁을 제한하는 규제 완화의 완화가 물류기업의 혁신 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 높은 중소기업 비중으로 영세한 국내 물류산업에서 중소기업 정책의 성과를 개선하고 물류산업 혁신을 촉구하기 위해서는 우선적으로 기존의 대기업 중심의 수직적이고 폐쇄적인 산업생태계를 변화시켜야 한다(김인철, 2020). 이를 위한 개혁의 핵심은 공정한 경쟁시장질서의 확립으로, 그간 정부는 경제민주화 정책 아래 대기업의 시장지배력과 협상력 남용에 따른 불공정행위로부터 중소기업과 그들의 사업영역을 보호하고자 많은 노력을 하였다(한정화, 2017).

하지만 대기업의 일감 몰아주기, 하도급 관계에 따른 불공정 행위, 기술탈취 문제를 해결하기 위한 정부의 다양한 대응책들은 기존의 관행과 문화를 변화시키기에는 역부족했으며, 시장 환경과 괴리가 있고 트렌드 변화에 뒤쳐진 규제들은 오히려 기업들의 경쟁력 및 역량 확보에 장애물이 되었다. 특히, 택배 집배송차량 증차 규제, 화주기업의 해운진출 규제 등의 진입규제는 물류산업 내 경쟁력을 약화시켰고, 신사업 창출을 방해하였을 뿐만 아니라, 규제혜택을 위한 지대행위 추구를 야기하여 비효율적인 자원 낭비를 초래하였다(한정화, 2017). 따라서 기존의 규제들이 제 역할을 정상적으로 수행하여 물류산업의 발전을 뒷받침하는지 검토할 필요가 있으며, 경쟁 제한 요인, 성장 동력 확보 저해 요인, 역차별 요인이 되는 규제들은 과감하게 폐지하거나 기업의 경쟁을 촉진할 수 있는 방향으로 수정할 필요가 있다.

그러나 이와 같은 시사점에도 본 연구는 다음과 같은 한계점이 있다. 첫째, 본 연구에서 활용한 81개 물류기업 데이터 중 대기업은 1개 기업으로 분석결과가 중소기업의 입장으로 편중되어 있을 수 있다. 이에 후속 연구에서는 보다 충분한 수의 물류기업 데이터를 확보하여 기업규모에 대한 균형 있는 분석을 수행할 필요가 있다. 또한 기업규모의 조절효과를 파악하기 위하여 매출액을 기준으로 집단을 구분하고, 규제 또는 규제개선정책과 물류기업의 혁신 효율성 사이의 관계를 물류기업의 규모에 따라 비교할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 정부의 규제 관련 이슈가 물류기업의 혁신 프로세스에 어떤 작용을 하는지에 대해 충분한 논의가 이루어지지 않았다. 이에 향후 연구에서는 물류기업의 혁신 프로세스에 대해 정부규제 관련 이슈들이 미치는 영향을 포커스 그룹 인터뷰, 사례 연구 등 질적인 연구방법론을 바탕으로 상세히 파악할 필요가 있다. 셋째, 본 연구는 물류기업의 시계열에 따른 혁신 효율성 추이를 확인하지 못했다. 실제로 정부의 정책은 기업의 규모에 따라 적용되는 형태와 정도가 상이하다. 따라서 후속 연구에서는 패널 데이터를 활용하여 물류기업의 혁신 효율성 변화를 측정하고, 정부 정책의 단기적, 중장기적 영향을 평가할 필요가 있다.

참고문헌

- 강주영, 이환수 (2015), 산업보안 전문 인력 양성을 위한 융복합 교육 방안, *한국산업보안연구*, 5(2), 85-116.
- 강준모, 김정언, 이시직 (2017), *4차 산업혁명과규제개혁*, KISDI Premium Report, 정보통신정책연구원
- 김건희, 박준석, 정성배 (2018), 중소기업 산업기술보호활동이 산업보안정책준수의지에 미치는 영향-보안인식의 매개효과를 중심으로, *한국산업보안연구*, 8(1), 75-111.
- 김건희, 양영모 (2018), 중소기업의 산업보안정책준수의지 제고방안, *한국국가안보국민안전학회지*, 6, 67-90.
- 김경근, 홍성호 (2015), 중소기업 R&D 활동에서 외부조달 재원의 효과에 대한 실증분석, *경제연구*, 33(3), 85-105.
- 김규욱, 김태형, 조선아, 장한별 (2019), 4 차 산업혁명시대 교통부문 신성장동력 창출 규제완화 전략, *한국교통연구원 기본연구보고서*, 1-389.
- 김기희, 이승복, 박동화 (2013), *기술집약형 중소기업 창업 촉진과 성장을 위한 R&D 지원 효율성 제고방안: 대전지역을 중심으로*, 한국은행 대전충남본부
- 김진국, 정영재, 박경순 (2017), *물류산업의 규제현황 및 개선방안 연구 (11-1130000-000403-14)*, 공정거래위원회
- 남현정, 김은희 (2018), 4 차 산업혁명에 따른 물류 산업 유형 구분과 대응 방안, *경영컨설팅연구*, 18(3), 275-286.
- 남희섭, 정재훈, 손수정 (2008), 혁신을 위한 지식재산권과 독점금지법, *과학기술정책*, 179, 44-59.
- 문규석 (2005), 국제법상 산업스파이에 관한 연구, *성균관법학*, 17, 405-433.
- 민연주, 장소영 (2018), 물류 4.0 시대 당면과제와 대응방안, *월간교통*, 56-58.
- 민연주, 정승주, 장소영, 최부선, 윤승섭, 김용진, 장윤석 (2017), 물류 4.0 시대 융복합 물류사업 발굴 및 지원 방안. *한국교통연구원 기본연구보고서*, 1-350.
- 배병진 (2018), *금융규제의 정치경제: 한국 은산분리 제도의 지속과 변화*, Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원.
- 서완석 (2020), 인공지능에 의한 불공정거래행위의 법적 규제-자본시장법 상의 불공정거래행위를 중심으로-, *증권법연구*, 21(1), 23-106.
- 서호준, 박창일 (2013), DEA/WINDOW 모형을 이용한 지역신용보증재단의 동태적 효율성 분석, *한국지방공기업학회보*, 9, 19-45.

- 손승우, 김성원, 유현우 (2016), 기술의 수출통제에 관한 법적 고찰-국가핵심기술과 전략기술을 중심으로, *한국산업보안연구*, 6(1), 77-122.
- 송원섭 (2019), 한국금융제도의 제도적 특수성에 대한 고찰: 은산분리완화 논쟁을 중심으로, *제도와 경제*, 13(2), 61-92.
- 심우현, 박정원 (2017), *인공지능(AI)의 규제이슈와 고려 가능한 대응전략*, 53호, 한국행정연구원.
- 신민서 (2020), 중소기업의 조직문화가 지식재산 보호에 미치는 영향에 관한 연구, *한국 IT 서비스학회 학술대회 논문집*, 2020, 489-492.
- 엄익천, 류영수 (2019), 정부출연연구기관의 R&D 효율성 분석: 정부수탁과제와 출연금과제의 비교, *정책분석평가학회보*, 29 (3), 85-113.
- 우청원, 천동필 (2018), 과학기술정책조합이 R&D 효율성에 미치는 영향 분석, *기술혁신학회지*, 21(4), 1268-1295.
- 윤종행 (2017), 산업스파이 대응방안에 관한 비교법적 고찰, *법학논총*, 41(1), 303-320.
- 이길주 (2021), AI·IOT·빅데이터로 ‘스마트 물류’ 앞당긴다, *정보통신신문*, 3월 29일.
- 이충효, 선일석 (2020), 스마트시티에서의 도시물류시스템 기술개발 우선순위 도출에 관한 연구, *기업경영리뷰*, 11(2), 45-55.
- 전수진, 홍재범 (2020), 기술혁신형 중소기업의 연구개발 효율성 결정요인 분석: 경영주역량의 조절효과를 고려하여, *중소기업연구*, 42 (4), 147-172.
- 전해영 (2017), 4 차 산업혁명 시대 물류산업의 미래-4 차 산업혁명과 국내 산업의 미래 (시리즈 ③ 물류), *VIP Report*, 707, 1-17.
- 정병호 (2016), 기밀정보 유출 경험을 가진 기업들의 정보사고 대응역량 강화에 관한 연구, *디지털산업정보학회논문지*, 12(2), 73-86.
- 정승주, 이지선, 신민성 (2019), 물류부문의 양극화수준 분석과 산업생태계 발전방안, *한국교통연구원 기본연구보고서*, 1-204.
- 정우성, 송정현 (2020), 규제혁신관점에서 본 한일 규제샌드박스제도 비교분석, *한국지적정보학회지*, 22(1), 158-175.
- 조명근, 이환수 (2017), 직무발명 보상액 산정 방법론의 개선 방안 연구, *예술인문사회융합멀티미디어논문지*, 7, 101-110.
- 중소벤처기업부 (2019), *2018년도 중소기업 기술보호 수준 실태조사 보고서*.
- 최상욱, 전인오 (2018), 중소기업의 컨설팅지원정책이 사업성과에 미치는 영향, *한국물류학회지*, 28(2), 117-128.
- 최승재 (2015), 중소·중견 기업 기술탈취 방지를 위한 손해배상소송의 실효성 확보

- 방안, *지식재산연구*, 10(2), 69-98.
- 최승필 (2011), 규제완화에 대한 법적 고찰: 인·허가 및 신고, 등록제도와 네거티브 규제를 중심으로, *공법학연구*, 12 (1), 317-347.
- 한정화 (2017), 중소기업 정책패러다임의 전환에 관한 연구, *중소기업연구*, 39(4).
- 홍지승, 한창용 (2014), *중소기업의 기술경영 실태와 정책과제(정책자료 2014-232)*, 산업연구원
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Guan, J. and Chen, K. (2012), Modeling the relative efficiency of national innovation systems, *Research policy*, 41(1), 102-115.
- Guan, J. C., Yam, R. C., Mok, C. K. and Ma, N. (2006), A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models, *European Journal of Operational Research*, 170(3), 971-986.
- Hollanders, H. J. G. M. and Esser, F. C. (2007), *Measuring innovation efficiency*, Brussels: European Commission.
- Jeong, S. Y. and Jeong, G. Y. (2012), 스마트 물류 IT 기술 및 사례, *The Magazine of the IEIE*, 39(5), 26-31.
- Kneip, A., Simar, L. and Wilson, P. W. (2008), Asymptotics and consistent bootstraps for DEA estimators in nonparametric frontier models, *Econometric Theory*, 24(6), 1663-1697.
- Lee, J., Kim, C. and Choi, G. (2019), Exploring data envelopment analysis for measuring collaborated innovation efficiency of small and medium-sized enterprises in Korea, *European Journal of Operational Research*, 278(2), 533-545.
- Li, Q. and Liu, T. (2019), Innovation efficiency of china's high-end manufacturing industry: Evidence from super-SBM model and malmquist index, *Mathematical Problems in Engineering*, 2019 .
- Lim, Y. and Jeon, J. (2019), Analyzing the Performance of Defense R&D Projects based on DEA, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 22 (1), 106-123.
- Shin, J., Kim, C. and Yang, H. (2018), The Effect of Sustainability as Innovation

- Objectives on Innovation Efficiency, *Sustainability*, 10(6), 1966.
- Simar, L. and Wilson, P. W. (1998), Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models, *Management science*, 44(1), 49–61.
- Simar, L. and Wilson, P. W. (2000), A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models, *Journal of applied statistics*, 27(6), 779–802.
- Wang, W. K., Lu, W. M. and Liu, W. M. (2014), A fuzzy multi-objective two-stage DEA model for evaluating the performance of US bank holding companies, *Expert Systems with Applications*, 41(9), 4290–4297.
- Wang, Y., Pan, J. F., Pei, R. M., Yi, B. W. and Yang, G. L. (2020), Assessing the technological innovation efficiency of China's high-tech industries with a two-stage network DEA approach, *Socio-Economic Planning Sciences*, 71, 100810.
- Yang, Y. and Wang, Y. (2021), Research on the Impact of Environmental Regulations on the Green Innovation Efficiency of Chinese Industrial Enterprises, *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(2).

*** 저자소개 ***

· **김 영 준(brent.kim@inu.ac.kr)**

인천대학교 일반대학원 경영학과에서 석사과정으로 재학 중이며, 주요관심 분야는 생산운영관리, 계량경영 등이다.

· **강 세 원(sekang@sogang.ac.kr)**

미네소타 대학교에서 경영학 박사학위를 취득하였다. 현재 서강대학교 경영학부 교수로 재직 중이며 주요 강의 및 연구 분야는 서비스운영관리, 헬스케어 등이다.

· **김 창 희(ckim@inu.ac.kr)**

서울대학교에서 경영학 박사학위를 취득하였다. 현재 인천대학교 경영학부 교수로 재직 중이며 주요 강의 및 연구 분야는 생산운영관리, 서비스운영관리, 계량경영 등이다.