

국내 지역별 도로운송네트워크가 지역경제에 미치는 영향: SNA 및 공간패널회귀모형의 적용*

오진호

경북대학교 무역학과 박사후연구원

안재선

경북대학교 무역학과 석사과정

오진

중앙대학교 국제물류학과 전문연구원

A Study on Road Transport Network And Economy effect in Korea: Application of SNA and Spatial Panel Regression

Jin-Ho Oh^a, Jae-Seon Ahn^b, Zhen Wu^c

^aDepartment of Commerce and Trade, Kyungpook National University, South Korea

^bDepartment of Commerce and Trade, Kyungpook National University, South Korea

^cDepartment of International Logistics, Chung-Ang University, South Korea

Received 07 April 2022, Revised 27 April 2022 Accepted 29 April 2022

Abstract

This study analyzes the effects of road transportation networks on the local economy in Korea. The analysis methods are SNA and spatial panel regression model. The subjects of this study are inland areas of Korea, and the research period is from 2010 to 2019. The network analysis showed that the connection centrality of Gyeonggi-do was high internally and externally. Gyeonggi-do has played a central role in the domestic road freight transportation industry. The results of spatial panel regression analysis showed that there was economic competition between regions. Domestic road transportation industry has been competitive among regions and has economic ripple effect. And Internal cargo has been shown to boost the economy of the region. But internal cargo has been shown to lower the economy of surrounding regions, but external cargo has been shown to increase the economy. In order to revitalize the local economy, it is necessary to increase road cargo.

Keywords: Road Transport, Social Network Analysis, SNA, Spatial Panel Regression, Spillover effect

JEL Classifications: L90, N70, R40

* This research was supported by the BK21 project funded by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea (4299990214398)

^a First Author, E-mail: numpy@knu.ac.kr

^b Co-Author, E-mail: redplace39@naver.com

^c Corresponding Author, E-mail: wuzhen@cau.ac.kr

© 2022 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

I. 서론

국내 물류 산업은 수출입 규모 확대, 전자상거래 시장 내 물류 기능의 중요성으로 지속해서 성장하고 있다. 국가 경제에서 무역이 지닌 중요성은 대단히 크며, 무역은 물류를 통해 최종 완성되는 만큼 물류산업은 국가 경제발전에 중요한 역할을 하고 있다(Son Yong-Jung, 2020). 물류를 통한 화물 운송의 시작과 끝은 도로운송을 통해 이루어진다. 출발지에서 마지막 소비지까지 도로운송을 통해 Door to Door 운송이 이루어지며 항만이나 공항, 철도에서 운반되는 규모의 화물을 분산하여 운송하는 마지막 단계 역할을 하게 된다. 물류산업에서 항만, 공항 등의 대형 물류거점과 함께 도로운송은 많은 역할을 하고 있으며 국가 물류산업의 원활한 업무수행과 지역 경제발전에서 도로운송이 지닌 중요성은 대단히 크다(Chen et al., 2020).

국내 내륙에서 화물운송은 주로 철도, 도로가 담당하고 있다. 그러나 국내에서 철도를 통한 화물운송은 제한적인 편이 있다. 국내 주요 철도노선에서 중소도시 간 연결된 철도노선이 부족한 편이며 다시 도로운송을 위한 환적이 필요하여 도로운송에 비해 이용이 활발하게 이루어지지 않고 있다(Cho Chan-Hyoun and Kim Eun-Chae, 2005; Choi Chang-Ho, 2012, Lee Chul-Hee, 2021). 국내 내륙화물은 대부분 도로운송을 통해 운송되며 지역간 화물의 이동 및 거점에서 화물을 지역별로 분배, 운송하는 역할을 한다.

지역 물류산업에서 내륙화물 물동량 규모는 지역의 경제 활성화, 산업, 소비 규모에 따라 전 내륙지역별로 가늠할 수 있다(Park Seon-Youl and Park Ho, 2020). 특히, 도로운송을 통해 내륙화물 대부분을 운송하는 국내에서 도로운송 규모는 지역 경제에 미치는 영향력을 살펴볼 수 있는 방법 중 하나이다. Lee Sang-Min, Kim-Hyun-Gi and Lee Hyang-Suk(2005), Park Byung-Ju(2014), Kim et al(2015) 등 기존 연구들도 지역 별 물류산업 중심성을 파악하거나 지역경제에 미치는 영향력을 확인하기 위하여 여러 분석을 수행하였다. 각 연구들은 상대적

으로 지역 물류산업의 중심성이 낮은 지역의 물류산업 활성화를 위한 방안을 제시하거나 지역경제에 물류산업이 어떠한 영향을 미치는지 분석하여 지역 물류산업의 중요성을 상기시키기 위한 연구를 수행하였다. 추세만으로 식별되기 어려운 지역 별 물류산업의 활성화 수준을 화물 중심성을 분석을 통해 알 수 있었으며, 물류산업이 지역경제 혹은 국가경제에 미치는 영향을 분석하여 물류산업이 지닌 영향력 수준과 발전방향을 모색하였다. 그러나 각 분석방법에 따라 연구결과가 다르게 나타나거나 단기간 연구기간으로 경제 영향력을 단편적으로 살펴보는 한계가 있었다. 물동량은 해당 지역의 장기간 변화에 기인되며, 마찬가지로 경제 효과도 다양한 외부환경이 누적된 영향력으로 국가 및 지역 경제의 변화가 일어나게 된다. 현재까지 수집할 수 있는 연구 자료와 이에 맞는 다양한 분석방법을 활용하여 변화와 영향력에 대해 살펴볼 필요성이 있다.

본 연구는 국내 지역별 도로화물 운송 네트워크 분석을 통해 중심성을 도출하고 이러한 중심성이 지역경제에 끼치는 영향과 주변 지역으로의 파급효과를 분석하고자 한다. 제주도의 화물 운송은 약 90% 이상이 해운항만을 통해 이루어진다. 본 연구에서의 도로운송 화물운송 네트워크 분석을 위해 분석대상은 제주도를 제외한 국내 내륙지역을 대상으로 하였다. 국내 광역시도 지역들의 도로화물 중심성을 분석하고 분석결과를 활용하여 주변 지역의 도로운송 산업, 지역 경제에는 어떤 영향을 끼쳤는지 살펴볼 수 있다. 분석을 통하여 지역별 도로운송 산업의 산업 구조와, 지역 경제 영향력을 확인할 수 있다. 현시점에서 공개된 자료 여건상 Covid-19 이전인 2010년부터 2019년까지의 지역 간 도로화물 운송 데이터를 수집하고 분석에 활용하였다. 본 분석을 통해 Covid-19 이전 국내 지역 도로화물 운송산업과 경제적 파급효과, 국내 도로화물 운송산업의 전반적인 현황을 살펴볼 수 있다.

II. 선행연구

1. 국내 지역 물류 네트워크에 관한 연구

지역 물류 네트워크 분석은 수출입 물동량을 비교하거나 네트워크 특성을 파악하여 지역 물류 활성화 방안을 제시하는데 의의가 있다. 연구대상 기준으로 항만, 내륙 화물 2가지 형태로 구분할 수 있다. 각 항만 별 물류네트워크 구축을 통한 항만 및 주변 지역 경제, 물류활성화 방안을 다루거나 내륙 지역을 대상으로 수출입 물동량 수준을 파악하고 지역 물류 활성화 방안 에 관한 시사점을 제시하였다.

특정 항만 및 연안해운 물류 네트워크 분석에 관한 연구(Park Young-Tae and Kang Seung-Woo; Seo Hong-Ryong, 2014; Cho Sung-Woo and Na Jung-Ho, 2021)에서는 특정 항만 및 연안 해운 물류 네트워크를 분석을 통해 품목 별 화물이동량 및 지역별 수출입량을 조사하고 지역 별 물류산업 활성화 방안을 위한 시사점을 제시하였다. Park Young-Tae and Kang Seung-Woo(2005)의 연구에서는 국내 수출입 물동량의 기종점 분석을 통해 경기지역 물동량의 흐름을 파악하였으며, 이후 평택항을 거점으로 하는 수도권의 물류거점 네트워크 전략 방안을 제시하였다. 분석결과 국내 수출입 물량은 경기도에서 많이 발생하고 있었으며 경기권 물류거점인 평택항을 중심으로 경기지역의 물류 네트워크를 구축할 필요가 있다고 언급하였다. Seo Hong-Ryong(2014)의 연구에서는 국내 연안해운의 물동량에 계량적인 분석을 실시하여 연안해운의 공간적인 특징을 찾아내기 위한 연구를 수행하였다. 연안해운에서 각 항만의 배후 산업단지에서 발달되어 있는 사업 일수록 중심성이 높게 나타남을 밝혀냈다. Cho Sung-Woo and Na Jung-Ho(2021)의 연구에서는 군산항의 기종점 분석을 통해 활성화 방안을 찾기 위한 연구를 하였다. 군산항은 전라북도 도로 수입되는 산업단지 재료 등 일반화물을 많이 처리하고 있었으며, 안정적인 증가 추세인 것으로 나타났다.

내륙화물 네트워크 분석에 관한 연구(Lee Sang-Min, Kim-Hyun-Gi and Lee Hyang-Suk, 2005; Kim Keun-Uk, Hwang Jung-Hun and Kim Kap-Soo, 2012; Park Byung-Ju, 2014)에서는 지역별 물류산업 구조를 파악하기 위하여 특정 지역을 대상으로 기종점 분석 및 수출입 물동량 규모 비교를 위한 연구가 수행되었다. Lee Sang-Min, Kim-Hyun-Gi and Lee Hyang-Suk(2005)은 수도권 및 지방 5개 권역권 화물 O/D 통행량 자료를 재구성하고 사회간접자본 시설의 배치계획과 대도시권 교통계획수립 및 정책분석에 활용될 수 있는 자료의 구축을 위한 연구를 수행하였다. 기종점 분석결과 특징으로는 물동량 및 화물자동차 통행량은 수도권 중심으로 높은 증가율을 보이고 있음을 언급하였다. Kim Keun-Uk, Hwang Jung-Hun and Kim Kap-Soo(2012)는 산업구조의 특성을 살펴보고 물류이동패턴을 반영한 대구시의 산업공간구조 파악을 위한 연구를 실시하였다. 대구시는 경산시, 구미시의 화물점유율과 화물의존도비율에서 높은 연관성을 띄는 것으로 분석되었다. Park Byung-Ju(2014)는 경상남도의 도로 일반화물 이동 경로 및 수출입 화물 유통 경로의 흐름을 분석하였다. 경상남도-전국 간 유통 물동량이 많으며 유통입 물동량이 많은 지역은 경기, 부산, 경북, 전남 순인 것으로 나타났다.

특정 화물을 대상으로 물류네트워크 분석을 실시한 연구가 있었으며 Lee Ji-Min and Oh Yun-Gyeong (2018)은 지역 간 농산물 물류 네트워크 특징 및 변화를 분석하여 농산물 물류 구조 변화를 분석하였다. 농산물 화물이동량은 수도권으로 집중되는 특성이 있으며 지리적으로 인접한 시도 간 농산물 이동이 활발한 것으로 분석되었다.

2. 국내 물류산업이 지역 경제에 미치는 영향에 관한 연구

물류산업이 지역 경제에 미치는 영향과 관련된 연구에서는 항만산업이 국가경제에 미치는 영향을 살펴보기나 항만을 중심으로 형성된 항만 도시가 지역경제에는 어떤 영향을 미쳤는지

Table 1. Literature review on the Logistics Network in Korea

Researcher	Case	Time	Purpose	Methodology
Park and Kang (2005)	Pyeongtaek Port	2003	Study on the Logistics Network in Gyeonggi Province	O/D Analysis
Lee et al (2005)	Capital area and Metropolitan	2003	Analysis of Cargo O/D in capital area and metropolitan	O/D Analysis
Kim et al (2012)	Daegu	2011	Analysis of Industrial Space Structure in Metropolitan Area	O/D Analysis, Clustering, Econometrics
Seo (2014)	Domestic Seaport	2009	Spatial Network Analysis of Coastal Shipping Logistics System	Factor Analysis, Social Network Analysis
Park (2014)	Gyeongsang nam-do	2011	O/D Analysis of General Cargo Points in Gyeongsangnam-do	O/D Analysis
Lee and Oh (2018)	Domestic agricultural products	2005, 2010, 2015	Analysis of Centrality on Agricultural Products Logistics Network	Chord Diagram, Social Network Analysis
Cho and Na (2021)	Gunsan Port	2017	Study on the Activation of Gunsan Port through O/D analysis	O/D Analysis

살펴보기 위한 연구가 수행되었다. 그리고 국내 물류산업을 총괄하여 국가 경제에 어떠한 영향을 미치는지 파악하거나, 지역 물류 지표를 활용하여 지역 경제에 미치는 영향을 다룬 연구가 있다. 각각의 연구들은 물류산업을 국가 및 지역경제에 미치는 영향을 분석함으로써 물류산업을 지닌 경제적 가치와 중요성을 언급하였다.

항만산업이 지역경제에 미치는 영향에 관한 연구(Kim An-Ho and Ki Sung-Rae, 2005; Jeong Boon-do and Hong Geum-Woo, 2009; Choi Bong-Ho, 2009; Kim et al., 2011)에서는 도시의 항만물류 산업이 지역경제에 미치는 영향과 파급효과에 대해 분석하였다. Kim An-Ho and Ki Sung-Rae(2005)의 연구에서는 1990년, 1995년, 2000년의 국내 항만산업이 국민경제에 미치는 직·간접 파급효과를 분석하였다. 그러나 항만산업이 국민경제에서 차지하는 비중과 기여도는 높지 않음을 시사하였다. Jeong Boon-do and Hong Geum-Woo(2009)에서도 항만

관련 산업이 지역경제에 미치는 영향력을 분석하였다. 2003년을 기준연도로 분석하였으며 전 지역 운수보조서비스의 부가가치 유발계수가 높게 나타남을 밝혀냈다. Choi Bong-Ho(2009)의 연구에서는 우리나라 광역권 항만산업의 경제적 기여도 및 효율성을 분석하였다. 해당 연구에서도 국내 항만산업은 타산업에 비해 경제적 파급효과가 취약하다는 점을 시사하였다. Kim et al(2015)은 항만물류산업이 항만도시의 경제에 미치는 영향 분석하였다. 기준연도는 2010년으로 항만산업은 지역 내 높은 고용과 경제적 영향이 있다고 언급하였다.

국내 물류산업 지표를 활용하여 지역 경제에 미치는 영향력을 분석한 연구(Jeong Boon-Do and Hong Geum-Woo, 2008; Oh Jin-Ho, 2018; Park Seon-Youl and Park Ho, 2020)에서는 물류서비스가 국가경제에 미치는 영향을 분석하거나 물류성과를 분석하여 지역경제규모 간 상관관계 분석, 지역별 물류산업 특화도를 조사하고 지역경제 부가가치에 미치는 영향

Table 2. Literature Review on the Economy Effect of Logistics Industry in Korea

Researcher	Case	Time	Purpose	Methodology
Kim and Ki (2005)	Domestic port industry	1990, 1995, 2000	Economic Effect of the Port Industry	Input-output Analysis
Jung (2008)	Domestic City	1998, 2000, 2003	Economic Effect of the Logistics Industry	Input-output Analysis
Jung and Hong (2009)	Domestic City	2003	Effects of Port-related Industries on the City Economy	Input-output Analysis
Choi (2009)	Port City	2003	Economic Effect of the Port Industry	Input-output Analysis
Kim et al (2015)	Port City	2010	Analysis of the Impact of Port Industry on the Urban Economy	Conceptual Analysis
Oh (2018)	Domestic City	2017-2016	Analysis on the Domestic Logistics Performance	DEA Window, Malmquist
Park and Park (2020)	Domestic City	1993, 2003, 2013, 2018	Analysis of Specialization and Value-added of the Logistics Industry	Econometrics

을 분석하였다.

Jeong Boon-Do and Hong Geum-Woo (2008)은 물류서비스산업의 국민경제적 파급효과를 분석하였으며, 생산유발계수는 철도운송, 도로운송, 하역이 높게 나타났으며 수입유발계수는 수상운송, 항공운송이 높게 나타났다. 그리고 부가가치 유발계수는 철도 운송 및 도로 운송이 높게 나타났으며 취업구조는 도로운송에서 가장 많은 종사자가 있는 것으로 나타났다. Oh Jin-Ho(2018)은 국내 지역 물류지표를 활용하여 2007년부터 2016년 까지의 물류자원 투입 대비 성과를 분석하고 경제지표와 비교 분석하였다. 분석결과 수도권일수록 투입 대비 물류성과가 높은 것으로 나타났으며, 지역 경제규모와 물류 성과간에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Park and Park Ho(2020)은 지역 물류산업의 입지계수 분석으로 지역 특화도 및 지역경제 부가가치 기여도를 확인하여 지역 물류산업의 경쟁력과 특징을 분석하였다. 물류

산업은 산업별로 서울, 인천, 경기, 부산, 제주 등을 중심으로 경쟁력을 가지고 있는 것을 확인하였다. 그리고 물류산업이 발전된 지역은 고부가가치화 산업 육성이 필요하고 미비한 지역은 인력과 자본을 투입하여 물류산업 발전을 위한 정책의 필요성을 시사하였다.

3. 연구 요약 및 기존 연구와의 차별성

1) 연구 요약

국내 물류 네트워크 연구는 항만 별 물류 네트워크 및 항만을 중심으로 지역경제 수출입 기종점 분석을 수행한 연구가 있다. 내륙 지역 별 물류네트워크 연구에서도 기종점 데이터를 활용하여 화물 수출입 비율을 분석하고 지역 내 물류 활성화 방안을 제시하고 있다. 물류 네트워크 분석을 위하여 O/D데이터를 활용한 기

중점 분석을 통해 화물의 이동 현황을 살펴보고 혹은 SNA 분석을 통하여 화물 수출입 중심지를 밝혀내는 연구가 수행되었다. 공통적으로 물류 O/D데이터를 활용하여 네트워크 분석을 실시하였으며 항만별, 지역별 분석을 통해 수출입 물동량 현황 및 화물의존도를 살펴봄으로써 균형적인 항만, 지역 물류산업 발전방안을 제시하고 있다.

국내 물류산업이 지역 경제에 미치는 영향에서도 연구주제를 항만, 국가 및 지역별로 구분할 수 있었다. 항만연구에서는 항만이 국가 및 지역경제에 미치는 영향을 살펴봄으로써 산업의 영향력을 확인하기 위한 연구가 수행되었으며, 지역 물류 지표를 활용하여 지역 경제에는 어떤 영향을 미쳤는지 산업연관분석이나 효율성 분석 및 계량분석을 활용하여 분석하였다. 해당 연구들은 항만 및 지역 물류산업이 경제에 미치는 영향력을 확인하였으며 지역경제에 파급효과 수준을 분석하였다. 각 연구마다 데이터 기간, 분석 방법이 상이하여 분석 결과의 일관성이 다른 것이 특징이다. 항만물류산업이 국가경제에 미치는 영향력이 제한적, 지역 물류산업과 지역경제와는 상관관계가 없다고 결과를 제시하거나 부가 가치와 고용파급 효과가 높다는 분석결과를 제시하였다.

2) 기존 연구와의 차별성

국내 물류산업의 규모가 확장되면서 항만, 지역별로 많은 물동량의 수출입이 일어나고 있다. 물류의 이동 현황을 살펴보기나 물류가 경제산업에 미치는 영향을 파악함으로써 물류산업의 중요성을 상기시키기 위한 다양한 연구들이 수행되어왔다. 기존 연구들은 O/D데이터를 활용하여 기중점 분석이나 산업연관분석, 네트워크를 활용하여 연구문제를 해결하였다. 그러나 국가 및 지역 별 물류 네트워크 역량과 경제수준은 연관성을 지니고 있다. 화물량이 많거나 적을수록 경제에 미치는 영향이 다를 수 있고 주변 지역에도 영향을 줄 수 있다. 각각의 분석결과를 활용하여 연관된 분석과 결론을 제시할 필요가 있다. 본 연구를 통해 지역별 도로 화물 운송네트워크와 중심성을 확인하고 중심

성에 따라 지역 경제에는 어떤 영향을 미치는지 일관적인 결론을 제시할 수 있다. 기존 연구들에서 문제 해결을 위해 사용되었던 네트워크 분석, 계량분석을 연결하여 결론을 제시하고자 한다. 그리고 물류산업이 지역경제에 미치는 영향으로 대부분의 연구들은 산업연관분석이나 효율성분석을 위한 DEA 방법이 사용되었다. 지역 물류산업은 주변 지역까지 경제, 고용 등에서 파급효과를 끼칠 수 있으며 지역 외 공간적인 효과 수준도 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 지역 물류 네트워크와 지역경제에 미치는 영향력 살펴보기 위하여 단계적으로 분석을 실시하게 된다. 각각의 분석결과를 활용하여 네트워크와 지역 경제 영향력에 관한 고찰과 최종 결론을 제시하고자 하고자 한다.

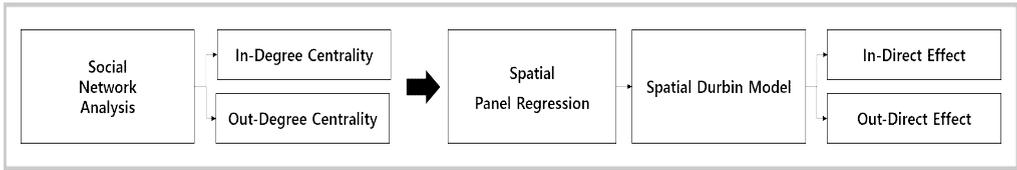
Ⅲ. 분석절차 및 방법

1. 분석절차

1) 분석모형

본 연구는 국내 지역 별 내륙화물 네트워크 중심성 분석과 지역 경제 및 주변 지역에 어떤 영향을 끼쳤는지 공간패널회귀분석을 통해 확인해보고자 한다. 첫 번째로 국내 지역들의 내륙화물 O/D 데이터를 활용하여 소셜네트워크 분석을 통해 2010년부터 2019년까지 연결중심성 분석을 실시한다. 연결중심성 분석은 O/D 데이터의 내향연결중심성을 알 수 있는 In-Degree Centrality 분석과 외향연결중심성을 알 수 있는 Out-Degree Centrality 분석을 실시한다. 본 연결중심성 분석 결과를 활용하여 지역경제에 끼치는 영향을 살펴보기 위하여 공간패널회귀분석을 사용한다. 공간패널회귀분석에 사용되는 변수들은 연결중심성 분석결과와 지역 물류 지표, GRDP를 활용하여 지역경제에는 끼치는 영향력과 주변지역 파급효과를 분석하게 된다. 공간패널회귀분석 모형으로 적합모델 검증을 통해 최종 공간더빈모델(Spatial Durbin Model)을 사용하며 직접효과(In-Direct Effect), 간접효과(Out-Direct Effect) 분석을 실

Fig. 1. Analysis Model



시하게 된다.

2. 분석 방법

1) 연결중심성 분석

중심성은 네트워크 연결망에서 특정 노드(Node)가 지닌 영향력을 측정하는데 사용된다(Carpenter, Li and Jiang, 2012). 연결중심성(Degree Centrality)은 노드의 연결수준을 기준으로 계산하여 각 노드에 연결된 노드의 양이 많을수록 중심성이 높게 나타나는 분석 방법이다(Freeman, 1979). 연결된 결점 수를 의미하는 연결정도는 지역 중앙성을 측정하는데 효과적인 지표로서 활용된다(Son Yong-Jeong, 2021). 연결망 중 들어오는 방향의 연결들에 대해서는 내향연결중앙성이라 하며, 나가는 방향의 연결은 외향연결중심성이라 부른다. 내향연결중심성 수식은 다음 식(1)과 같다(Han Bo-Hyun and Ahn Byung-Il, 2014).

$$C_D^{IN}(d_i^W) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N d_{ij}^W, i \neq j \quad \text{식(1)}$$

$C_D^{IN}(d_i^W)$ 는 i 번째 노드의 내향연결정도 중심성을 의미하며, d_{ji}^W 는 노드 i 의 내향연결정도를 의미한다.

외향연결중심성의 수식은 다음 식(2)와 같다.

$$C_D^{OUT}(d_i^W) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N d_{ij}^W, i \neq j \quad \text{식(2)}$$

$C_D^{OUT}(d_i^W)$ 는 i 번째 노드의 외향연결중심

성을 의미하며 d_{ij}^W 는 노드 i 의 외향 연결정도를 의미한다.

2) 공간패널회귀분석

패널데이터 모형은 여러 개체 간에 발생할 수 있는 공간적 효과를 고려하면 모형의 형태를 공간 패널 모형으로 확장할 수 있다. 실제로, 특정 지역의 의사결정자가 다른 지역의 의사결정에 영향을 받거나 인접 지역의 설명 변수에 영향을 받을 수 있으며 서로 다른 지역의 경제발전은 공간적으로 상호 관련되어 있을 수 있다. 또한, 오차항간의 상관성도 있을 수 있으며, 이로 인해 지역 간의 경제발전이 공간상관성이 발생할 수 있다(Elhorst, 2014). 위 가정에 따라 공간 패널 모형의 형식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Y_{it} = \rho W_{ij} Y_{it} + \beta X_{it} + \theta W_{ij} X_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{식(3)}$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W_{ij} \varepsilon_{it} + e_{it}$$

t 는 시간 차원, i 는 개체를 표시한다. Y_{it} 은 종속변수이고, X_{it} 은 독립변수의 $it \times K$ 벡터이다. β 는 X_{it} 와 관련된 $K \times 1$ 벡터이며, W 는 각 요소의 값을 W_{ij} ($i \neq j$)로 하는 공간 가중치 매트릭스이다. ε_{it} 는 오차항이며, μ_{it} 는 개체 및 시간 고정 효과 또는 랜덤효과이다. ρ 는 공간 자기 회귀계수이며 서로 다른 지역과 종속변수 사이의 상호작용을 나타낸다. θ 는 어느 지역의 독립변수가 다른 지역의 종속변수에 미치는 파급효과를 의미한다. 이는 한 지역의 종속변수와 인접 지역의 독립변수 사이의 상호관

계를 설명할 수 있다. λ 은 오차항의 공간 자기회귀계수라고 한다. 이는 모형 중 관측되지 못한 공간 상호작용을 표시한다.

공간 패널회귀 분석 모형에 중 SDM(Spatial Durbin Model)모형은 종속변수 및 독립변수의 공간시차 (Spatial Lag)를 같이 고려하는 모형이다. SDM 모형은 오차항의 공간 의존성도 반영한다(LeSage, 2009). SDM 모형은 종속변수의 공간시차(Spatial Lag)만 고려한 SAR (Spatial Autoregression Model)모형, 독립변수의 공간 시차만 고려한 SLX(Spatial lagged X) 모형 그리고 오차항의 공간 작용만 고려한 SEM (Spatial Error Model)모형보다 일반화된 모형으로서 활용되고 있다. 본 연구에서는 도로운송 중심성 지표가 지역경제 발전에 미치는 공간적 영향을 고려하기 위해 SDM 모형을 사용하여 분석하였다.

전통적인 계량경제 모형은 관측치끼리 서로 독립적이라고 가정하지만, 공간효과가 존재하는 경우, OLS를 이용하여 공간데이터의 회귀를 추정하는 것은 계수 추정편차를 초래할 수 있다(LeSage, 2009). 이를 위해 본 연구는 SDM 모형에서 Lee(2004)가 제시한 QML을 활용하여 계수 추정방식을 적용하였다. QML 추정은 종속변수의 공간시차에 따른 변수간 내생성 문제를 고려한다. 모형에서 독립변수의 공간시차를 포함하는 경우, 독립변수의 계수 추정값을 한계 효과로 볼 수 없다(LeSage, 2009). 이를 해결하기 위해 Lesage and Pace(2009)는 계수의 편미적분 분해를 통해, 직접효과와 간접효과, 총 효과 세 가지로 구분하였다. 직접 효과는 어떤 지역의 독립변수가 그 지역의 종속변수에 미치는 영향을 측정하기 위해 사용된다. 간접효과는 어느 지역의 독립변수가 인접 지역의 종속변수에 미치는 영향으로 간주한다. 총효과는 직접효과와 간접효과의 합을 의미한다. 직접 효과 및 간접 효과를 계산하기 위하여 다음과 같은 형식으로 표시한다.

$$Y_{it} = (I - \rho W)^{-1}(X_{it}\beta + W_{ij}X_{it}\theta) + (I - \rho W)^{-1}R, R = (\mu_{it} + \varepsilon_{it}) \quad \text{식(4)}$$

식(4)에 의해 종속변수 Y 가 k 번째 독립변수 x_k 에 대하여 N 개 공간 단위의 매트릭스를 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$\left(\frac{\partial y_1}{\partial x_{1k}}, \dots, \frac{\partial y_1}{\partial x_{Nk}} \right) = \begin{pmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial y_1}{\partial x_{Nk}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial y_N}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial y_N}{\partial x_{Nk}} \end{pmatrix} \quad \text{식(5)}$$

$$= (I - \rho W)^{-1} \begin{pmatrix} \beta_k & \dots & W_{1N}\theta_k \\ \dots & \dots & \dots \\ W_{N1}\theta_k & \dots & \beta_k \end{pmatrix}$$

LeSage and Pace(2009)의 연구에 따라 식 (5)에 있는 대각선상 계수의 평균값은 직접 효과이고, 비 대각선계수의 평균값은 간접효과로 정의한다. 이 중 매트릭스의 각 열 계수의 합은 어느 지역의 독립변수 x_k 가 다른 지역의 종속변수에 미치는 평균 영향을 의미한다.

3) 공간 가중 매트릭스

공간패널회귀모형을 분석하기 위해 우선적으로 공간 가중 매트릭스를 계산해야 한다. 식 (3)의 W_{ij} 는 공간 단위 사이의 상관관계를 반영하는 공간 가중치 매트릭스이며, 공간 가중치 매트릭스의 대각 원소는 모두 0이다. 그 이유는 주변에 이웃된 공간 단위가 없기 때문이다(Yu, 2008).

연구 필요에 따라 공간 가중 매트릭스는 지리적 연관성을 반영한 '지리적 매트릭스'와 경제적 연관성을 반영한 '경제 거리 매트릭스'로 나눌 수 있다(Zhao, 2018). 공간효과의 구조에 대해 일반적으로 세 가지를 기준으로 (인접성, 거리, k-nearest)하여 매트릭스로 구성할 수 있다(Anselin, 1988). 공간 가중 매트릭스의 구성은 단위가 가까울수록 상호작용이 강해질 가능성을 염두에 두어야 하므로 실제 작업에서는 항상 인접 매트릭스 또는 역 거리 매트릭스를 사용한다(Bottasso, 2014). 공간 인접 행렬의 요소 d_{ij} 는 1 또는 0으로 설정할 수 있다. 본 연구에서는 역행렬을 사용하여 지역 간의 공간

Table 3. Acronym of the Region

Region	Acronym	Region	Acronym	Region	Acronym
Seoul	SEL	Daejeon	DAJ	Chungnam	CCN
Busan	BUS	Ulsan	USN	Jeonbuk	JLB
Daegu	DAE	Gyeonggi	GYG	Jeonnam	JLN
Incheon	INC	Gangwon	GAW	Gyeongbuk	GSB
Gwangju	GWJ	Chungbuk	CCB	Gyeongnam	GSN

Table 4. Variables for the Analysis

Method	Variable	Description	Unit
Social Network Analysis	In-Degree Centrality	Inflow of Road Cargo	-
	Out-Degree Centrality	Outflow of Road Cargo	-
	<i>grdp</i>	GRDP	one million won
	<i>in</i>	In-Degree Centrality	-
	<i>out</i>	Out-Degree Centrality	-
Spatial Panel Regression	<i>numroad</i>	Number of Road Transport Carriers	one company
	<i>sale</i>	Sales of Road carriers / Total Logistics Industry Sales	%
	<i>asset</i>	Fixed Assets of Road Transport Carriers	one million won
	<i>worker</i>	Number of Workers of Road Transport carriers / Number of Workers of Logistics Industry	%

관계를 반영한다. 공간 가중 매트릭스는 식(6)과 같다.

$$W = \begin{pmatrix} 0 & \cdots & d_{1n}^{-1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{n1}^{-1} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad \text{식(6)}$$

3. 자료수집 및 변수 설명

국내 지역별 도로 화물 네트워크 분석을 위하여 O/D 데이터 수집이 필요하다. 본 연구에

서는 통합물류정보센터에서 제공하는 도로화물 O/D 데이터를 2010년부터 2019년 까지 수집하여 각 연도별로 네트워크 분석을 실시하였다. 이후 네트워크 분석결과와 국내 지역 도로 운송산업 데이터 간 영향 관계와 GRDP에는 어떤 영향을 끼치는지 확인이 필요하다. 이를 위해서 KOSIS에서 제공하는 지역별 도로화물 운송산업 데이터를 수집하였으며 2010년부터 2019년 까지의 데이터를 수집하여 패널데이터 분석을 실시하였다. 지역별 분석결과 해석의 편의를 위해 각 지역명은 축약하여 제시한다.

Table 5. The Result of In-Degree Centrality

Reg	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
GYG	743	1,204	1,187	1,171	1,298	1,357	1,387	1,417	1,409	1,401
BUS	996	621	635	649	669	585	667	750	757	764
CCN	386	577	565	553	478	562	628	693	710	727
GSB	346	477	471	465	495	497	562	626	620	613
GSN	483	483	484	486	530	483	550	617	551	485
CCB	227	600	610	620	594	648	492	335	375	415
USN	185	318	308	299	316	339	391	444	416	388
SEL	776	603	595	586	618	403	385	366	369	371
JLN	205	534	544	554	614	657	607	557	461	365
INC	277	305	307	309	432	365	310	256	280	303
GAW	121	415	421	428	415	427	326	225	226	228
JLB	205	238	238	237	249	229	222	215	220	225
DAE	247	128	126	124	138	108	112	116	122	127
GWJ	138	106	105	104	113	99	96	94	104	115
DAJ	170	132	131	130	142	118	108	98	103	108

IV. 분석결과

1. 네트워크 분석

1) 내향연결중심성 분석결과

국내 지역별 도로운송 화물 매트릭스 데이터를 활용하여 연결중심성 분석을 위한 네트워크 분석을 하였다. 2010년부터 2019년까지 총 10년간의 데이터를 활용하여 네트워크 분석을 실시하였으며, 아래 표는 2019년 기준으로 내림차순으로 정렬하여 제시하였다.

화물의 유입 중심성을 의미하는 내향연결중심성(In-degree Centrality)는 전국 15개 지역 중 경기도가 가장 높은 것으로 나타났다. 2010년 이후 지속적으로 화물의 유입량이 늘어난 것으로 파악되며 2010년 대비 2019년에는 중심성이 약 2배 가까이 상승한 것으로 나타났다. 많은 화물 유입량이 지닌 의미는 경기도에 도로화물을 흡수하는 영향요인이 발생되고 있는 것을 의미한다. 실제 경기도의 인구증가율은 2010년부터 2019년까지 1~2%로 수도권 중에서 가장 높은 것으로 나타났다(KOSIS, 2022). 수도권 기준 서울, 인천의 내향연결중심성이

감소하고 있지만 경기도가 상승하고 있는 추세이며 인구증가와 도로화물을 흡수시키는 산업들이 유치되고 있는 것으로 파악된다. 부산이 2번째로 높은 연결중심성인 것으로 나타났으나, 2010-2015년까지 감소, 이후에는 다시 상승하며 다소 불규칙적인 네트워크 중심성을 보여주고 있었다. 충남, 경북에서도 상승세가 나타났지만 이외 지역들도 네트워크 중심성이 불규칙적하거나 하락하는 양상을 띄고 있었다. 지난 2010년 이후 10년 동안 전국에서 경기도를 중심으로 화물이 유입된 것을 확인할 수 있었으며 이외 지역들의 추세는 다소 불안정한 것으로 나타났다.

2) 외향연결중심성 분석 결과

외향연결중심성 분석 결과에서도 2019년을 기준으로 내림차순 정렬하여 제시하였다. 화물의 반출 중심성을 의미하는 외향연결중심성(Out-Degree Centrality)에서도 경기도가 가장 높은 것으로 나타났다. 그러나 내향연결중심성과 달리 2011년 이후부터 계속해서 중심성이 하락하는 양상을 띄고 있었다. 외향연결중심성 하락의 의미는 경기도에서 도로화물 흡수에 비

Table 6. The Result of Out-Degree Centrality

Reg	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
GYG	960	1,417	1,476	1,536	1,473	1,326	1,172	1,018	1,050	1,082
INC	563	797	680	564	790	742	790	838	794	749
BUS	463	461	454	447	486	508	555	602	610	617
GSN	694	657	671	684	693	686	660	634	623	613
JLN	262	489	493	498	466	487	527	566	569	572
GSB	498	636	644	653	726	651	597	544	533	521
CCN	488	601	607	614	631	573	536	500	491	483
JLB	236	267	273	280	330	368	416	463	450	436
CCB	251	338	339	341	361	319	377	435	399	362
GAW	111	205	213	220	209	235	293	352	336	320
USN	501	276	286	295	304	263	256	250	279	307
SEL	230	282	273	264	296	404	316	228	214	200
DAE	128	170	170	169	176	169	180	191	192	193
GWJ	73	119	121	122	129	120	132	144	140	136
DAJ	47	27	27	27	29	26	35	44	44	43

Table 7. Descriptive statistics

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
<i>gdp</i>	107,218,710	109,159,631	27,882,311	479,822,189
<i>in</i>	444.5	297.5	94	1,417
<i>out</i>	444.5	302.9	26	1,536
<i>numroad</i>	2,2625.4	23,758.5	5,993	88,572
<i>sale</i>	0.015	0.023	0.002	0.125
<i>asset</i>	3,948,017	5,625,118	263,051	22,200,000
<i>worker</i>	2.667	0.776	2.026	7.025

하여 반출되는 물량의 감소를 의미한다. 경기 도로 유입되는 화물을 내수에서 소비하거나 도내 산업들이 타지역으로 도로화물을 반출시키는 양이 감소하고 있다는 것을 의미한다. 내·외향연결중심성을 종합해보면 경기도는 유입 도로화물이 증가하고 반출 도로화물은 감소하는 추세인 것으로 나타났다. 다음으로 인천은 In-Degree와 달리 높은 연결 중심성으로 나타났다으며 많은 화물을 반출하고 있는 것으로 나타났다. 인천의 항만, 공항과 같이 대형 운송거점이 위치해 있으며 이와 연계된 화물의 양이 증가하면서 중심성이 높게 나타났다. 부산에서도 2010년 이후 지속적으로 중심성이 높게 나타났다. 이외 지역에서는 연결중심성이 다소 불규칙적이거나 하락한 것으로 나타났으며 수

도권 이외 지방 지역들은 도로화물 반출을 의미하는 외향연결중심성이 일관적이지 않은 것으로 확인되었다.

2. 공간패널회귀분석

1) 기술통계

연결중심성 결과와 지역 도로운송 데이터를 활용하여 지역경제에 미치는 영향에 대한 분석을 실시하였다. 지역총생산을 의미하는 GRDP가 지역별 도로 운송산업의 영향력과 주변 지역에 미치는 파급효과에 대해 확인할 수 있다. 분석에 사용되는 변수들의 기술통계는 다음과 같다. 지역별 최솟값, 최대값의 차이가 높은 것

Table 8. The Result of Correlation analysis

variables	<i>in</i>	<i>out</i>	<i>Ln_numroad</i>	<i>sale</i>	<i>Ln_asset</i>	<i>Ln_worker</i>
<i>in</i>	1					
<i>out</i>	0.781***	1				
<i>Ln_numroad</i>	0.565***	0.479***	1			
<i>sale</i>	0.331***	0.163**	0.751***	1		
<i>Ln_asset</i>	0.068	-0.065	0.628***	0.536***	1	
<i>Ln_worker</i>	-0.217***	-0.382***	-0.041	0.186**	0.597***	1
VIF	3.19	3.24	10.17	3.15	6.70	3.63

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

으로 나타났으며 상대적으로 범위 및 표준 편차가 큰 것으로 나타났다. 각 지역별로 경제, 도로 운송산업 규모의 차이가 있었으며 이같은 원인은 수도권, 비수도권 도로운송사업 규모의 차이 때문인 것으로 나타났다.

2) 타당성 분석

모형을 구축하기 전에 주요 변수에 대한 상관관계 분석을 실시하여 변수 간 공선성 기준에 위배되는지 검증하기 위해 타당성 분석을 실시하였다. 사전에 정규성이 없는 변수들은 자연로그를 실시하였다. 타당성 검증 결과 주요 변수 간의 상관계수는 분석에 활용되기엔 문제가 없는 수준이었으며 공선성 검증에서도 위배되지 않는 것으로 나타났다.

3) 모형 적합 검증

시계열 데이터 분석에서는 비정상 변수의 랜덤 상관 패턴에서 발생할 수 있는 거짓된 결과를 방지하는 것이 중요하다. 분석결과의 신뢰성을 확인하기 위해 패널 단위근에 대한 Levin-Lin-Chu 분석을 통해 패널데이터의 비정상성을 검증해야 한다(Levin et al., 2002). 단위근 검증결과 유의확률이 0.05 이하로 나타나 모든 변수에는 단위근이 존재하지 않아 모든 변수가 안정적인 변수인 것을 확인하였다.

패널데이터 분석에서 하우스만 검정은 고정효과(Fixed Effect) 및 랜덤효과(Random Effect) 중 모형 선택을 위하여 사용된다. 기본 가정으로 귀무가설이 기각되면 고정효과를 선택해야 하며 귀무가설을 채택하게 된다면 랜덤효과 모형을 선택해야 한다(Greene, 2008). 따라서 본 연구에서는 하우스만 검정을 사용하여 모형의 형태를 먼저 파악하였다. 하우스만 검정 결과 0.001 이하의 유의확률로 귀무가설이 기각되었다. 따라서 고정효과 모형을 선택하였다. 또한 Likelihood Ratio(LR) 검증에 따라 모형에서 시간 고정효과만 포함해야 하는 것으로 나타났다(Elhorst, 2014). 공간 패널 모형의 올바른 사용을 위하여, LM 검정과 Robust LM 검정을 사용하여 공간 모형 필요성 유무를 검토해야 한다(Anselin, 2008). SAR 모형의 LM 및 Robust LM 통계가 유의성 검정을 통과하지 않은 것으로 나타났으며, SEM의 LM 및 Robust LM 통계는 모형에서 모두 유의성 검정을 통과했다. 이는 SEM 모형 사용시 효과성을 확인할 수 있으며, 공간성을 띄는 것으로 확인되었다. 이외 SDM 적용가능성도 검증할 필요가 있으며(LeSage, 2009), Wald 및 LR 테스트를 통해 적합한 모형을 선택할 수 있다. 모든 유의수준에서 SDM의 Wald 및 LR 통계정보가 유의한 것으로 나타나 SAR 및 SEM 외에 SDM을 채택하여 본 분석에 사용하였다.

Table 9. The Result of Model Test

Model	Model Test	Statistic
	Hausman test	144.58***
LR test	Spatial	-79.93
	Temporal	538.64***
SAR model and SEM model test	LM-lag test	0.330
	Robust-LM-lag test	0.457
	LM-err test	4.579**
	Robust-LM-err test	4.707**
Simplified test of SDM	LR-lag test	96.72***
	Wald-lag test	155.79***
	LR-err test	54.43***
	Wald-err test	101.27***

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

4) 공간패널분석 SDM

네트워크 분석결과와 GRDP, 지역 물류산업 변수를 활용하여 SDM 분석을 수행하였다. <Table 10>은 공간 가중치 매트릭스와 함께 GRDP에 대한 SDM의 공간 자기 회귀계수를 의미한다. 공간자기회귀계수 ρ 값이 유의한 수준에서 음수로 나타났다. 음수의 ρ 값은 경쟁 효과로 해석할 수 있다. W 에 의한 SDM의 ρ 값이 -1.098로 인접 지역의 GRDP 수준이 1% 증가했을 때 주변 지역의 GRDP이 약 1.098% 감소할 수 있음을 나타낸다. 위 결과는 국내 지역의 경제발전은 주변 지역에도 영향을 미치며 서로 경쟁하고 있음을 의미한다.

공간 자기 회귀계수 ρ 값이 유의수준에서 0이 아니므로 모형 추정치를 직접 사용하여 종속변수에 대한 각 독립변수의 한계 영향을 판단하는 것은 적절하지 않다. Elhorst(2014)의 분석방법을 기반으로 각 변수의 영향을 평가하기 위해 본 연구에서는 편미분을 사용하여 각각의 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 직접효과, 간접효과 및 총 효과로 분해하여 분석하였다. 각 독립변수의 직접, 간접 효과(파급) 및 총 효과는 다음과 같다.

내향연결중심성 지수의 직접 효과는 0.408로 유의한 것으로 나타났다. 이것은 내향연결

중심성 지수가 1%로 증가하면 지역 GRDP가 약 0.408% 증가하는 것을 의미한다. 지역 GRDP에 대한 내향연결중심성 지수의 간접효과는 -0.928로 유의한 것으로 나타났다. 이는 특정 지역에서 내향연결중심성 지수가 1% 증가할 때마다 공간적 상호작용을 통해 인접 도시의 GRDP에 간접적으로 0.972% 정도 감소시킨다는 것을 의미한다. 총 효과와 관련하여, 특정 지역에서 1%의 네트워크 지수가 증가하면 전체 표본의 GRDP가 약 0.521% 감소하는 경향이 있지만 통계적으로는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

외향연결중심성의 직접효과는 양수로 나타나 도로운송 외향연결중심성이 현지 경제발전에 긍정적인 영향이 있음을 나타냈다. 외향연결중심성 지수의 간접효과도 양수로서, 인접 지역의 경제발전에도 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났다. 외향연결중심성 지수의 간접효과는 내향연결중심성 지수와는 다르게 나타났으며 내향연결중심성 지수가 지역별 경쟁을 초래하지만 외향연결중심성 지수는 각 지역 간의 경제 공동 발전을 촉진하는 것으로 해석된다.

도로운송사업자 규모는 직접적 효과와 간접적 효과가 모두 양수로 나타나 도로 운송사업자가 해당 지역 및 주변 지역 경제발전에도 긍정적인 역할을 하고 있는 것으로 분석되었다.

Table 10. The Result of SDM Analysis

Variable	Coefficient	Direct affect	Indirect affect	Total affect
<i>in</i>	0.263* (1.915)	0.408*** (3.700)	-0.928** (-2.281)	-0.521 (-1.109)
<i>out</i>	0.757*** (4.937)	0.652*** (5.296)	0.669* (1.696)	1.321*** (2.791)
Ln_numroad	0.533*** (6.599)	0.461*** (6.758)	0.516** (2.330)	0.977*** (4.213)
Ln_sale	0.311** (2.451)	0.577*** (4.956)	-1.818*** (-4.846)	-1.241*** (-3.207)
<i>asset</i>	-0.053 (-1.196)	-0.097*** (-2.668)	0.275** (2.161)	0.178 (1.248)
Ln_worker	0.068 (0.424)	0.304** (2.218)	-1.470*** (-3.069)	-1.167** (-2.217)
<i>W* in</i>	-1.373* (-1.732)	-	-	-
<i>W* out</i>	2.050*** (2.742)	-	-	-
<i>W* Ln_numroad</i>	1.468*** (2.842)	-	-	-
<i>W* Ln_sale</i>	-2.854*** (-4.213)	-	-	-
<i>W* asset</i>	0.453* (1.770)	-	-	-
<i>W* Ln_worker</i>	-2.647*** (-3.011)	-	-	-
<i>rho</i>	-1.098*** (-4.426)	-	-	-
<i>R²</i>	0.926	-	-	-

Dependent Variable: GRDP

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

도로운송 회사의 매출은 현지의 경제발전에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 간접효과가 음수라는 것은 지역 간 도로운송 업체 간 경쟁 관계인 것을 확인할 수 있다. 도로운송업체의 고정자산이 지역 GRDP에 미치는 직접효과가 음수라는 것은 도로운송업의 고정자산 규모를 늘리는 것이 경제에 긍정적인 영향을 나타내진 않는다는 것을 의미한다. 간접효과는 양수로 나타나 주변 지역 경제효과에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 나타났으며,

특정 지역 고정자산의 경제적 파급력이 주변 지역에는 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 해석할 수 있다. 도로운수업체 종사자 수는 지역경제 활성화에 긍정적인 효과가 있지만 간접효과는 음수로 나타났다. 이는 도로운송 전문 인력이 지역 경제발전에 긍정적인 영향을 미치지만 주변 지역에는 부정적인 영향으로 지역별 도로운송 산업 인력 수급 경쟁을 의미하며, 해당 지역 경제에 불리한 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준다.

Table 11. In & Out-direct effect of the In-Degree Centrality

Order	In-Degree Centrality			
	Region	Direct effect	Region	Indirect effect
1	SEL	0.482	GYG	-1.157
2	BUS	0.471	SEL	-1.139
3	INC	0.448	DAJ	-1.124
4	GYG	0.448	CCB	-1.082
5	GSN	0.426	BUS	-1.031
6	DAJ	0.424	INC	-1.017
7	CCB	0.414	GSN	-0.984
8	USN	0.406	DAE	-0.920
9	GWJ	0.404	GWJ	-0.906
10	JLN	0.382	JLB	-0.904
11	DAE	0.368	USN	-0.842
12	JLB	0.357	CCN	-0.821
13	CCN	0.342	GSB	-0.763
14	GSB	0.337	JLN	-0.674
15	GAW	0.321	GAW	-0.596

종합해보면 특정 지역에 도로화물 및 관련 산업이 유입되면 경제효과는 상승하지만 주변 지역은 경제효과가 하락하는 것으로 정리된다. 국내 도로화물 운송산업은 지역 간 경쟁관계가 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

5) 지역별 직접효과 간접효과

지역별로 분해하여 내·외향연결중심성 직접효과와 간접효과 분석을 실시하였다. <Table 11>에서 가장 많은 영향을 받거나 끼치는 지역들로 내림차순 정렬하였다. 지역별 내향연결중심성 직접효과 분석결과 수도권 및 부산의 GRDP가 도로화물유입에 가장 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 인구와 물류산업이 집중된 지역일수록 도로화물 유입이 지역 경제규모에 직접적인 영향을 끼치는 것을 의미한다. 반대로, 지역별 내향연결중심성의 간접효과는 특정 지역의 내향 연결중심성의 변화가 다른 지역 GRDP에 끼치는 영향을 의미한다. 분석결과 경기도, 서울 등 수도권 지역의 도로 운송산업이 집중되면 다른 지역의 경제발전을 하락시키

는 요인으로 작용할 수 있는 것으로 나타났다. 많은 인력과 자본 및 자원이 수도권 지역에 집중돼 지역 불균형 등 경제발전에 좋지 않은 영향을 끼치고 있는 현 상황에서 국내 도로화물 운송 산업도 지역간 불균형 문제를 지니고 있는 것으로 나타났다.

지역별 외향연결중심성에서 직접적인 효과가 높은 지역은 강원도, 경북 등 지방인 것으로 나타났다. 도로운송산업에서 화물 반출 규모에 따라 지방 지역의 경제발전에 긍정적인 영향을 끼친 것을 의미한다. 특히, 강원도와 경북 충남 지역 등의 지방들은 이러한 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 수도권과 부산 지역의 외향연결중심성의 직접적인 효과가 낮게 나타난 이유로 수도권과 부산 지역의 경제발전이 도로화물의 반출 규모에 크게 민감하게 반응하지 않는다는 것을 의미한다. 지역 자체적으로 경제 규모와 내수규모가 다른 지방에 비해 상대적으로 크기 때문에 GRDP가 도로화물 반출 규모에 따라 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 한편, 간접효과에서 수도권은 다

Table 12. In & Out-direct effect of the Out-Degree Centrality

Order	Out-Degree Centrality			
	Region	Direct effect	Region	Indirect effect
1	GAW	0.714	GYG	0.850
2	GSB	0.702	SEL	0.836
3	CCN	0.698	DAJ	0.825
4	JLB	0.687	CCB	0.794
5	DAE	0.683	BUS	0.757
6	JLN	0.671	INC	0.746
7	GAJ	0.654	GSN	0.722
8	USN	0.652	DAE	0.674
9	CCB	0.646	GWJ	0.664
10	DAJ	0.638	JLB	0.663
11	GSN	0.637	USN	0.618
12	INC	0.621	CCN	0.602
13	GYG	0.621	GSB	0.560
14	BUS	0.604	JLN	0.495
15	SEL	0.596	GAW	0.437

른 지역에 비해 높은 것으로 나타났다. 이는 수도권 도로화물 유출이 주변 지역경제를 발전시키는 데 긍정적인 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 즉, 수도권 지역에서 발생하는 도로운송 화물들은 타지역의 도로 운송산업들도 의존하고 있고 영향을 받고 있다는 것을 의미하며, 지역 경제발전에도 기여하고 있는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 국내 도로운송 산업에서 많은 영향력을 끼치는 지역을 도출하고 내외부 경제효과를 살펴보기 위해 외·내향 연결중심성 분석과 공간패널효과 분석을 사용하였다.

분석결과를 요약하면 경기도의 연결중심성이 내·외부적으로 높은 것으로 나타나 국내 도로화물 운송산업의 중심적인 역할을 하는 것으로 나타났다. 국내 도로운송 산업에서 지역 간 경쟁이 펼쳐지고 있으며 주변 지역에 미치는 경제적 파급효과가 물류기업체 및 인력, 고

정자산 등 상황에 따라 달라지는 점도 발견하였다. 특정 지역의 내향연결중심성이 증가하면 그 지역의 GRDP도 증가하는 것으로 나타났지만 주변 지역의 GRDP를 감소시켰다. 화물의 유입은 해당 지역의 경제발전에 긍정적인 영향을 끼치지만 주변 지역에는 그렇지 못한 것으로 나타났다. 도로운송 산업 분야에서 해당 지역의 경제발전을 위해 도로화물 유입이 필요하다는 것을 시사한다. 외향연결중심성은 지역 및 주변 지역 GRDP까지 상승시키는 것으로 나타났다. 도로화물이 주변 지역 경제에 미치는 파급효과로 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 나타나 내향연결중심성과는 반대의 결과로 나타났다. 즉, 유입되는 도로화물은 해당 지역의 경제발전에 기여하고 지역 외 화물 반출은 주변 지역까지 긍정적인 경제적 파급효과를 일으킬 수 있다는 점을 확인할 수 있었다. 일반적으로 도로화물은 지역 주민들이 사용하는 소비재 혹은 지역 산업 경제활동에 필요한 원자재, 수출입 화물이다. 특정 지역에 화물량이 집중되면 상대적으로 주변 지역의 산업 및 경제여건에는

좋지 않은 영향이 될 수 있다. 반출되는 화물이 많을수록 지역 경제뿐만 아니라 주변 지역까지 영향을 받는 만큼 궁극적으로 국가 경제에도 긍정적인 영향력을 끼칠 수 있다. 도로 운송산업과 연계하여 지역별 화물 유치 및 공동 내륙 운송 터미널 운영 등 주변 지역 간 공동의 경제 발전도 가능할 수 있다.

기존 유사연구 중 지역 규모가 도로화물 물동량에 끼치는 영향에 관한 Lee Chul-Hee의 연구결과와 비교하였다. Lee Chul-Hee(2021)의 연구에서는 지역 인구 규모 및 인구구조가 도로물동량에 미칠 효과를 추정하였다. Lee Chul-Hee(2021)의 분석결과를 살펴보면 인구가 증가하고 있는 지역은 도로화물 물동량 증가, 인구 감소 지역은 도로화물 물동량이 감소할 것이라 예측하였다. 또한, GRDP와 도로면적 간 유의한 정적 관계 확인하였으며 지역 간 불균형 문제를 지적하였다. 본 연구에서도 이와 유사하게 인구 규모, 도로교통망이 발달되어 있는 수도권에 도로화물이 집중되어 있다는 점이 확인되었다. 도로화물이 수도권에 집중되어 있으며, 이런 집중도가 주변 지역 경제발전에는 좋지 않은 영향을 끼치는 점을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 경제규모도 지속적으로 수도권 위주로 확대되고 있는 만큼 지역 불균형 문제점이 발생되고 있다. 큰 변화가 없는 한 이러한 현상은 계속될 것이라 예상되며 지역 균형 발전을 위한 대책 필요성을 동일한 시사점으로 제시하였다.

국내 도로화물 데이터를 활용하여 연결중심성을 분석하였으며, 이후 연결 중심성 분석결과를 활용하여 지역 및 주변 지역 경제에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 내·외항 도로화물 물동량에서 경기도가 국내 도로운송 산업에서 가장 많은 물동량을 운반하고 하고 있는 것으로 나타났지만, 이외 수도권 외 지역들의 국

내 도로 운송산업에서 차지하는 역할은 상대적으로 높지 않은 것으로 나타났다. 수도권에 집중된 인구와 대규모 산업 기반 시설이 위치해 있어 편중된 결과가 나타났으며 이 같은 현상이 크게 바뀔만한 정책이나 환경이 조성되지 않고 있다. 도로화물이 해당 지역 및 주변 지역까지 미치는 경제적 과급효과가 있는 것으로 확인된 만큼 지역 균형 발전을 위한 방안 마련이 필요하다. 분석결과를 토대로 해석하면 지역별 더 많은 화물을 생산, 운송을 위한 대책이 필요하며 이를 위해서는 지역 내 제조, 생산기업유치가 필요하다. 이외 물류 허브역할을 하는 물류거점을 유치하여 많은 화물을 유입시킬 수 있는 방안도 있을 수 있다. 특히, 전국과 비교하여 GRDP가 낮은 지역들은 물류허브 유치를 통해 긍정적인 효과를 얻을 필요가 있다. 지역 내 화물의 외부 반출은 주변 지역경제 활성화에도 긍정적인 영향이 있는 만큼 주변 지역과의 공동 협력과 주변 지역 산업 간 조화를 통해 협력 시너지를 발생시키고 지역 물류산업 규모의 발전, 지역 경제 활성화까지 이어나갈 필요가 있다.

본 연구에서는 네트워크 분석 및 공간패널회귀분석을 실시하면서 지역 도로화물 운송네트워크와 지역 경제 간의 영향관계를 계량적인 분석을 통해 결과를 제시하고자 하였다. 네트워크 분석과 공간패널분석을 통해 연관된 시사점을 제시할 수 있었다. 그러나 수집 가능한 분석 자료의 한계로 2010년부터 2019까지의 데이터를 분석에 사용하여 최근 Covid-19 이후의 변화된 상황은 알기가 어려운 면이 있었다. 향후 연구들은 2020년 이후의 자료를 바탕으로 분석을 통해 본 연구 결과와 비교한다면, Covid-19로 인한 내륙화물의 네트워크와 영향들의 변화를 파악하는데 의미 있는 연구가 될 것이다.

References

- Anselin, L., Gallo, J. L., and Jayet, H. (2008), Spatial panel econometrics. In *The econometrics of panel data* (pp. 625-660), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Carpenter, M. A., Li, M. and Jiang, H. (2012), Social network research in organizational contexts: A systematic review of methodological issues and choices, *Journal of Management*, 38(4), 2012, pp.1328-1361.
- Chen, Y., Liu, Y., Guo, D., Chen, Z., and Li, X. (2020), Freight transit assignments for an integrated network of road transportation and underground logistics systems, *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 11(2), 04020014.
- Cho, Chan-Hyoun and Kim, Eun-Chae (2005), Evaluating Service Quality of the Rail and Road Container Transport in Kyungin-Busan Corridor, *Korea Logistics Review*, 15(3), 151-171.
- Cho, Sung-Woo and Jung-Ho Na (2021), A Study to Present the Vitalization Issues of Gunsan Port based on Origin-Destination Analysis, *Regional industry review*, 44(2), 217-245.
- Choi Chang-Ho (2012), A Study on the Resistance Factors about Modal Shift of Container Transport by Land: Focusing on the Transfer Nodes between Truck Links and Freight Train Links, *Journal of Korean Society of Transportation*, 30(3), 17-30.
- Choi, Bong-Ho (2009), A Study on the Economic Effects of Wide-Regional Zones Port Logistic Industry, *Journal of Korea Port Economic Association*, 25(5), 21-42.
- Elhorst, J. P.(2014), *Spatial econometrics: from cross-sectional data to spatial panels* (Vol. 479, p. 480). Heidelberg: Springer.
- Freeman, L. C (1979), Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification, *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Greene, W. H. (2003), *Econometric analysis*, Pearson Education India.
- Han, Bo-Hyun and Byung-II Ahn (2016), Analysis of Changes in Agricultural Trade Network, *Journal of Rural Development*, 39(2), 93-128.
- Jeong, Boon-Do and Geum-Woo Hong (2008), A Study on the Ripple Effect of Physical Distribution Service Industry on National Economy, *Journal of Korea Port Economic Association*, 24(2), 193-208.
- Jeong, Boon-Do and Geum-Woo Hong (2009), An Effect of Port-related Industry on Regional Economy, *Journal of Korea Port Economic Association*, 25(3), 303-320.
- Kim, Keun-Uk, Jung-Hoon Hwang and Kap-Soo Kim (2012), A Study on Analysis Spatial Structure of Industry by Using the Freight O/D - Focused on Daegu Metropolitan City, *Korean Society of Civil Engineers(D)*, 32(6D), 557-563.
- Kim, Sang-Yeol, Ho Park, Han-Mo Koo and Dong-Keun Ryoo (2015), The Effects of the Port Logistics Industry on Port City's Economy, *Journal of Navigation and Port Research*, 39(3), 267-275.
- Kim, An-Ho and Sung-Rae Ki (2005), Economic Effects of the Port Industries, *Journal of Korea Port Economic Association*, 21(4), 141-160.
- KOSIS(2022), population growth rate(webpage). Available from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1YL20621
- Lee Chul-Hee (2021), Effect of County-Level Population Change on Local Demand for Logistics, *Journal of Korean Economics Studies*, 39(3), 5-34.
- Lee Ji-Min and Yun-Gyeong Oh (2018), Analyzing characteristics and centralities of the Agricultural Products Networks, *Journal of Korea Planning Association*, 53(1), 105-122.

- Lee, L. F. and Yu, J. (2012), Spatial panels: Random components versus fixed effects, *International Economic Review*, 53(4), 1369-1412.
- Lee, Sang-Min, Hyun-Gi Kim and Hyang-Suk Lee (2005), An Analysis of the Freight Movement for Metropolitan Areas, *Journal of Korea Transportation Research Society Conference paper*, 48, 617-624.
- LeSage, J. and Pace, K. R.(2009), Introduction to Spatial Econometrics. *Boca Raton: CRC Press*.
- Levin, A., Lin, C. F., and Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties, *Journal of econometrics*, 108(1), 1-24.
- Oh, Jin-ho (2018), A Study on the Improvement of Logistics Performance in Korea - Application of DEA-Window and Malmquist, *Korea Logistics Review*, 28(6), 111-125.
- Park, Byung-Ju (2014), O/D Analysis of General Cargo in Gyeongsangnam-do, *Gyeongnam Institute*, 1-40.
- Park, Seon-youl and Ho Park (2020), Analysis of Regional Specialization and Value-added Contribution of Local Logistics Industry, *Journal of Korea Port Economic Association*, 36(2), 87-108.
- Park, Young-Tae and Seung-Woo Kang (2005), The Implementation of the Pyeongtaek Port-Oriented Logistics Network Strategy in Kyonggi Province an Empirical Analysis on the Domestic Logistics system, *Korea Distribution Association Conference paper*, 327-353.
- Seo, Hong-Ryong (2014), Spatial Network Analysis of Coastal Shipping Logistics System in South Korea : Case of cement, *Journal of Geography*, 59, 142-169.
- Son Yong-Jung (2020), An Evaluation of Priority in Logistics Policies for Logistics Innovation Responding to Change in Industrial Trend and Cultivation of Smart-Logistics Industry, *Journal of Corporation and Innovation*, 43(4), 97-109.
- Son, Yong-Jung (2021), An Analysis of Liner Container Service Network Using Social Network Analysis-A Focus on Gwangyang Port, *The e-Business Studies*, 22(1), 179-194.
- Yu, J., De Jong, R., & Lee, L. F. (2008), Quasi-maximum likelihood estimators for spatial dynamic panel data with fixed effects when both n and T are large, *Journal of Econometrics*, 146(1), 118-134