

# 압축지표와 통근 네트워크가 통근시간에 미치는 영향에 관한 연구 - 수도권 경기·인천 지역을 대상으로 -\*

신학철\*\*·우명제\*\*\*

## The Impact of Compact City Indicators and Commuting Network on Commuting time: Focused on Suburban Cities in the Seoul Metropolitan Area\*

Hakcheol Shin\*\* · Myungje Woo\*\*\*

**국문요약** 국내 수도권에서는 경기·인천지역에 거주하며 서울로 통근하는 현상이 지속됨에 따라 장거리 통근문제가 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위해 경기·인천지역을 대상으로 자족권역 형성 계획과 압축도시를 지향하고 있다. 그러나, 장거리 통근통행으로 발생하는 도시문제는 지속이다. 이는 과도한 압축밀도와 서울 의존적 네트워크에 의한 것으로 보여지나, 기존 연구에서는 도시 간 상호작용이 중요해짐에도 개별도시에 초점을 맞추었으며, 서울 의존적인 네트워크 특성을 고려하지 못한 한계점을 지니고 있다. 이에, 본 연구에서는 압축도시와 도시 간 상호작용을 종합적으로 고려하여 통근통행에 미치는 영향을 실증분석하는 것을 목적으로 한다. 분석결과 일정 규모이상의 네트워크가 형성될 때 통근의 효율성이 높아지는 것으로 나타났으며, 이러한 결과를 토대로 수도권 외곽지역인 인천, 경기지역의 네트워크 중심지 육성정책과 더불어 교통망 확충의 필요성에 대한 시사점을 제공하였다.

**주제어** 압축도시, 네트워크 도시, 통근시간

**Abstract:** Long-distance commuting is a problem as people living in Gyeonggi-Incheon continue to commute to Seoul in the Seoul metropolitan area. To solve this problem, policies in the region are aiming for a self-sufficient zone formation plan and a compact city. However, urban problems caused by such long-distance commuting continue. This appears to be due to excessive density and Seoul-dependent networks. However, existing studies have focused on individual cities despite the importance of inter-city interactions, and had limitations in not considering the characteristics of the Seoul-dependent networks. Therefore, the purpose of this study is to empirically analyze the effect of the compactness

\* 이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B07044 152)  
이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

\*\* 서울시립대학교 도시공학과 박사과정/스마트시티학과 융합전공(제1저자: nextlord30@naver.com)

\*\*\* 서울시립대학교 도시공학과 부교수(교신저자: mwoo@uos.ac.kr)

on commuter travels by comprehensively considering the interactions between cities within the region using multiple regression. As a result of the analysis, it was found that that commuting efficiency increases when a network of more than a certain size is formed, and the results imply that policies should focus on fostering network centers in Incheon and Gyeonggi regions, which are outside the metropolitan area, and consider to expand the transportation networks at the regional level.

**Key Words:** Compact city, Network city, Commuting time

## 1. 서론

과거 국내에서는 대도시 중심의 성장정책이 시행됨에 따라 인구나 산업이 대도시에 집중하였고, 특히 수도권 서울은 인구나 산업 과밀로 환경문제, 주택문제 등 도시문제가 발생하였다. 이와 동시에 광역교통 인프라의 조성 과 교통수단의 발전, 높은 자가용 보유율로 도시민들의 거리에 대한 제약이 감소하였다. 물리적 제약의 감소와 지속적인 도시문제로 도시민들은 서울에서 경기·인천지역으로 이동하였고, 생활서비스업 및 산업이 인구를 따라 교외로 연쇄적으로 이동하는 교외화 현상이 발생하였다(신경숙 외, 2010). 이러한 도시의 교외화 현상은 비도시지역의 개발에 따른 환경파괴와 더불어 자원의 남용 등 다양한 문제를 발생시키며(김희철·안건혁, 2011), 특히, 경기·인천에 거주하면서 서울로 통근하는 장거리 통근을 유발하여 다양한 도시문제를 발생시키고 있다.

장거리 통근문제를 해결하기 위해, 자가용 수요 및 통행거리를 감소시키고 대중교통과 보행을 증진하는 압축도시 개념이 등장하였다(김승남 외, 2009). 압축도시란 고밀도, 복합도지이용, 대중교통으로의 양호한 접근성을 지닌 도시로 압축도시란 자가용 수요 및 통근거리를 감소시키고 대중교통의 이용을 증진시킨다(김승남 외, 2009; Ewing·Robert, 2010). 그러나, 도시의 과도한 압축정도는 기반시설의 과부하를 야기하여 혼잡성을 발생시킬 수 있으며(조운애·최무현, 2013; 윤병훈·남진, 2016), 대중교통과의 접근성이 고려되지 않는다면 통근의 효율을 감소시키는 한계점을 지니고 있다(이재영·김형철, 2002; 양희진·최

막중, 2011). 이에, 일부 연구에서는 적정밀도가 도시의 지속가능성을 도모할 수 있음을 주장하였고, 사회·경제·물리적 특성을 고려하여 도시별 적정개발밀도를 제시하였다(Milakis et al., 1970; Stead·Stephen, 2001; 조운애·최무현, 2013; 윤병훈·남진, 2016).

한편, 수도권 광역도시계획에서는 경기·인천지역의 권역별 거점도시를 중심으로 자족권역 형성을 계획하고 있다. 이는 인구나 고용의 집적에 따른 집적불균형을 완화하고, 수도권 차원의 균형발전을 위한 방안으로 자족권역 내 속한 도시들이 상호 간 네트워크 형성을 통해 교류·협력하여, 경제 및 사회적 측면에서 긍정적인 영향 창출을 목적으로 한다. 수도권 광역도시계획에서 제시된 자족권역은 도시의 위계적인 관계보다는 수평적인 연계와 양 방향적인 네트워크 흐름을 통해 도시의 지속가능성을 도모하는 네트워크 도시이론에서의 네트워크 권역과 유사하다. 네트워크 도시란 도시 간 네트워크에 초점으로 둔 개념으로(손정렬, 2011), 도시 간 상호작용이 주요 요소이며, 일정 수준 이상의 도시 간 상호작용이 형성된 네트워크 도시들은 효율적인 교통서비스 제공이 가능하며, 중심도시의 교통 혼잡을 감소시켜 통근통행에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Curtis, 2005).

이를 종합하면, 수도권에서 발생하는 비효율적인 통근문제를 해결하기 위해 다수의 지자체에서는 압축도시를 지향하는 계획을 수립하였으며, 수도권에서는 외곽지역인 경기·인천의 거점도시를 중심으로 도시 간 네트워크에 기반한 자족권역 형성을 계획하고 있다. 이러한 정책적 노력으로 수도권의 통근통행 문제는 해결되어야 하나, 수도권의 장거리 통근 및 혼잡성 등 통

근문제는 지속적이다. 이는 과도한 압축밀도와 서울 의존적 네트워크가 지속됨에 따라 나타난 결과로 추정된다. 그러나, 압축지표에 대한 기존연구는 교외화 현상과 네트워크 권역 형성계획으로 도시 간 상호작용이 중요해짐에도 개별도시들을 대상으로 통근통행과 압축지표의 관계, 압축지표 선정에 초점을 맞춰 네트워크와 압축요인을 종합적으로 고려하지 못한 한계를 지니고 있다. 또한, 과도한 밀도와 더불어 도시 간 네트워크가 통근통행에 미치는 영향에 관한 실증적 연구는 미흡한 상황이다.

이에, 본 연구에서는 과도한 밀도와 서울 의존적 네트워크가 통근통행에 부정적인 영향을 미치고 있음을 가정하여, 수도권 외곽지역인 경기·인천을 대상으로 압축도시와 네트워크 도시 특성이 통근시간에 미치는 영향을 실증분석하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 선행연구 고찰

본 연구는 수도권의 과도한 밀도와 서울과 높은 네트워크로 인해 효율적인 통근통행이 발생되지 않음을 가정한다. 이를 위해 첫째, 압축도시 개념 및 측정방법과 압축도시가 통근통행에 미치는 영향에 관한 문헌을 검토하며, 둘째, 네트워크 도시이론 및 네트워크 도시체계가 통근통행에 미치는 영향에 대한 문헌을 검토한다.

### 1) 압축도시

도시 공간구조의 무분별한 외연적 확산으로 인해 환경문제, 도시민들의 장거리 통근 현상에 따른 혼잡성 및 대기오염 등 다양한 도시문제가 발생하였고, 이러한 도시문제를 해결하며, 도시의 지속가능성을 도모하기 위해 압축도시의 개념이 등장하였다(Burton, 2002; 임은선 외, 2006). 압축都市는 사회적·경제적 개발과 자가용 수요감소, 교외지역의 보존, 연료사용 감소 등 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다(Burton, 2002).

압축도시의 압축도를 측정하는 지표는 밀도와 복합 토지이용, 대중교통과의 접근성이 대표적이다. 서울시를 대상으로 한 황철수·이원도(2011)는 행정동별 압축성 측정 및 현황에 대한 연구를 진행하였다. 해당 연구의 압축성은 인구, 토지이용, 교통접근성에 관련한 총 20개 변수를 표준화하여 산출하였으며, 서울 3 도심인 종로구, 강남구, 영등포구의 압축도가 가장 높은 것으로 나타났다. 김태형·고준호(2016)의 연구에서는 서울시의 높은 압축특성을 고려한 서울형 압축지표를 인구밀도, 토지이용균형도, 대중교통시설, 교차로 밀도를 통해 개발하였다. 수도권을 대상으로 한 임은선 외(2006)의 연구에서는 도시공간구조를 외연적 확산형과 압축형으로 구분하는 방법론을 제시함과 동시에 거시·미시적 차원의 도시 압축도를 측정하였다. 거시적 차원의 압축도는 인구 지니계수, 엔트로피지수 등을 토대로 분석하였으며, 미시적 차원의 압축도는 인구밀도, 토지이용의 연속도, 토지혼합도, CBD 중심의 개발 중심성을 통해 측정하였다.

압축도시와 통근과의 연구도 계속해서 진행되어 왔다(Ewing et al 2003; Boussauw et al., 2012; 조운애, 2009). 조운애(2009)의 연구에서는 압축지표의 객관적 정량화에 대한 한계점을 지적함과 동시에 총인구 밀도와 순인구 밀도를 통해 교통에너지 소비에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 분석결과, 순인구 밀도가 높아질수록 교통에너지 소비, 즉 통근거리가 감소하는 것으로 나타나 압축도시를 지향해야함을 주장하였다. 이와 유사하게 Boussauw et al(2012)는 주거밀도 및 고용밀도, 토지이용의 다양성 등의 변수와 통근거리에 대해 분석하였고, 자동차 이용 및 통근거리의 감소를 위해 압축도가 높은 도시 공간구조를 지향해야함을 주장하였다. 또한, Ewing·Robert(2010)의 연구에서는 통근거리와 건축환경의 상관관계를 분석하였고, 압축도시의 특징으로 대표되는 밀도, 복합토지이용, 교통접근성은 통근거리를 감소시키는 것으로 나타났다.

한편, 과도하게 높은 밀도로 인해, 압축도시의 긍정적인 영향이 상쇄되는 것으로 나타났다. 조운애·최무현(2013)의 연구에서는 과도한 개발밀도는 압축도시의 역효과가 나타날 수 있음을 가정하여 교통에너지

를 최소화할 수 있는 적정개발밀도 기준을 제시하였다. 윤병훈·남진(2016)의 연구에서는 지역적 특성을 고려하여 개발 가능지역과 보존지역을 구분하고, 개발이 가능한 지역은 기반시설의 수용성을 고려하여 과도한 개발보다는 적절한 밀도를 지니는 개발이 필요함을 주장하였다. 이외에도 다수의 압축도시 연구에서는 과도한 압축도시의 부정적인 영향을 최소화하기 위해 적절한 밀도를 지닌 개발의 필요성을 주장하였다(Stead·Stephen, 2001; 조운애, 2011)

압축도시 관련 문헌검토 결과 압축도시는 인구밀도, 토지의 혼합이용, 대중교통과의 접근성으로 측정되며, 통근의 효율성을 증진하는 것으로 나타났다. 그러나, 과도한 압축특성은 혼잡성을 야기하고, 대중교통과의 접근성이 고려되지 않는다면, 역효과가 나타날 수 있는 것으로 나타났다(이재영·김형철, 2002; 양희진·최막중, 2011; 조운애·최무현, 2013; 윤병훈·남진, 2016). 이는 적정수준의 밀도와 대중교통의 접근성이 고려된 압축도시가 통근의 효율성을 추구할 수 있음을 의미한다.

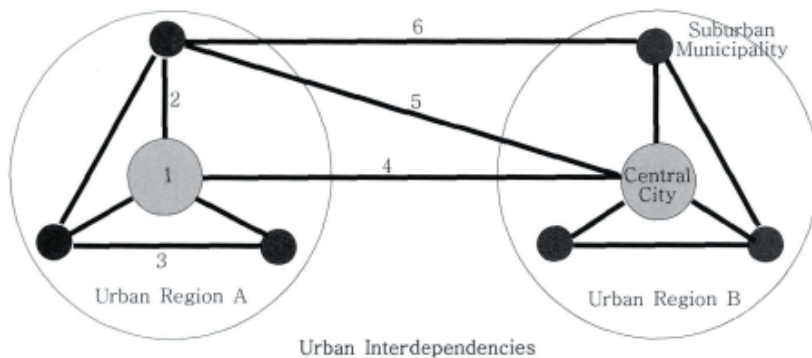
## 2) 네트워크 도시 및 도시 간 상호작용

최근 교통 및 정보통신 기술의 발달로 도시 간 공간적 연계성이 중요하던 과거에 비해 기능적 연계성이 강화되고 있으며, 수도권 경우 중심도시인 서울에서 교외지역으로 일자리와 주거지가 이동하여 새로운 중심지가 형성되는 도시의 교외화 및 다핵구조가 등장하

고 있다. 수도권 광역도시계획에서는 이러한 기능적 연계성과 도시 공간구조의 변화에 대응하고자 경기·인천지역에 자족권역 형성을 계획하였다.

한편, 서구 도시에서는 도시공간구조의 변화와 더불어 도시 간 기능적 연계의 중요성 증가함에 따라 도시의 위계적인 관계보다는 수평적인 연계와 양방향적인 기능적 연계가 중요시되는 네트워크 이론이 등장하였다(Batten, 1995). 네트워크 이론은 2개 이상의 도시들이 도시 간 기능적 연계를 통해 상호작용을 하는 도시체계를 의미한다(Batten, 1995; 김홍주, 2008). 네트워크 도시체계가 형성된 도시는 일반 도시에 비해 도시 성장이 빠르며(Frenken·Hoekman, 2006), 효율적 도시관리가 가능한 것으로 나타났다(Marull et al., 2015). 하지만 네트워크 도시는 도시 스프롤을 야기하여 지역의 경쟁력을 감소시키는 문제점도 존재한다(손정렬, 2011).

이러한 네트워크 도시체계를 기반으로 네트워크의 변화양상과 네트워크 도시권의 형성 여부를 규명하기 위한 연구가 이루어져 왔다. 비수도권 도시를 대상으로 네트워크 변화를 분석한 김홍주(2008)의 연구에서는 광역대도시권의 공간구조변화를 네트워크를 토대로 분석하였으며, 권오혁(2009)은 네트워크 이론을 토대로 동남권 지역의 네트워크 도시권이 형성되어 있음을 규명하였다. 이외에도 윤종진·우명제(2017)의 연구에서는 화물통행을 통해 도시 간 네트워크를 유형화하였으며, 유형화된 네트워크를 토대로 고용성장과의 관계를 분석하였다. 또한, 네트워크를 기반으로 네트



〈그림 1〉 도시 상호작용 유형(van Oort et al., 2010)

〈표 1〉 선행연구 분석지표

구분	저자명	변수	
네트워크	김홍주(2008)	네트워크 패턴, 중심성	
	권오혁(2009)	독립성, 연결성, 상호의존성	
	윤종진·우명제(2017)	의존성, 복잡성, 중심성	
	윤철현·황영우(2012)	중심성	
압축도시	임은선 외(2006)	인구밀도, 토지이용의 연속성, 토지혼용도, 중심성	
	김태형·고준호(2016)	인구밀도, 토지이용균형도, 교차로 밀도, 대중교통시설 밀도	
	이원도·황철수(2011)	인구	인구밀도, 주거밀도, 고용밀도
		토지이용	건물속성
		교통 접근성	교통시설, 대중교통 접근성
	Ewing 외 (2003)	주거 밀도, 토지혼합도, 중심성의 정도, 도보 접근성	
	Ewing·Robert (2010)	가구·인구·고용밀도, 직주비, 토지혼합이용, 교차로 밀도, 토지혼합도, 중심도시와의 거리, 대중교통 접근성 등	
	김승남 외(2009)	밀도	인구밀도 고용밀도 도시지역 밀도
		도시형태	다핵화수준, 인구 고용분포, 도농통합 여부, 시가지 면적비율, 시가지 인구 비율
		도로교통 기반시설	버스서비스, 버스 접근성, 지하철 유무, 대중교통 부담율, 간선도로 비율 등
	양희진·최막중(2011)	수평이동거리, 교통에너지, 비건폐면적, 환경자원	
이재영·김철현(2002)	인구밀도, 교통에너지 소비량, 지하철역으로부터 거리별 인구비율 및 분포		

워크 도시체계 식별 및 도시성장에 관한 연구가 이루어졌다(Curtis, 2005; De Goei et al., 2010; Marull et al., 2015).

네트워크 체계가 형성된 도시에서는 일반적으로 6개 유형의 기능적 연계가 발생하며, 이러한 기능적 연계는 상호의존성이라 정의된다(Van Oort et al., 2010; De Goei et al., 2010). 상호의존성은 ①도시 내 상호작용, ②, ③도시권 내 상호작용, ④, ⑤, ⑥ 도시권 간 상호작용으로 구분된다. 이러한 상호작용은 도시들이 특정도시에 의존하는 정도인 중심성 지수를 도출하는데 사용되었으며(윤철현·황영우, 2012; 윤종진·우명제, 2017), 네트워크를 측정하는 지표로도 사용되었다(Curtis, 2005; De Goei et al., 2010).

### 3) 네트워크 도시체계가 통근통행에 미치는 영향

네트워크 도시는 복수의 도시들이 위계적 관계보다는 상호보완적 관계를 형성하고 있는 것으로 나타났다.

이러한 네트워크 도시는 교통축, 중심지의 높은 밀도, 교통중심지 인근의 토지를 활용함으로써 효율적 교통서비스, 중심도시의 교통 혼잡 감소, 교통시설에 대한 경제적 투자를 감소시킴으로써 도시에 긍정적인 영향을 줄 수 있다(Curtis, 2005; Curtis, 2008).

또한, 네트워크 도시는 복수의 중심지가 존재하는 다중심공간구조를 형성한다(Curtis, 2008). 다중심공간구조는 중심지별 기능특화가 나타나는 다핵공간구조와는 차별화되는 개념으로 중심지들이 유사한 도시기능을 수행한다(McMillen, 2001; 김홍태, 2010; Burge et al., 2012). 이러한 다중심공간구조는 통근통행에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Levine, 1992; Vander Laan, 1988; Schwanen et al., 2002). 다중심공간구조에서는 도심 주변에 거주하는 도시민들은 도심으로 출근하며, 교외도시에 거주하는 도시민들은 교외지역 중심지로 출근하는 것으로 나타났다(Levine, 1992). Vander Laan(1988)의 연구에서는 다중심구조를 공간적으로 구분하여 공간별 통근패



턴을 살펴보았으며, 분석결과, Levine(1992)의 연구와 유사하게 다중심구조에서의 도시민들은 거주지역 인근의 중심지로 통근하고, 공간별 교차통근이 감소하는 것으로 분석되었다. 그러나, 다중심공간구조의 교외지역에 거주하는 도시민 중 일부는 인접한 교외지역의 중심지로 통근하지 않고, 분산된 교외지역으로 출퇴근하여 일부 교외지역은 통근거리가 증가할 수 있다는 연구결과가 나타났다(Levinson·Kumar, 1994; Aguilera, 2005). 이는 복수의 중심지가 형성되는 수도권의 경우 중심지인 서울의 통근통행은 효율적으로 변화되나, 교외지역인 경기·인천지역의 통근통행은 비효율적으로 변화된다는 국내의 연구결과와 유사하다(전명진, 2008).

#### 4) 소결

수도권에서는 교외화 현상이 나타나고 있으며, 서울로 향하는 장거리 통근통행이 지속되어 다양한 도시문제를 야기하고 있다. 이를 해결하기 위해 수도권에서는 압축도시를 지향하는 계획을 수립 중이며, 다수의 도시들은 이미 높은 압축도시의 특성을 지니고 있다.

한편, 공간적 인접성보다는 기능적 연계성이 중요시됨에 따라 네트워크 도시 개념이 등장하였다. 네트워크 도시는 수직적 네트워크보다는 수평적 네트워크 형성을 통해 도시의 지속가능성을 도모하는 특징을 지니고 있으며, 현재 수도권 광역도시계획에서는 수도권을 교외지역을 대상으로 도시 간 네트워크 형성을 통해 자족권역 형성을 도모하고 있다. 이러한, 네트워크 도시체계는 다중심공간구조를 형성하며, 통근통행에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이를 종합하면, 수도권에서는 압축도시와 네트워크 도시체계를 지향하는 계획이 수립되고 있다. 그러나, 수도권의 통근거리의 증가와 에너지 소비, 환경에 관한 도시문제가 지속적인 상황이다. 이는 수도권의 과도한 압축특성과 서울 의존적인 네트워크로 인해 기인된 결과로 예상된다. 또한, 기존연구들은 개별 도시단위로 연구가 이루어져왔으며, 서울 의존적인 수도권의 네트워크 특성을 고려하지 못한 한계점을 지니고 있

다. 이에 본 연구에서는 네트워크 도시 요소와 압축도시 요소를 종합적으로 고려하기 위해 선행연구에서 제시된 분석지표를 기반으로 변수를 선정한 후, 압축도시와 네트워크 도시의 요소들이 실제 통근에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

### 3. 연구의 틀

#### 1) 연구의 흐름 및 범위

본 연구에서는 도시의 과도한 압축밀도와 서울 의존적 네트워크가 통근통행에 부정적 영향을 미칠수 있음을 가정하여, 압축도시와 도시 네트워크를 종합적으로 고려하여 통근통행에 미치는 영향에 대해 실증분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 첫째, 국가교통 DB에서 제공하는 2016년 통근통행 기종점 자료를 토대로 수도권의 상호의존성을 측정하며, 중심성 지수가 높은 도시를 네트워크 중심지로 설정한다. 둘째, 네트워크 중심지를 기준으로 도시 간 상호작용 유형을 네트워크 중심지와 상호작용, 서울과의 상호작용으로 구분한다. 셋째, 선행연구를 기반으로 도시의 압축도를 측정하는 지표를 선정한다. 마지막으로 통근시간을 종속변수로 설정하고, 네트워크 지표와 압축지표를 독립변수로 설정한 다중회귀분석을 시행한다. 연구의 공간적 범위는 서울을 제외한 수도권을 대상으로 하였다. 공간단위의 경우 수도권의 행정동은 서울로부터 거리가 멀어질수록 행정구역의 규모가 증가함에 따라 행정구역을 기준으로 산출되는 압축지표가 부정확하게 측정될 수 있다. 이에 데이터 구축이 가능하며, 가장 작은 공간단위인 행정동 단위를 공간단위로 설정하였다. 시간적 범위는 종속변수인 통근시간 구축 가능 시점인 2016년으로 설정하였다.

#### 2) 연구의 방법

##### (1) 중심지 식별 및 네트워크 상호작용 구분방법

본 연구에서는 통근 기종점 데이터를 통해 산출된

중심지 지수로 중심지를 설정하였다. 중심성 지수는 아래 식 1과 같이 산출되며, 중심성 지수는 특정 도시가 다른 도시들로부터 의존하는 정도를 분석하는 지표로써, 중심성 지수가 1 이상이라는 점은 해당 도시가 네트워크에서 고차적인 결절지 역할을 한다는 것으로 해석된다(윤철현·황영우, 2012). 더 나아가 중심성 지수 1 이상인 지역을 대상으로 1.5 IQR 을 사용한다.

$$C_j = \sum_i \frac{T_{ij}}{O_i} \quad i \neq j \quad (1)$$

$C_j$ : j 도시의 중심성 지수  
 $T_{ij}$ : i 도시에서 j 도시로의 통근통행량  
 $O_i$ : i 도시의 총 유출통근통행량

IQR 기법은 일반적으로 데이터 분석할 때, 이상치를 제거하기 위해 사용하는 방법으로써, 상자그림(box plot)에서 1 사분위수 및 3 사분위수로부터 k거리보다 멀리 떨어진 자료를 이상치라고 하며, k는 통상적으로 1.5 또는 3으로 설정된다. 이러한 이상치는 경우에 따라 전체 데이터의 중요한 정보를 갖게 되며(전성해, 2008), 본 연구에서는 1.5 IQR 기법, k는 3으로 설정하여 이상치로 구분된 읍면동이 네트워크에서 고차적 결절지 중 상위 결절지로 판단하여 통근네트워크 중심지로 설정하였다.

한편, 선행연구 검토결과, 중심지로서의 네트워크는 통근의 효율성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 이에, 본 연구에서의 네트워크 유형은 표 2와 같이 ①네트워크 중심지와의 상호작용, ②서울시와의 상호작용으로 구분하며, 상호작용은 윤종진·우명제(2017)의 연구에서 제시된 아래 식 2를 사용한다.

$$W_{ij} = \frac{O_{ij} + D_{ij}}{\sum_{j=1}^n (O_{ij} + D_{ij})} \quad (2)$$

$W_{ij}$ : j 지역에 대한 i 지역의 상호작용  
 $O_{ij}$ : i 지역에서 j 지역으로의 통근량  
 $D_{ij}$ : j 지역에서 i 지역으로의 통근량

〈표 2〉 네트워크 유형

구분	상세설명
유형 1	네트워크 중심지와의 상호작용
유형 2	서울시와의 상호작용

〈표 3〉 모형에 사용된 변수

구분	변수명	
종속변수		
통근시간(분)		
독립변수	네트워크 변수	네트워크 중심지와의 상호작용 네트워크 중심지와의 상호작용 제공항 서울과의 상호작용 서울과의 상호작용 제공항
	압축도시 변수	종사자 밀도 종사자 밀도 제공항 지하철역 수 건축물 용도 혼합도
	도시특성 변수	통근거리 직주비 최고공시지가

(2) 변수 및 모형 선정

본 연구는 압축도시와 네트워크 도시에 대한 요소들이 수도권에서 발생하고 있는 통근에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이에, 종속변수는 2016년 가구통행실태조사를 사용하여 통근시간을 산출하였다. 우선, 가구통행실태조사의 샘플 중 출발지와 도착지가 수도권이며, 목적통행이 통근인 샘플을 추출하였다. 그 후 탑승인원, 환승지 여부를 고려하여 행정동별 평균 통근시간을 산출하였다. 이후 가구통행실태조사의 측정 오차를 최소화하기 위해 1.5 IQR 기법을 사용하여 이상치를 제거하였다. 독립변수는 네트워크 변수, 압축도시 변수, 선행연구에서 나타난 도시특성변수(통제변수)로 표 3과 같이 선정하였으며, 식 3과 같이 다중회귀분석을 통해 연구를 진행하였다.

$$T_i: F(C_i, N_i, X_i) \quad (3)$$

$T_i$ : 통근통행 시간  
 $C_i$ : 압축도시 특성

$N_i$ : 네트워크 도시 특성

$X_i$ : 도시특성변수(통제변수)

독립변수인 네트워크 변수는 네트워크 중심지로의 상호작용과 서울로의 상호작용변수로 설정하였으며, 지역 간 상호작용이 과도하게 구축되면 통근시간에 부정적인 것이라는 가정하에 상호작용변수에 대해 모두 이차항을 추가하였다.

압축요인 변수는 종사자 밀도, 종사자 밀도의 이차항, 직주비, 지하철역 유무, 건축물 용도의 혼합도를 설정하였다. 우선 종사자 밀도는 행정구역 면적을 기준으로 km<sup>2</sup>당 종사자 수를 산출한 지표로 해당 지표가 높을수록 압축도시의 특성이 높아 통근시간에 긍정적인 영향을 미칠것으로 예상하여 독립변수로 설정하였다. 또한, 조운애·최무현(2013)의 연구에서 적정개발 밀도를 넘어선 과밀개발은 도시에 부정적인 영향을 미친다는 결과를 기반으로 하여 이차항을 독립변수에 추가하였다. 지하철역의 수는 대중교통의 인프라를 의미하는 변수로 지하철역이 많은 지역일수록 대중교통으로의 접근성이 높아 압축도시의 특성을 반영할 것으로 예상하여 독립변수로 설정하였다. 건축물 용도의 혼합도는 지역 내에서 다양한 활동을 할 수 있는 물리적 인프라를 의미하는 지표로 압축도시는 토지의 혼합적 이용이 높아야 됨을 주장하는 황철수·이원도(2011), Ewing·Robert (2010)의 연구를 고려하여 독립변수로 설정하였다. 건축물 용도 혼합도는 건축물의 용도별 연면적을 기준으로 다양성 지수를 통해 산출되며, 산출방법은 식 4와 같다.

$$V_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^m (S_{ij})^2} \quad (4)$$

$V_i$ : i 행정동의 다양성 지수

$S_{ij}$ : i 지역의 j 용도 건축물 연면적 비중

이외에도 통근거리 및 직주비, 최고공시지가를 독립변수로 설정하였다. 통근거리 변수는 2016년 행정동별 통근통행 OD 데이터를 기준으로 행정동별 통근 확률 행렬 산출 뒤 행정동별 거리 행렬을 종합적으로 고

려하여 산출하였다. 직주비의 경우 경제활동인구를 의미하는 유출통근량과 일자리의 수를 의미하는 유입통근량의 비를 통해 식 5와 같이 산출된다.

$$JB_i = \frac{In\ flow\ travel_i}{out\ flow\ travel_i} \quad (5)$$

$JB_i$ : i 행정동의 직주비

$In\ flow\ travel_i$ : i 행정동 유입통근량

$out\ flow\ travel_i$ : i 행정동 유출통근량

최고공시지가 변수는 공시지가가 낮은 행정동의 경우 교통인프라 및 대중교통체계가 조성되어 있지 않아 통근시간이 비효율적임을 가정하여 독립변수로 설정하였다.

## 4. 분석결과

### 1) 중심성 지수 및 네트워크 중심지

〈표 4〉 네트워크 중심지 및 중심성지수

구분		중심성지수
인천시	영종동	5.6
	송도동	3.7
	구월1동	3.9
	논현고잔동	6.5
수원시	강화읍	4.5
	인계동	4.3
성남시	매탄3동	5.3
	상대원1동	3.9
안산시	서현1동	3.7
	초지동	11.2
파주시	교하동	4.0
여주시	여흥동	5.0
양평군	양평읍	4.8

서울시를 제외한 수도권을 대상으로 중심성 지수를 산출하였으며, 분석결과 13개 행정동이 중심지수 1 이상인 반면 1.5 IQR 이상인 곳으로 분석되었다. 식별된 네트워크 중심지는 표 4과 그림 2와 같으며, 경





〈그림 2〉 네트워크 중심지

기 동북부지역에서는 도출되지 않았다. 이는 네트워크 중심지가 통근통행에 긍정적인 영향을 미칠 경우 경기 북부지역의 장거리 통근이 지속됨과 동시에 도시문제 해결되지 않을 수 있음을 의미한다. 한편, 네트워크 중심지를 자세히 살펴보면 안산시 단원구 초지동의 중심지 지수가 11.2로 가장 높고, 인천시 송도동 및 성남시 서현1동의 중심지 지수가 3.7로 가장 낮게 나타났다. 이는 해당 지역의 유출통행량에 비해 타 지역에서 유입되는 통근통행량이 높은 지역으로 네트워크 중심

지의 기능수행을 하고 있음을 의미하며, 네트워크 도시체계에서의 통근통행은 통근 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 선행연구의 결과를 고려하였을 때, 해당 지역으로의 통근통행이 높을수록 수도권의 통근문제를 해결할 것으로 예상된다. 이에, 네트워크 중심지 여부 및 통근통행 비중변수를 다중회귀분석의 독립변수로 설정하여 통근시간에 미치는 영향을 검증하였다.

## 2) 기초통계 분석

도시의 압축지표와 네트워크 지표가 통근통행에 미치는 영향을 검증하기에 앞서 모형에 사용된 변수에 대해 기초통계분석을 시행하였으며 결과는 표 5와 같다. 분석결과, 서울시를 제외한 수도권의 평균 통근시간은 35.4분으로 분석되었으며, 통근시간이 짧은 지역은 인천시 강화군 삼산면 9.0분, 인천 강화군 화도면 11.7으로 나타났다. 해당 지역은 비도시지역으로 내부 통근통행량이 높아 평균 통근시간이 낮은 것으로 보여진다. 네트워크 중심지와와의 상호작용 변수의 평균은 약 7.9%로 나타났으며, 중심지로의 통근통행이 가장 높은 지역은 시흥시 정왕4동(41.5%)로 분석되었다. 서울시와의 상호작용변수의 평균은 8.0%로 나타났으며, 가장 높은 지역은 남양주시 퇴계원면(30.5%)으로 분석되었다.

〈표 5〉 기초통계량

구분		표본수	평균값	표준편차	최소값	최대값
종속변수	통근시간	702	35.4	7.1	9.0	59.3
네트워크 변수	네트워크 중심지와의 상호작용(%)	702	7.9	6.9	0.0	41.5
	네트워크 중심지와의 상호작용 제곱항(%)	702	1.1	2.0	0.0	17.3
	서울과의 상호작용(%)	702	8.0	6.3	0.0	30.5
	서울과의 상호작용 제곱항(%)	702	1.0	1.5	0.0	9.3
압축 도시 변수	종사자 밀도	702	3,200.8	4,018.2	0.4	26,047.0
	종사자 밀도 제곱항	702	26,400,000	68,000,000	0.1	678,000,000
	지하철역 수	702	0.4	0.8	0.0	4.0
	건축물 용도 혼합도	702	2.4	0.8	1.0	5.1
기타 변수	통근거리	702	10.5	3.1	1.0	26.1
	직주비율(%)	702	101.1	9.2	62.7	147.2
	최고공시지가	702	3,700,785	2,592,827.0	38,800.0	24,500,000

종사자 밀도는 평균  $\text{km}^2$  당 약 3,201명의 종사자가 있는 것으로 분석되었으며, 성남시 분당구 삼평동이  $\text{km}^2$  당 약 26,047명으로 종사자밀도가 가장 높고, 경기도 연천군 중면의 종사자 밀도가  $\text{km}^2$  당 약 0.4명으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 지하철역 수가 가장 많은 지역은 의정부시 신곡 2동, 인천시 검암경서동으로 분석되었으며, 건축물 용도 혼합도가 가장 높은 지역은 안성시 대덕면으로 분석되었다. 통근거리의 경우 서울을 제외한 수도권 평균 10.5 km로 분석되었으며 통근거리가 가장 짧은 지역은 연천군 중면으로 통근시간이 가장 짧은 지역과 동일한 것으로 분석되었다.

직주비의 경우 서울을 제외한 수도권은 평균 101.1%로 나타났으며, 직주비가 가장 높은 지역은 성남시 은행1동(147.2%), 가장 낮은 지역은 수원시 우만2동(62.7%)으로 분석되었다.

### 3) 통근시간 모형결과

통근시간 모형 분석결과, 네트워크 변수는 모두 유의하게 나타났다. 이를 자세히 살펴보면 네트워크 중심지와의 상호작용 변수는 유의한 양의 값, 네트워크 중심지와의 상호작용 변수의 이차항은 유의한 음의 값

이 나타났다. 이는 네트워크 중심지와의 상호작용이 증가할수록 통근시간이 증가하나, 2차항이 역U자형임을 고려할 때, 일정 수준의 상호작용이 형성된다면 통근시간이 감소되는 것으로 해석된다. 이러한 결과는 기존 중심지 외 네트워크 중심지와의 상호교류가 활성화 될 경우 네트워크 도시체계가 형성됨과 동시에 다중심 공간구조로의 변화가 발생하여 통근에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타난 선행연구와 동일한 결과이다 (Levine, 1992; Vander Laan, 1988; Schwanen et al., 2002, Curtis, 2005; Curtis, 2008). 이는, 서울로의 통근통행을 흡수함과 동시에 수도권의 통근문제를 해결할 수 있도록 수도권 외곽지역의 네트워크 중심지를 일정 규모 이상으로 성장시키는 중심지 육성정책의 필요성을 시사한다. 서울과의 상호작용 변수는 1차항의 경우 유의한 양의 값, 이차항의 경우 유의한 음의 값이 나타나, 서울과의 상호작용이 일정 수준이상일 경우 통근시간이 감소되는 것으로 분석되어, 네트워크 중심지와의 상호작용 변수와 동일한 결과가 나타났다. 한편, 네트워크 중심지와의 상호작용과 서울과의 상호작용 변수 제곱항을 비교하였을 때, 네트워크 중심지와의 상호작용이 약 22.3%일 때, 통근시간이 감소하며, 서울과의 상호작용이 약 19.7%일 때 통근시간이 감소되는 것

〈표 6〉 다중회귀분석 결과

변수명		모형 결과
네트워크 변수	네트워크 중심지와의 상호작용	46.1***(9.2)
	네트워크 중심지와의 상호작용 제곱항	-102.8***(28.6)
	서울과의 상호작용	112.8***(11.6)
	서울과의 상호작용 제곱항	-285.8***(45.8)
입축도시 변수	종사자 밀도	0.0001 (0.0001)
	종사자 밀도 제곱항	-0.00000001 (0.00000001)
	지하철역 수	-0.2 (0.3)
	건축물 용도 혼합도	0.4 (0.3)
도시특성 변수	통근거리	0.4***(0.1)
	직주비율	-0.3 (2.2)
	최고공시지가	0.0000001 (0.0000001)
상수항		-0.13 (0.52)
R-square		0.46

\*\*\*p<0.001, \*\*p<0.05, \*p<0.1

으로 나타났다. 이는 수도권 차원의 통근효율성을 증진시키기 위해서는 서울과의 상호작용을 증가시키는 것이 더 효율적임을 의미한다. 그러나, 수도권 광역도시계획에서 지향하는 자족권역 형성 및 서울로 향하는 장거리 통근으로 발생된 도시문제를 고려하였을 때, 모든 경기·인천지역을 대상으로 서울로의 상호작용을 증가시키기보다는 수도권 외곽지역은 경기·인천 네트워크 중심지로 향하는 통근을 유도하고, 서울과 인접한 수도권 지역은 서울로 향하는 통근을 유도하는 지역별 차별화 정책이 필요할 것으로 판단된다.

압축도시 변수 중 종사자 밀도의 경우 선행연구의 결과를 토대로 적절한 밀도가 통근에 효율적인 영향을 미칠 수 있음을 가정하여 1차항과 2차항을 모형에 포함하였으나, 분석결과 모든 변수가 유의하지 않는 것으로 나타났다. 또한, 지하철역 수와 건축물 용도 혼합도는 유의하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 도시의 밀도, 대중교통 접근성, 복합적 토지이용을 복합적으로 고려하지 않을 때, 압축요인은 긍정적인 효과가 나타나지 않을 수 있다는 선행연구의 결과(이재영·김형철, 2002; 양희진·최막중, 2011)와 동일한 결과이다. 이는 향후 연구에서 종사자 밀도와 대중교통 접근성, 토지이용을 복합적으로 고려한 변수를 사용한 분석이 필요함을 의미한다.

이외에도 통근거리변수는 유의한 양의 값으로 나타났다. 이는 통근거리가 증가할수록 통근에 소요되는 시간이 증가되는 것으로 해석된다. 이러한 결과는 수도권 외곽지역에서 서울로 향하는 통근을 흡수하여 통근거리를 감소시킬 수 있는 수도권 외곽지역의 중심지 육성의 필요성을 의미한다.

## 5. 결론

최근 국내 수도권에서 발생되고 있는 장거리 통근 현상은 도시민의 삶의 질과 더불어 환경 및 에너지 문제로 인해 도시계획 측면에서 중요한 이슈가 되어가고 있다. 이를 해결하기 위해 다수의 도시들은 지속가능한 도시 성장을 목적으로 하여 압축도시의 개념을 도

입하고 있다. 또한, 교통수단의 발전과 광역교통인프라가 구축됨에 따라 도시 간 상호작용이 증가하였고, 이에, 수도권 광역도시계획에서는 도시 간 상호 네트워크를 기반으로 자족권역 형성과 서울의존형 단핵공간구조를 개선을 지향하고 있다. 그러나, 수도권의 장거리 통근문제는 지속적으로 발생되고 있다. 이는 서울 의존적인 수도권의 특성에 기인된 것으로 보여지나, 기존문헌들의 경우 단일 도시를 대상으로 통근통행에 대한 연구만 이루어졌으며, 압축도시와 네트워크 도시이론을 종합적으로 고려하지 못하였다. 이에, 본 연구에서는 압축도시 지표와 네트워크 요소가 통근거리에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

분석결과, 네트워크 중심지와 서울과의 상호 네트워크가 강해질수록 통근에 효율적인 것으로 나타났으며, 서울과의 상호작용을 증가시키는 것이 통근에 더 효율적인 것으로 분석되었다. 이는 서울로 향하는 교통환경이 양호하여 나타난 결과로 해석된다. 압축도시 관련변수는 유의하지 않는 것으로 분석되었으며, 이러한 결과는 대중교통 접근성, 복합적토지이용과 압축밀도를 복합적으로 고려해야하는 것으로 해석된다.

본 연구에서는 분석 결과를 토대로 다음의 시사점을 제공할 수 있다. 첫째, 수도권 외곽지역인 경기·인천 지역에 서울로의 통근을 흡수할 수 있는 중심지 육성이 필요하다. 현재 수도권 정비계획과 신도시 개발로 수도권 인천·경기지역으로의 인구이동이 지속될 것으로 예상되며, 이는 수도권 외곽지역으로 통근 유발지점이 이동되는 것을 의미한다. 이러한 현상은 수도권 외곽지역에서 서울로 향하는 통근통행이 증가될 것이며, 현재 발생중인 장거리 통근통행 문제가 지속될 수 있음을 의미한다. 따라서, 네트워크 중심지로의 통근 비중이 일정규모 이상일때 통근시간이 감소되는 분석 결과를 고려하였을 때, 수도권 외곽지역의 네트워크 중심지를 육성하여 서울로 향하는 장거리 통근통행을 흡수함과 동시에 통근의 효율성을 증진하도록 수도권 교외지역의 중심지를 성장시킬수 있는 정책의 필요성을 시사한다.

둘째, 네트워크 중심지 분석결과 다수의 네트워크 중심지는 인천시, 경기 남부지역에서 도출되었으나,

경기 동북부지역에서는 도출되지 않았다. 이는 수도권 남북부지역의 불균형 문제와 더불어 경기 동북부지역에서 서울로 향하는 장거리 통근으로 발생하는 도시문제가 지속될 가능성을 의미한다. 이에, 경기 동북부지역을 대상으로 한 네트워크 중심지 육성정책과 더불어 최근 지정된 3기 신도시 왕숙지구를 활용한 지역정책의 필요성을 시사한다.

셋째, 본 연구에서의 압축도시요인은 대부분 유의하지 않는 것으로 나타났다. 이는 행동동 차원으로 압축도시 변수가 측정되고, 선행연구에서 제시된 바와 같이 압축도, 대중교통접근성, 토지이용을 종합적으로 고려하지 못하여 나타난 결과로 추정되며, 이를 개선하기 위해 향후 연구에서는 공간단위를 다차원적으로 설정함과 동시에 밀도, 대중교통접근성, 토지이용을 복합적으로 고려할 수 있는 변수 선정의 필요성을 의미한다.

마지막으로 본 연구에서의 공간단위를 행동동 단위로 설정하여, 인접지역 간 공간적 자기상관이 나타날 가능성이 존재하나, 이를 고려하지 않은 한계점이 존재한다. 따라서, 향후 연구에서는 공간경제계량모형 등 공간적 자기상관성을 고려할 수 있는 다양한 공간 분석이 진행될 필요가 있다.

### 참고문헌

- 권오혁. 2009. “네트워크도시의 이론적 검토와 동남권에서의 적용 가능성에 관한 연구”, 한국경제지리학회, 12(3), 277-290.
- 김승남·이경환·안건혁. 2009. “압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향”, 국토계획, 44(2), 231-246.
- 김태형·고준호. 2016. “대도시 토지이용 압축도 지표의 개발 및 적용”, 서울도시연구, 17(1), 1-21.
- 김홍주. 2008. “대도시광역권의 지역 간 네트워크 구조 변화: 대전, 광주, 대구, 부산·울산광역시를 중심으로”, 국토연구원, 59, 263-280.
- 김홍태. 2010. “도시공간구조 변화분석을 통한 대전시 다핵화 전략 연구”, 기본연구보고서, 대전.
- 김희철·안건혁. 2011. “압축도시 계획요소가 소득계층별 통근거리에 미치는 영향”, 한국도시계획학회지, 12(1), 55-70.
- 손정렬. 2011. “새로운 도시성장 모형으로서의 네트워크 도시”, 대한지리학회지, 46(2), 181-196.
- 신경숙·전명진·이창원. 2010. “서울 수도권과 북경 수도권의 교외화 특징 비교 분석”, 한국지역개발학회지, 22(2), 25-42.
- 양희진·최막중. 2011. “압축도시의 탄소증감 효과에 관한 건물·교통·녹지 통합 모형”, 국토계획, 46(3), 281-292.
- 윤병훈·남진. 2016. “서울시 시가화지역 유형별 적정개발밀도 산정”, 서울도시연구, 17(3), 45-60.
- 윤종진·우명제. 2017. “광역경제권의 기능적 상호의존과 고용성장-지역정책에 대한 함의”, 국토계획, 52(2), 117-136.
- 윤철현·황영우. 2012. “도시간 상호관계분석에 의한 한국 도시체계의 이해”, 도시행정학보, 25(2), 31-48.
- 이재영·김형철. 2002. “컴팩트 도시의 에너지 효율성 및 대중교통 접근성에 관한 연구”, 국토계획, 37(7), 231-244.
- 임은선·이종열·이희연. 2006. “도시성장관리를 위한 공간구조의 확산-압축패턴 측정”, 국토연구원, 51(4), 223-247.
- 전명진. 2008. “수도권 통근시간 변화요인 분석”, 지역연구, 24(3), 3-16.
- 전성해. 2008. “Support Vector Regression을 이용한 이상치 데이터분석”, 한국지능시스템학회 논문지, 18(6), 876-880.
- 조운애·최무현. 2013. “압축도시와 적정 개발밀도에 관한 실증연구”, 한국지방정부학회, 17(3), 47-66.
- 조운애. 2009. “압축도시와 교통에너지소비의 관계에 대한 실증연구”, 한국사회와 행정연구, 19(4), 113-132.
- 조운애. 2011. “에너지 절감을 위한 적정도시개발밀도”, 한국행정논집, 23(4), 1263-1281.
- 황철수·이원도. 2011. “서울시 도시공간구조의 압축성 측정”, 국토지리학회지, 45(1), 163-173.
- Aguilera, A. 2005. “Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille”. *Urban studies*, 42(9), 1537-1547.
- Batten, D.F. 1995. “Network cities: creative urban agglomerations for the 21st century”, *Urban Studies*, 32(2), 313-327.
- Boussauw, K., Neutens, T., Witlox, F. 2012. “Relationship

- between spatial proximity and travel-to-work distance: the effect of the compact city". *Regional studies*, 46(6), 687-706.
- Burger, M. and Meijers, E., 2012. "Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity", *Urban studies*, 49(5), 1127-1149.
- Burton, E. 2002. "Measuring urban compactness in UK towns and cities", *Environment and planning B: Planning and Design*, 29(2), 219-250.
- Curtis, C. 2008. "Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge", *Transport Policy*, 15(2), 104-112.
- Curtis, C. 2005. "Network City: Retrofitting the Perth Metropolitan Region to Facilitate Sustainable Travel", 『urban policy and research』, 1(24), 159-180.
- De Goei, B., Burger, M. J., Van Oort, F. G., & Kitson, M. 2010. "Functional polycentrism and urban network development in the Greater South East, United Kingdom: Evidence from commuting patterns, 1981-2001", *Regional Studies*, 44(9), 1149-1170.
- Ewing, Reid, Rolf Pendall, Don Chen. 2003. "Measuring sprawl and its transportation impacts.", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1831, 175-183.
- Ewing, Reid, Robert Cervero. 2010. "Travel and the built environment: a meta-analysis", *Journal of the American planning association*, 76(3), 265-294
- Frenken, K., Hoekman, J. 2006. "Convergence in an enlarged Europe: the role of network cities.", *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 97(3), 321-326.
- Levine, J. C. 1992, "Decentralization of jobs and emerging suburban commute", *Transportation Research Record*, 1364, 71-80.
- Levinson, D. M., Kumar, A. 1994. "The rational locator: why travel times have remained stable". *Journal of the american planning association*, 60(3), 319-332.
- Marull, J., Carme, F., Rafael, B. 2015. "Modelling urban networks at mega-regional scale: are increasingly complex urban systems sustainable?", *Land use policy*, 43, 15-27.
- McMillen, D. P., 2001. "Nonparametric employment subcenter identification", *Journal of Urban economics*, 50(3), 448-473.
- Milakis, D., Barbopoulos, N., Vlastos, T. 1970. "The optimum density for the sustainable city: the case of Athens". *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 84.
- Schwanen, T., Dieleman, F. M., & Dijst, M. 2002. "The impact of metropolitan structure on commute behavior in the Netherlands". Working Paper. Utrecht University.
- Stead, Dominic, Stephen Marshall. 2001. "The relationships between urban form and travel patterns. An international review and evaluation". *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 1.2.
- Van der Laan, L. 1998. "Changing urban systems: an empirical analysis at two spatial levels". *Regional studies*, 32(3), 235-247.
- Van Oort, F., Burger, M., Raspe, O. 2010. "On the economic foundation of the urban network paradigm: spatial integration, functional integration and economic complementarities within th Dutch Randstad.", *Urban Studies*, 47(4), 725-748.

계재신청 2021.03.04.

심사일자 2021.05.31.

계재확정 2021.06.07.

주저자: 신학철, 교신저자: 우명제