

QAP상관분석을 통한 대중교통 네트워크의 구조적 특성 규명

정석봉* · 윤협상**

Structural Characterization of Public Transportation Networks based on QAP Correlation

Seok-Bong Jeong* · Hyoup-Sang Yoon**

Abstract

Public transportation systems play key roles in supporting dynamic activities and interaction between urban places. Especially, high efficient public transportation systems are required in order to support large traffic demands in urban areas. In this paper, we define a new metric, structural activation level (SAL), to replace the conventional transportation share ratio (TSR) measuring efficiency of public transportation systems. First of all, we access the Korea Transport Database (KTDB) and download origin-destination data by transport types to construct traffic networks with respect to transport types for each city. Then, we calculate the QAP (Quadratic Assignment Procedure) correlation between each traffic network and the total traffic network for each city to investigate SAL by comparing cities one another. The results of our investigation reveal inconsistency between TSR and SAL. In Daegu, TSR of public transportation systems is relatively low while SAL is high. In Deajeon, however, SAL is low while TSR is high. Therefore, we suggest to take into consideration SAL as well as TSR in order to investigate the degree of activation of public transportation.

Keywords : Structural Activation Level, QAP Correlation, Public Transportation, Network Analysis

Received : 2019. 01. 29. Revised : 2019. 02. 26. Final Acceptance : 2019. 02. 27.

* Professor, Dept. of Railway, Kyungil University, e-mail : sbjung@kiu.ac.kr

** Corresponding Author, Professor, Dept. of IT Business, Daegu Catholic University, Hayang-Ro 13-13, Hayang-Eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, Rep. of Korea 38430, Tel : +82-53-850-3428, e-mail : hsyoon@cu.ac.kr

1. 서 론

현대사회에서 도시는 지속적으로 성장·발전하면서 사회·경제적으로 전문적인 역할을 수행하는 다양한 공간으로 세분화하고 있다. 교통시스템은 도시의 역동적인 활동을 가능하게 해주며, 도시 내의 공간과 공간을 연결해 주는 필수적인 역할을 하고 있다. 특히, 도시 내 공간 간의 막대한 통행을 무리 없이 처리하기 위해서는 효율성 높은 대중교통의 역할이 필수적이다.

이러한 대중교통은 개개인의 기점-종점간의 통행을 보장하는 개인교통수단과는 달리 중간 결점과 결점 사이에 정기적, 대량 수송방식을 통하여 저비용, 고효율 이동을 가능하게 한다(Woon, 2015; Guo and Zhu, 2018; Saberi et al., 2017).

대중교통의 활성화를 통해 교통정체, 공해, 교통사고 등 심각한 도시문제를 직·간접적으로 해결하여, 거주민의 삶의 질의 향상을 도모할 수 있다. 따라서 정부와 각 지자체는 대중교통의 육성 및 이용 활성화를 위한 각종 정책을 마련하고 실행하고 있다(국토교통부, 2017).

효율적인 대중교통 네트워크는 도시 내의 주요 업무지구(Central Business District) 및 배후지 간의 접근성을 향상시키고, 인구집중과 통행을 유발하는 원인으로 작용한다. 반면 대중교통의 비효율적 활용은 유기적인 도시 공간을 활용하지 못한 채, 중복적인 도시기능 및 계획들로 인해 새로운 도시문제를 일으키게 한다(Park et al., 2012). 따라서 대중교통의 효율성을 평가하기 위해서는 지역별 통행분포를 고려한 네트워크 차원에서의 분석이 요구된다.

한편, 국토교통부에서 5년마다 발표하는 「대중교통 기본계획」에 따르면, 대중교통 활성화의 정책 목표를 위해 ‘대중교통 수송분담률’을 주요 지표로 활용하고 있다(국토교통부, 2017). 대중교통 수송분담률은 분석 대상 지역의 총 통행량에서 대중교통 수단을 활용하는 통행량의 비율로, 직관적이고 명료하다는 장점이 있다. 그러나 통행분포에 차이가 존재하는 지역적 특성을 고려하지 않고, 분석 지역 전체를 집계하는 기존의 수송분담률은 앞서 언급한 것처럼 대중교통 네트워크의 효율적 활용을 평가하기에는 한계가 있다고 할 수 있다(Park et al., 2012).

본 연구에서는 기존의 수송분담률의 한계를 극복하여 대중교통 네트워크의 활성화 수준을 측정할 수 있는 구조적 활성화 개념을 제안하고자 한다. 대중교통

네트워크의 구조적 활성화 수준은 지역 간의 통행분포를 대중교통 네트워크가 얼마나 잘 지원하고 있는가를 평가하는 개념으로, 네트워크 전반에 걸친 통행분포가 대중교통을 이용한 통행분포와 얼마나 유사한지를 사회 네트워크 분석 기법인 QAP상관분석을 통해 측정한다 [Kwak 2014; Lee, 2013; Lu and Wu, 2009].

국내 주요 대도시의 대중교통 네트워크에 대해 수송분담률 및 구조적 활성화 수준을 평가함으로써, 도시 간의 대중교통 활성화에 대한 보다 구체적인 비교 분석결과를 제시하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 교통수단별 통행량 네트워크의 구조적 특성 분석 방법을 제안하고, 제 3장에서는 분석 결과를 통해 각 도시별/교통수단별 구조적 활성화 차이에 대해 규명하고자 한다. 마지막으로, 제 4장에서는 본 연구의 의의와 추후 연구에 대해 다루고자 한다.

2. 교통수단별 통행량 네트워크의 구조적 특성 분석 방법

2018년 9월 현재, 국가교통DB(2017)에서는 전국을 수도권과 지방 5대 권역으로 나누어 2016년 기준 교통존(traffic analysis zone, TAZ) 간의 일단위 통행량을 제공하고 있다(〈Table 1〉 참조). 국가교통DB에서 사용하는 존(zone) 체계는 행정구역 상읍·면·동에 해당한다.

〈Table 1〉 Capital and Five Provincial Areas

area	Administrative district (no. of city · gun · gu)	zone	
		count	total
Capital area	Seoul(25)	424	1,135
	Gyeonggi(42)	561	
	Incheon(10)	150	
Busan/Ulsan area	Busan(16)	110	423
	Ulsan(5)	52	
	Gyeongnam(8)	205	
	Kyungbuk(3)	56	
Daegu metropolitan area	Daegu(8)	139	306
	Gyeongnam(1)	14	
	Kyungbuk(11)	153	
Daejeon Chungcheong region	Daejeon(5)	19	453
	Sejong	14	
	Chungnam(16)	207	
	Chungbuk(14)	153	
Gwangju metropolitan area	Gwangju(5)	95	171
	Jeonnam(6)	76	
Jeju area	2 cities	43	43

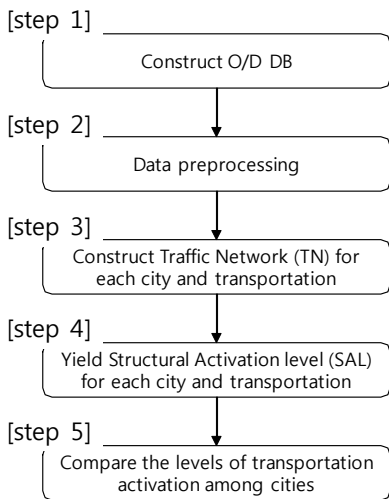
국가교통DB[2017]에서 제공하는 기종점 통행량은 최초출발지(기점, Origin) 존과 최종도착지(종점, Destination) 존 간의 통행량을 의미하며 'O/D'라고 지칭한다. O/D데이터는 주수단 O/D와 목적 O/D로 구분되며, 주수단 O/D란 기종점 통행량을 주 교통수단별로 구분하는 반면(〈Table 2〉 참조), 목적O/D는 통행의 목적별로 통행량을 구분하고 있다.

〈Table 2〉 Transport Types

area	main type
Capital area (9 means)	「walk/bike」, 「cargo/others」, 「other buses (suburbs, highways, other buses)」, 「railway/KTX」, 「car」, 「taxi」, 「bus」, 「subway」, 「bus+subway」
Five provincial areas(6 means)	「walk/bike」, 「car」, 「bus」, 「railway/subway」, 「taxi」, 「others」

그동안 O/D데이터를 기반으로 이론적 측면, 계량적 모형, 네트워크 모형 등의 많은 연구가 진행되어 왔으며, 특히 Park[2012]은 가구통행조사를 바탕으로 한 서울시 교통 네트워크 분석 연구에서 그동안의 연구들을 체계적으로 정리하고 있다.

본 연구에서는 전국 주요도시의 교통수단별 통행 흐름의 특성을 파악하고, 특히 도시별 대중교통의 활성화 정도를 확인하기 위하여 국가교통DB[2017]에서 제공하는 주수단 O/D를 대상으로 〈Figure 1〉과 같은 절차에 따라 분석을 수행하였다.



〈Figure 1〉 Analysis Framework for SAL

먼저 국가교통DB[2017]에서 수도권과 5대 권역별 주수단 O/D데이터를 수집하여, 분석을 위한 주수단 O/D DB를 구축하였다.

다음 단계로 구축된 주수단 O/D DB에서 본 연구의 분석 목적에 맞게 다음과 같이 데이터 전처리를 수행하였다.

- 교통수단에 초점을 맞추기 때문에, 「도보/자전거」를 이용한 통행량은 분석대상에서 제외하였다.
- 대중교통수단을 이용한 통행 네트워크의 구조적 특성을 분석하기 위함으로, 「버스」, 「철도/지하철」 등의 대중교통수단을 모두 보유하고 있는 주요 대도시만을 대상으로 한다. 즉, 〈Table 1〉의 권역 중, 서울, 부산, 대구, 대전, 광주 등 5개 도시의 총 62개 시군구, 787개의 존을 대상으로 한다.
- 배포되는 자료에서는 수도권과 지방 권역의 교통수단이 일부 상이하므로, 동일한 기준으로 재분류하였다. 이를 위하여 수도권의 「기타버스」와 「버스」, 「일반철도/KTX」와 「지하철」을 각각 「버스」와 「철도/지하철」로 통합하고, 분리가 불가능한 「버스+지하철」은 제외하였다. 「버스+지하철」의 통행량은 전체의 4.9%에 지나지 않아 제외해도 결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.
- 본 연구는 각 도시의 지역(zone)간 교통 흐름에 초점을 맞추기 때문에, 존 내부의 통행 관련 데이터는 제외하였다.

단계 3에서는 각 도시별로 존 간의 통행량을 기반으로 교통수단별 통행량 네트워크(traffic network, TN)를 구성한다. 교통수단은 〈Table 2〉의 6개 주수단 중 「도보/자전거」를 제외한 5개 수단과 이 중 「버스」와 「철도/지하철」의 통행량을 합산한 「대중교통」 수단으로 구성된다. 그리고 각 교통수단별 TN의 활성화 정도를 비교·평가하기 위한 목적으로 「총 통행량」 네트워크를 추가로 구성하였다.

〈Table 3〉은 단계 3에서 구축되는 각 교통수단별 TN의 종류를 나타내고 있다. 예를 들면 서울시의 버스 통행량을 기반으로 구성된 TN은 「Seoul-bus_TN」으로 표기한다.

각 도시별/교통수단별 TN은 출발지(origin zone)와 목적지(destination zone)에 해당하는 노드(node)들과 노드 간의 일 단위 통행량을 가중치로 하는 링크(link)로 구성된다.

<Table 3> Traffic Network for Each Transportation

city	transportation	traffic network
Seoul, Busan, Daegu, Daejeon, Gwangju	car(①)	car_TN
	bus(②)	bus_TN
	railway/subway(③)	rail_TN
	taxi(④)	taxi_TN
	others(⑤)	etc_TN
	public transportation (②+③)	public_TN
	total traffic (①+②+③+④+⑤)	total_TN

단계 4에서는 5개 도시별로 이전 단계에서 구축된 교통수단별 TN과 총 통행량 기반 TN(total_TN)과의 QAP상관분석을 통해 존 간의 총 통행량과 교통수단별 통행량 사이의 유사도를 측정한다.

일반적으로 대중교통수단의 활성화 정도를 언급할 때 해당 교통수단의 통행량이 총 통행량에서 차지하는 비율인 수송분담률(transportation share ratio, TSR)이 주로 이용된다(국토교통부, 2017; Kim and Jun, 2012; Kim and Jung, 2006). 그러나 특정 대중교통수단이 통행량이 많은 일부 지역에만 집중되어 구축되어 있는 경우 이러한 수송분담률은 상대적으로 높게 나타날 수 있다. 이 경우 해당 교통수단이 지역 간의 교통 흐름을 잘 반영하여 구축되어 있다고 판단하기는 어렵다.

본 연구에서는 이러한 수송분담률의 한계를 극복하고 대중교통의 활성화 정도를 구조적으로 파악하기 위하여 도시별로 지역 간 총 통행흐름과 교통수단별 통행흐름 간의 유사도를 QAP상관분석을 통해 측정한다.

QAP상관분석은 두 네트워크 간의 관련성을 검증하는 대표적인 기법으로 동일한 노드들로 구성된 두 네트워크에서 노드들 간의 관계가 두 네트워크에 걸쳐 서로 관련성이 있는지를 검증하는 방법이다(Kwak, 2014; Lee, 2013; Lu and Wu, 2009; Jeong, et al., 2015; Song et al., 2014). 이는 Pearson 상관분석을 네트워크를 대상으로 확대 적용한 것으로, QAP상관분석을 통해 교통수단별 TN이 total_TN과 연결관계 측면에서 얼마나 유사한지를 파악할 수 있다.

한 가지 유의할 점은 특정 교통수단 TN이 total_TN과의 QAP상관계수 값이 크다고 해서 해당 교통수단이 전체 통행량의 많은 부분을 담당한다는 의미는

아니라는 점이다. 이보다는 존 간의 총 통행량 분포와 해당 교통수단의 통행량 분포가 높은 유사성을 갖는다고 할 수 있다.

한편, 대중교통의 활성화 정도를 평가할 때는 단순히 대중교통수단의 수송분담률뿐만 아니라 해당 수단이 구조적으로 존 간의 총 통행량 분포를 잘 반영하고 있는지를 함께 고려하여야 할 것이다.

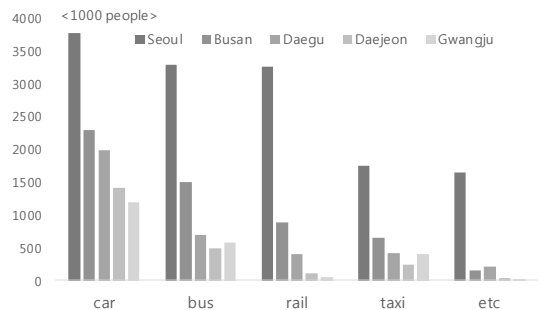
본 연구에서는 특정 교통수단의 수송분담률을 양적 활성화, total_TN과의 유사도를 구조적 활성화로 정의한다. 즉, QAP상관분석을 통해 각 교통수단별 TN의 구조적 특성을 확인하고, 이 QAP상관계수 값을 해당 교통수단의 구조적 활성화 수준을 측정하는 척도로 사용한다.

단계 5에서는 단계 4에서 도출된 각 도시별 교통수단별 구조적 활성화 수준을 서로 비교함으로써, 각 도시별 대중교통의 활성화 정도를 살펴보고자 한다.

3. 분석 결과

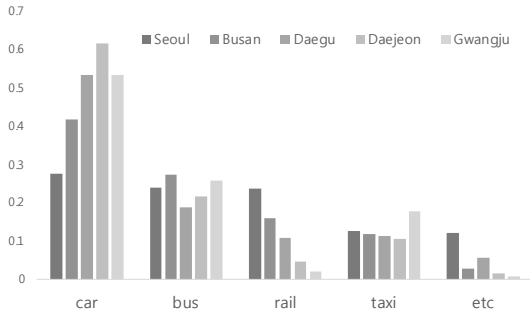
먼저 각 도시의 교통수단별 통행량 및 수송분담률을 살펴보면 <Figure 2> 및 <Figure 3>과 같다.

<Figure 2>에서 보듯이 교통수단별 통행량은 도시의 인구 규모에 비례하여 서울, 부산, 대구, 대전, 광주 순으로 나타나고 있으며, 서울이 타 도시에 비해 월등함을 알 수 있다. 다만, 「버스」와 「택시」를 이용한 통행량은 광주가 대전보다 많음을 알 수 있다.



<Figure 2> Traffic for Each City and Transportation

<Figure 3>은 각 교통수단의 양적 활성화 수준을 나타내는 수송분담률을 보여주고 있다. 「승용차」의 경우 서울의 분담 비중이 가장 낮고, 대전의 분담 비중이 가장 높음을 확인할 수 있다. 반면, 「버스」의 경우 부산, 광주에서 그 분담 비중이 높고, 대구에서 가장 낮게 나타났다.

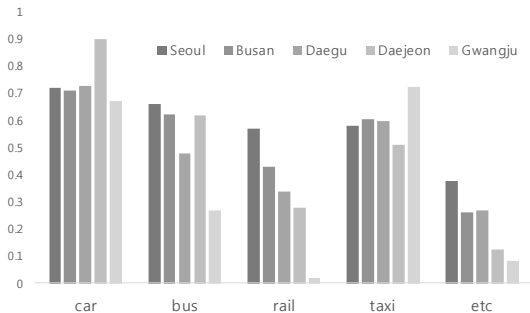


〈Figure 3〉 TSR for Each City and Transportation

「철도/지하철」의 경우, 도시의 규모에 따라 순서가 결정되는데, 이는 도시의 지하철 노선 및 역사의 개수에 비례하여 수송분담 비중이 나타나고 있다는 것을 알 수 있다.

한편 서울의 경우 「승용차」와 「버스」, 「철도/지하철」 등의 대중교통의 수송분담률이 유사한 반면, 지방 4대 도시는 승용차에 대한 의존도가 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있다.

〈Figure 4〉에서는 각 도시별로 교통수단별 TN과 total_TN과의 QAP상관분석 결과, 즉 교통수단별 구조적 활성화 수준을 보여주고 있다.



〈Figure 4〉 QAP Correlation for Each City and Transportation

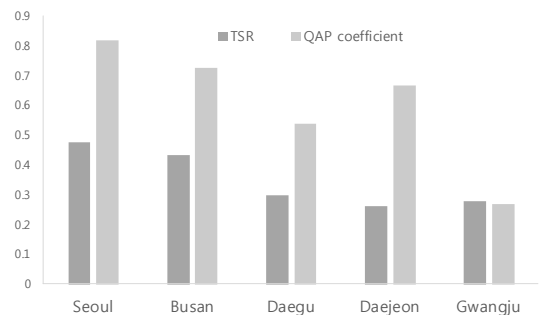
서울과 부산, 대전의 경우는 「승용차」, 「버스」, 「택시」, 「철도/지하철」 순으로 구조적 활성화 수준이 높게 나타났으며, 대구와 광주 는 「승용차」, 「택시」, 「버스」, 「철도/지하철」 순으로 나타났다. 서울의 경우 대중교통의 수송분담률은 「버스」(0.240)와 「철도/지하철」(0.238)이 유사한 반면, 구조적 활성화 수준은 「버스」(0.661)가 「철도/지하철」(0.570)보다 높게 나타나 네트워크 전반에 걸쳐 「버스」에 대한 높은 의존도를 확인할 수 있다.

교통수단별로 살펴보면, 「승용차」의 경우 다른 교통수단에 비해 구조적 활성화 수준이 높은 것을 알 수 있다. 이는 존 간의 총 통행흐름과 「승용차」의 교통흐름 패턴이 유사함을 의미하며, 다시 말해 구성원들의 통행 패턴을 「승용차」 네트워크(car_TN)가 가장 잘 반영하고 있음을 의미한다고 하겠다.

한편, 「승용차」의 구조적 활성화 정도는 대전이 유독 높으며(0.899), 다른 도시의 경우 대등소이함을 알 수 있다. 이는 대전의 경우 「승용차」에 대한 수송분담률(0.615)이 매우 높은 반면, 주요 대중교통수단인 「버스」의 수송분담률(0.216)이 낮아 네트워크 전반에 걸쳐 「승용차」에 대한 의존도가 높기 때문으로 판단된다.

「버스」의 경우, 구조적 활성화 수준은 서울(0.660), 부산(0.625), 대전(0.620)이 비슷하고, 대구(0.478)와 광주(0.268)는 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 특히 광주의 경우 〈Figure 3〉에서 보듯이 「버스」의 수송분담률(0.26)이 상대적으로 높은 데 반해, 타 도시에 비해 그 구조적 활성화 수준이 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이는 존 간의 총 통행 흐름과 「버스」를 통한 통행 흐름의 유사성이 떨어지는 것으로, 버스를 이용한 통행량이 특정 존 간에 집중되어 있으며 총 통행 흐름을 적절히 반영하고 있지는 못함을 의미한다고 하겠다.

「철도/지하철」의 경우 구조적 활성화의 수준은 서울(0.570), 부산(0.429), 대구(0.341), 대전(0.280), 광주(0.022) 순으로 나타나고 있으며, 이는 각 도시의 「철도/지하철」의 노선 및 역사의 개수나 수송분담률을 반영한 것으로 보인다. 그러나 광주의 경우 그 수준이 특히 낮는데, 이는 「철도/지하철」의 노선 설계가 구성원들의 교통흐름을 잘 반영하고 있지 못함을 의미한다.



〈Figure 5〉 Quantitative and Structural Activation Level for Public Transportation of Each City

(Figure 5)는 대중교통에 해당하는 「버스」와 「철도/지하철」의 통행량을 합산한 public_TN과 total_TN의 QAP상관계수 및 수송분담률을 함께 보여준다. 이를 통해 도시별 대중교통의 양적, 구조적 활성화 수준을 파악할 수 있다.

대중교통의 양적 활성화 수준인 수송분담률은 서울(0.477), 부산(0.711)은 상대적으로 높으며, 대구(0.297)와 광주(0.280)는 유사하고, 대전(0.263)은 가장 낮다. 반면, 구조적 활성화 수준은 서울(0.820), 부산(0.726), 대전(0.668), 대구(0.540), 광주(0.268) 순임을 알 수 있다. 이는 서울과 부산은 대중교통이 양적, 구조적 측면에서 상대적으로 잘 발달하여 있는 것을 의미한다.

한편 대구의 경우 대중교통의 수송분담률은 광주와 비슷하지만(0.297 : 0.280), 구조적 활성화 수준은 대구가 현저히 높다(0.540 : 0.268). 이는 대구가 광주보다 네트워크 전반에 걸쳐 대중교통이 활성화되어 있음을 의미한다고 하겠다. 또한, 광주의 경우 다른 도시에 비해 구조적 활성화 수준이 현저히 떨어져 대중교통수단의 활성화가 다른 도시와 비교해 특정 존 간에만 집중되어 있음을 알 수 있다. 따라서 광주는 존 간의 대중교통 노선 확충 및 이용 확대를 위해 더 많은 개선이 필요할 것으로 판단된다.

실제로 국토교통부가 제공하는 통계(국토교통부, 2016)에서도 이러한 결과를 추정해 볼 수 있는데, (Table 4)에서 보듯이 2016년 기준으로 광주의 평일 환승 통행률은 21.8%로 대구의 19.4%보다 높음을 알 수 있다. 또한 인당 평일 통행 거리는 광주의 경우 11.1km로 대구의 6.9km보다 길고 그 표준편차 역시 크다. 이러한 통계는 양적 활성화가 유사한 도시들이라도 구조적 활성화의 차이는 네트워크 수준에서 대중교통 활성화의 차이를 보여준다는 것을 의미한다고 하겠다.

(Table 4) Statistics for Two Cities

statistics	Daegu	Gwangju
transit ratio	19.4%	21.8%
travel distance (average)	6.9km	11.1km
travel distance (standard deviation)	10.8	11.1

4. 결 론

본 연구에서는 국가교통DB(2017)에서 제공하는 주수단 O/D데이터를 활용하여 도시별·교통수단별 통행량 네트워크를 구성하고, 이를 총 통행량 네트워크와 비교함으로써 각 교통수단들의 구조적인 특성을 확인하고 도시별로 비교하였다.

특히 대중교통의 활성화 수준을 설명하는 기존의 수송분담률의 한계를 극복하고, 네트워크 전반에 걸친 대중교통의 활용 수준을 살펴보기 위하여 구조적 활성화의 개념을 도입하였다.

분석 결과, 대중교통수단의 수송분담률이 상대적으로 높은 도시라도 구조적 활성화 수준이 낮은 도시가 있는 반면(예, 대구), 수송분담률은 낮더라도 대중교통이 구조적으로 활성화된 도시(예, 대전)도 있음을 확인하였다.

따라서, 대중교통의 활성화 정도를 살펴보기 위해서는 해당 교통수단의 수송분담률과 더불어 본 논문에서 제시한 구조적 활성화 수준을 함께 고려할 것을 제안한다.

한편 본 연구에서 활용한 데이터는 기종점 간의 통행량으로, 실제 대중교통의 노선 및 정치역(역사), 수송능력 등의 물리적 네트워크는 고려하지 않고 있다. 본 연구에서 제안한 구조적 활성화 수준은 기종점 간의 총 통행흐름과 대중교통을 이용한 통행흐름 사이의 유사성을 의미하는 것으로, 해당 수준이 높은 경우 도시 전반에 걸쳐 대중교통의 운영이 지역 간의 통행흐름을 잘 반영하고 있다고 추론할 수 있다. 추후 연구를 통해 O/D 네트워크와 물리적 네트워크의 명확한 상관관계는 규명하고자 한다.

References

- [1] Guo, D. and Zhu, X., "Origin-Destination Flow Data Smoothing and Mapping", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 20, No. 12, 2014, pp. 2043-2051.
- [2] Hong, S. P., Yi, C. H., and Lee, S. I., "Analyzing the Land-use Pattern of the Station Area of the Seoul Metropolitan

- Railway by Based on the Network Centrality”, *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 50, No. 4, 2015, pp. 209-226.
- [3] Jeong, S. B., Shin, Y. H., Koo, S. R., and Yoon, H. S., “A Market Segmentation Scheme Based on Customer Information and QAP Correlation between Product Networks”, *Journal of Information Technology Applications and Management*, Vol. 24, No. 4, 2015, pp. 97-106.
- [4] Kim, A. Y. and Jun, B. W., “Environmental Equity Analysis of the Accessibility to Public Transportation Services in Daegu City”, *Journal of Korean Geographical Society*, Vol. 15, No. 1, 2012, pp. 76-86.
- [5] Kim, M. K. and Jung, H. Y., “A Study on the Development of Integrated Management System for Improving Efficiency of Public Transit Operation-A Case of Busan Metro City”, *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 41, No. 7, 2006, pp. 163-175.
- [6] Korea Transport Database, “2017 National Transportation Demand Analysis Basic Data”, 2017, <https://www.ktdb.go.kr>.
- [7] Kwak, K. Y., *Social Network Analysis*, 1st edition, Chunglim, 2014.
- [8] Lee, S. S., *Network Analysis Methodology*, Nonhyoung, 2013.
- [9] Lu, T. C. and Wu, K. Y., “A transaction pattern analysis system based on neural network”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 2009, pp. 6091-6099.
- [10] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Third Public Transportation Basic Plan”, 2017.
- [11] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Public Transportation Investigation”, 2016.
- [12] Park, S. H., Lee, W. D., and Joh, C. H., “A Study for Seoul Traffic Network Based on the Metropolitan Household Travel Survey”, *The Geographical Journal of Korea*, Vol. 46, No. 2, 2012, pp. 189-200.
- [13] Saberi, M., Mahmassani, H. S., Brockmann, D., and Hosseini, D., “A complex network perspective for characterizing urban travel demand patterns : graph theoretical analysis of large-scale origin-destination demand networks”, *Transportation*, Vol. 44, No. 6, 2017, pp. 1383-1402.
- [14] Song, H. S., Joo, S. J., and Lee, J. H., “The Effect of Social Information on Recommendation Performance According to the Product Involvement Level”, *Journal of Information Technology Applications and Management*, Vol. 21, No. 4, 2014, pp. 361-379.
- [15] Woon, J. M., *Urban traffic theory*, 5th edition, Parkyoung, 2015.

■ 저자소개



Seok-Bong Jeong

Seok-Bong Jeong is currently a Professor of Railway department, Kyungil University. He received the B.S. degree in Industrial Management and the M.S. and Ph.D. degree in

Industrial Engineering from KAIST. He worked for SAMSUNG SDS and Ernst & Young as a IT consultant and participated in several IT Projects. His research interests are in the areas of Big Data Analysis, Business Intelligence, and Machine Learning.



Hyoup-Sang Yoon

Hyoup-Sang Yoon is received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in industrial engineering from KAIST in 1998, 2000, and 2007, respectively. He joined the department of IT

business in Daegu Catholic University in 2010. His research interests include IT system design, big data analysis, and deep learning for business data.