

다차원척도법(MDS)을 활용한 지하철 역세권과 TOD계획요소의 연관성에 따른 유형분류

The Classification according to the Correlation between TOD Planning Factors and the Seoul Metropolitan Subway Influential Area by Using MDS Analysis

김성은¹ · 원유호²

Seong-Eun Kim¹ and You-ho Won²

(Received March 18, 2013 / Revised April 29, 2013 / Accepted April 30, 2013)

요 약

최근 뉴어바니즘으로 기원된 압축복합도시개발, 대중교통지향개발(TOD)이 국내에서도 역시 트렌드로 자리잡고 있다. 이러한 새로운 도시개발의 패러다임은 기존의 자동차를 이용한 도시공간구조를 대중교통 중심으로 변화시키고 있다. 또한 녹색성장과 에너지절약 등의 친환경효과를 가지는 대중교통지향형 개발은 지속가능성으로 각광받고 있다. 이렇듯 국내 대표적인 대도시 서울도 역시 대중교통을 중심으로 역세권 개발이 활성화 되고 있으나, 이에 대한 영향요인에 대한 실증연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 대도시의 광범위한 접근성을 고려하여 역세권을 기존보다 광범위하게 1km로 설정하고 토지이용 연면적, 접근성, 복잡성, 도시설계요소 등의 세부지표를 요인분석을 통해 7개로 통합 및 유형화 하였다. 또한 다차원척도법을 이용하여 통합 유형화한 요인과 지하철 역세권의 연관성에 근거해 유형을 구분해본 결과 ①‘대중교통의 국지적 접근성’, ②‘주변개발 수준’, ‘보행친화형 환승시설’, ③‘대중교통의 광역적 접근성’, ④‘중심지 토지이용용도’, ‘역세권의 복합적 이용’, ‘대중교통의 상호보완’과 같은 구분으로 4가지 차원으로 201개의 지하철역이 각 요인과 연관성을 나타내며 구분되었다.

주제어 : 대중교통지향형 개발, 대중교통수요, 접근성, 요인분석, 다차원척도법

ABSTRACT

The City Complex Development and TOD originated from the Compact City are entrenched domestically. The New Urban Development such as these changes Structure of Urban space from the Automobile to the Public Transportation. Also, Transit-Oriented Development is drawing attention as sustainability because it has effects of Environment as Green growth. However, An empirical Study is insufficient about Influence Factors of Transit Oriented Development. Therefore This study sets up the Density spaced 1000m apart of Transit Oriented than the existing and did 7 Types considered of Accessibility, Complexity and Design Element according to the Factorial analysis. As a result, this study drew that ① ‘intraregional accessibility of public transit’, ② ‘degree of development’, ‘pedestrian-friendly facility’, ③ ‘interzonal accessibility of public transit’, ④ ‘land-use of the city centre’, ‘complex using of rail station area’, ‘complementary public transit’ are related 201 in number of the Subway stations according to the Multi-dimensional scaling

Key words: Transit-Oriented Development, Public Transportation Demand, Accessibility, Factorial Analysis, Multiple Dimensional Scaling

1. 서론

도시는 그 안에 여러 구성요소가 모여서 하나의 시스템으

로 운영되며, 구성 요소간의 조화를 이루며 정태적(靜態的)인 공간체가 아닌 시공간적으로 움직이는 동태적(動態的) 공간체로 유기체처럼 끊임없이 변화하는 모습을 보이게 된다(정

1) 한양대학교 도시대학원 석사(주저자: ican0813@naver.com)

2) 한양대학교 도시대학원 박사과정(교신저자: wonyouho@naver.com)

영환과 강인호, 2007; 황용주, 1983).

이러한 도시공간구조는 동태적인 시민의 활동에 의해 최적의 공간을 갖추도록 변화되고 있고, 도시공간이 변화하면 도시의 활동도 역시 변화할 수밖에 없는 것처럼 도시공간구조와 도시민의 활동은 상호적 관계를 가지고 있다.

계속적인 도시공간의 변화 속에 최근 새로운 개발패러다임인 대중교통중심의 압축복합도시개발이 세계적인 트렌드(Trend)로 자리잡고 있으며, 국내 기후변화대응 정책의 전환과 더불어 온실가스 감축에 대한 보다 강화된 제도가 마련되고 있는 시점에서 역할이 점차 확대되고 있는 실정이다(이재영 등, 2011).

이러한 새로운 도시패러다임의 변화는 상호적으로 작용하여 기존의 자동차 중심의 생활 패턴을 대중교통 중심으로 변화시키고 있으며 대중교통중심의 패러다임은 또다시 도시공간 구조를 변화 시키고 있다.

서울은 인구 1000만에 가까운 거대도시이면서, 서구의 대도시와 달리 개발밀도가 매우 높은 특징이 있다. 특히 서울의 지하철은 2011년 기준 293개로 9개의 도시철도 노선이 운행중에 있으며, 총 317km에 달하는 도시철도 연결망을 구축하고 있어(특히 반경 1000m 이내인 경우는 전체면적의 69%를 차지함) 지하철 세력권에 의한 기준으로 보아 서울은 철도중심의 도시라고 표현할 수 있을 것이다(성현곤 등, 2007).

이렇듯 서울은 대중교통 접근성의 향상으로 역세권이 점차 광범위 해지는 추세이기 때문에 이를 반영한 공간적 범위를 설정할 필요가 있다. 또한 이렇게 구축된 TOD 계획요소와 역세권의 연관관계가 있는지 살펴보는 한편, 이러한 특성을 이용하여 역세권 유형을 구분해볼 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 국내 대표적 대중교통 중심도시인 서울의 2차 역세권(약 1000m)을 범위로 대중교통지향형(TOD) 계획요소를 구축하고, 이러한 자료를 통합 유형화하고자 요인분석을 사용한다. 둘째, 역세권별 요인점수를 통해 역세권을 구분하는 한편, 통합 유형화요인과 연관성을 살펴보고자 다차원척도법(MDS)을 사용하고자 한다. 나아가, 이러한 지하철역과 유형화된 변수의 연관성을 기준으로 구분된 지역에 따라 지속가능한 대중교통지향형 도시개발을 유도하도록 구분된 지하철 역세권 유형에 따라 정책적 시사점 도출하는데 목적이 있다.

2. 관련 선행연구의 검토

2.1 선행연구의 검토

먼저 박동진 등(2007)의 연구에서는 수도권 지하철의 역세권을 대상으로 통근목적으로 지하철을 이용하는 통행자에 대하여 현재의 통행시간과 종사자의 분포, 토지이용 특성을 종합적으로 분석하였다. 분석결과, 수도권 지하철의 이용률을

제고하기 위하여 직장접근도가 높은 고밀개발을 진행하는 것이 필요하다고 제시하였다.

다음으로 오영택 등(2009)의 연구는 역세권 단위의 실증연구로 이용자변수(일일교통카드자료)와 공급변수(노선수, 정류장수, 환승여부 등)를 이용한 연관성에 관해 연구하였다. 이러한 연구의 분석의 결과로 대중교통을 공급하기 위한 기반시설이 대중교통 이용수요에 밀접한 연관성이 있음을 규명하였고, 역세권의 면적비율을 활용하여 토지이용 유형을 고려하였다.

또한 성현곤 등(2006)의 연구에서는 서울시 지하철역의 요일별, 시간대별 이용인구의 승하차에 대하여 요인분석(Factorial Analysis)을 하여 유형화하였고, 그 결과를 토대로 토지이용 현황과의 연관성을 파악하기 위하여 지하철역 반경 500m 이내의 평균지가와 토지유형별 총 연상면적, 주민등록상 총 거주인구와 총 종사자수를 기초로 다차원척도법을 활용하여 역세권을 유형화하였다.

성현곤 등(2007)에서는 Density(개발특성 : 연상면적, Open Space면적, 순개발밀도 등), Diversity(주거, 상업, 업무 등에 대한 토지이용 복합도(LUM)), Accessibility(접근성 : 버스, 철도, 도로 등)를 종합적으로 고려하여 역세권을 유형화하였다.

또한 역세권의 범위를 구분하여 밀도(Density) 토지이용 다양성(Diversity : Land-Use Mix(LUM)), 대중교통 및 녹지의 접근성(Accessibility) 등 물리적 환경을 각각 추출한 후에 요인분석을 통하여 역세권의 물리적 환경에 대한 유형적 특성을 해석하고자 하였다.

성현곤 등(2012)에서는 TOD 도시개발 시 고려되는 계획요소가 내부통행의 선택확률에 미치는 영향요인을 분석하기 위해 다수준 회귀 모형을 구축하고 분석하였다. 변수는 5D (Density, Diversity, Design, access Distance to rail transit, Destination accessibility)이며, 연구의 시사점으로 통행거리의 감소와 수단전환 사이의 명확한 목표를 세우고 정책을 수립할 필요가 있다고 하였다.

2.2 선행연구를 통한 TOD 계획요인 검토

다음은 앞서 고찰한 선행연구를 통해 도출된 대중교통지향형개발(TOD)에 관련된 영향요인 지표를 구분하여 본 연구의 지표로 고려하였다(박동진 등, 2007; 오영택 등, 2009; 성현곤 등, 2007; 성현곤 등, 2012).

먼저 ‘대중교통공급특성’을 살펴보면 기존의 대부분의 연구에서 대중교통 공급에 따른 접근성 향상이 큰 영향을 나타나고 있음을 보여준다. 하지만 역세권의 범위가 확대되면서 광역적 접근성이 중요시 되고 있으나 기존의 선행연구는 광역적 대중교통의 네트워크에 대한 변수의 고려가 미흡하다고 판단되었다.

‘토지이용특성’에 대해서 살펴보면 토지이용의 복합정도

가 높은 곳에서 지하철의 이용수요가 높게 나타나 대중교통 지향형 개발에 있어 복합적 토지이용이라는 측면은 이용자 수요를 증진시키는 중요한 계획요소임을 파악할 수 있다. 반면 기존의 상업 및 업무 등 단순한 토지이용 복합도는 이용 증대에 유의하지 않은 결과를 보여주고 있으므로 보다 다양한 용도를 통한 복합도를 고려하여야 할 필요가 있음을 나타낸다.

‘설계특성’을 살펴보면 교차로에 관한 지표가 양의 영향요인을 나타내는데 교차로가 많다는 것은 소규모 블록으로 형성된 격자형 도로망이 형성되어 있다는 것을 의미한다. 이렇듯 격자형 가로망 형태로 조밀하게 형성될 경우에는 자동차의 속도를 저감하면서 보행 등의 효과가 제고되지만, 그렇지 않은 경우는 승용차 의존도가 높은 통행패턴을 유발한다고 말할 수 있다.

반면 간선도로의 비율은 주간선도로와 보조간선도로가 전체 도로연장에서 차지하는 비중으로서, 높을수록 승용차의 이용편리성이 증대되면서 상대적으로 대중교통의 이용이 적어진다. 때문에 도시발전에 따른 간선도로의 확충으로 인한 대중교통이용수요의 감소를 상호 보완할 수 있도록 보행친화형 도시설계(pedestrian-friendly Design)를 고려하는 방안이 필요할 것으로 볼 수 있다(성현곤 등, 2007).

2.3 선행연구와의 차별성

선행연구의 고찰을 통해 시사점을 살펴보면 첫째, 역세권의 기준이 연구자에 따라 범위가 상이한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 역세권 이용자들이 버스, 택시 등을 이용하여 역에 접근할 수 있는 2차역세권¹⁾을 감안하여 간접영향권인 1km 까지 범위로 설정하여 실질적 대도시의 역세권 특성을 반영한 변수를 구축하였다.

둘째, 기존의 역세권을 대상으로 대중교통의 공급특성, 토지이용, 설계특성 등을 고려한 다양한 연구가 있었으나 광역적 대중교통을 고려한 변수는 미흡하다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 기존의 대중교통지향형개발(TOD) 계획요소와 더불어 광역적 가로망의 연결성을 고려하여 관련지표를 추가하기로 한다.

셋째, 설계특성을 통해 기존의 연구에서는 가로망(도로연장, 간선도로 등)과 교통의 결절점(교차로, 접근도로) 등에 관한 보행자와 자동차의 혼합적 교통에 관한 접근성 내용이 주를 이루고 있었다. 하지만 본 연구에서는 신 도시개발 패러다임의 이론인 보행친화적 도시설계(pedestrian-friendly Design) 요인이 고려될 필요가 있다고 판단되었다. 따라서 대중교통 환승시스템(Transit transfer System)에 대한 지표를 반영하여

1) 서울시 도시기본계획(1994)에서는 지하철역 출입구에서 500m 범위의 역세권을 1차 역세권으로 보고 있으며, 1km 범위의 역세권을 2차 역세권으로 설정하고 있다.

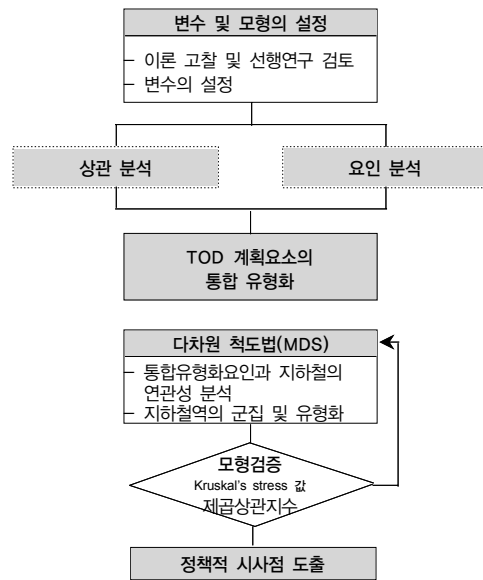
새로운 통합변수를 구축하였다.

마지막으로 본 연구는 기존의 영향요인의 실증분석에서 다중공선성으로 손실될 수 있는 변수의 정보손실을 최소화 하면서 다양한 요소를 고려한 포괄적인 대중교통지향형개발(TOD) 계획요소를 설명할 수 있도록 통합변수로 유형화 하여 서울시 지하철역과 연관성을 살펴보는 데 차별적 의의를 가진다.

3. 분석의 틀

3.1 분석의 흐름

본 연구의 분석의 흐름은 다음과 같다.



3.2 변수의 설정

본 연구에서의 자료의 출처는 서울메트로, 도시철도공사, 한국철도공사, 인천지하철 공사의 1~9호선, 중앙선, 경춘선 등의 서울시 293개의 지하철역 중 구득가능한 총 201개의 역으로 서울시의 25개의 행정구역에 포함되어 있는 지하철역을 대상으로 하였다.

크게 토지이용 용도별 건축연면적, 토지이용 복합도(LUM), 설계특성, 대중교통 특성과 평균지가, 개발면적, 환승 시설 등 총 6개 부문의 36개의 변수로 TOD계획요소를 구축하였다. 세부적인 변수의 개념 및 변수명은 표 1과 같다.

본 연구는 세부적인 자료 구득을 위해 연속지적도(2009), 과세대장(2009), 건축물대장(2009) 등을 GIS를 활용하여 수집 및 정리하였다. 우선 기존 선행연구의 설정 근거를 참고하여 용도별 건축연면적, 복합도를 250m구간별로 변수로 구축하였는데 토지이용 용도의 다양성을 고려하기 위해서 도시의 중심적 기능인 주거, 상업, 업무 등에 대한 구간별 토지이용

표 1. 본 연구의 TOD 계획요소의 정의

구분		변수의 정의	세부변수 명
토지이용	용도별 건축 연면적	역세권 250m구간별 상업, 공공, 업무, 여가용도 등 연면적(km ²)	토지이용 용도별 건축연면적 총합 (상업, 공공, 업무, 여가)
	용도별 복합도	$LUM = - \frac{\sum_{u=1}^n p_u \ln(p_u)}{\ln(n)}$ <p>p_u: 토지이용 u의 면적비율, n: 용도 개수</p>	주거+상업, 주거+상업+여가 복합도, 주거+업무+여가 복합도, 상업+업무+여가 복합도, 주거+상업+업무+여가 복합도, 주거+여가+상업+업무+공공+기타 복합도
설계특성		역세권 내 교차로 수	교차로 수
		도로면적(km ²)	도로면적
		도로연장길이(km)	도로연장
		역별 접근로 개수	접근로 수
환승 시설		역별 자전거 주차면수	자전거 주차면수
		역별 주차가능 면수	주차대수
대중교통 공급특성		역세권 내 버스정류장 수	버스정류장 수
		지하철역수(개)	지하철역수
		역세권 내 직행좌석버스 노선 수	직행좌석버스
		역세권 내 간선급행버스 노선 수	간선급행버스
		역세권 내 광역버스 노선 수	광역버스
	역세권 내 일반버스 노선 수	일반버스	
평균지가		역세권 내 평균지가	평균지가
도시화 면적		행정구역 별 도시화 부분면적	도시화 면적

의 총 연산면적을 구축하였다.

또한 토지이용의 6가지의 용도²⁾ 간 복합도(LUM)를 이용하여 다양한 용도별 복합에 따른 경우의 수를 변수로 고려하였다.

다음으로 이러한 기존요소뿐 아니라 새로이 대중교통이용 특성에 관한 지표로 광역적 대중교통과의 접근성에 대한 지표를 고려하도록 국지적, 광역적 유형의 버스노선 수를 변수로 구축하도록 하였으며, 역별 주차대수, 자전거 주차면수 등의 '보행친화적 환승시설'도 변수로 고려하였다.

마지막으로 도시 공간 구조에 미치는 영향요인으로서 간접영향권(1000m) 반경의 지가의 평균인 '평균지가'와, 역세권을 포함하고 있는 행정구역별 도시의 '도시화 면적'을 고려하여 본 연구의 변수로 활용하였다.

본 연구에서는 기존의 선행연구에서 음의 영향요인으로 나타나고 있는 지하철 도심접근시간, 평균배차간격 등은 통합변수로 하였을 때 해석이 용이하지 않기 때문에 제외하기로 한다. 또한 역세권 내 버스노선 수를 교통인프라 정도로 보아 접근성 지표로 대신하기로 한다.

4. TOD 계획요소의 통합 유형화 및 연관성 분석

4.1 TOD 계획요소의 통합 유형화

① 요인분석의 적합성 검증

본 연구는 지속가능한 대중교통중심 지향형 개발의 중요성을 분석하기 위해 서울시를 대상으로 어떠한 TOD계획요인이 지하철 역세권과 관련이 있는지 분석하였다.

이러한 진행에 앞서 선행연구를 통해 구축한 36개의 변수 간 다중공선성을 제거하기 위해 상관분석(Correlation Analysis)을 실시하였다. 그 결과 변수 상호 간 중복이 높게 나타나는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 요인분석을 통해 변수를 통합 유형화 하여 변수의 손실을 최소화 하고 포괄적인 설명을 할 수 있는 통합지표로 명명하기로 한다.

본 연구에서는 보다 정확한 요인분석을 위해서 전반적인 상관관계계수 간 유의성이 존재해야 하기 때문에 'KMO and Bartlett's Test³⁾'를 하였다. 그 결과 표 2처럼 표준형성 적절

2) 과세대장의 용도분류(39개)를 주거, 상업, 업무, 공공, 여가, 기타 등 6개로 분류하여 그 중 도시중심성 특성을 가지는 상업, 업무, 공공, 여가의 용도를 세분화하여 구축하였다(김성곤 등, 2007).

3) KMO and Bartlett's Test는 상관관계 행렬의 보조 표로서 상관관계 행렬 상의 상관관계 값들의 전반적 유의성을 나타내는 것으로 그 값이 0.5보다 크면 자료가 요인분석에 적합하다고 할 수 있다(차석빈 등, 2008).

표 2. KMO 바렛 테스트

Kaiser-Meyer-Olkin of Sampling Adequacy		.845
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	8253.913
	df	561
	sig	.000

성의 Kaiser-Meyer-Olkin 측도가 .845로 나타나 기준치 .50보다 높게 나타났으므로 자료가 요인분석에 적합함을 판별할 수 있었다. 또한 Bartlett's 구형성검정의 유의확률 역시 .000으로 나타나 전반적으로 변수들 간의 상관관계는 유의적이며 요인분석을 실시하기에 적합한 것으로 판단되었다.

표 3. 대중교통지향형개발(TOD) 계획요소의 요인분석

구분	성분						
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
500-750m업무	.915	-.219	-.037	-.045	.007	.016	-.077
250-500m업무	.889	-.261	.014	-.014	.006	.070	-.018
500-750m공공	.869	-.146	-.065	-.062	.079	-.053	-.100
750-1천m업무	.865	-.210	-.111	-.192	-.003	.009	-.106
250-500m공공	.849	-.151	.022	-.045	-.017	.024	.001
250m업무	.846	-.147	.185	.194	-.008	-.012	-.083
500-750m상업	.822	.068	-.220	-.170	.036	-.033	.088
750-1천m공공	.817	-.135	-.166	-.202	.051	-.055	-.130
250-500m상업	.812	.129	-.162	-.171	.027	.068	.172
750-1천m상업	.754	.041	-.309	-.232	-.007	-.093	.020
750-1000m여가	.701	-.224	-.072	-.160	.035	.016	-.022
250m상업	.698	.168	.151	.005	.041	.114	.171
250m공공	.680	-.039	.324	.225	.130	.037	.020
500-750m여가	.656	-.259	-.056	-.156	.079	.023	.049
250m여가	.624	-.149	.193	.146	.015	.145	.248
250-750m여가	.622	-.220	.031	-.188	-.023	.064	.173
교차로수	.090	.835	-.428	.155	-.011	-.145	.036
도로연장	.225	.829	-.414	.136	-.024	-.166	.070
접근로수	.069	.820	-.433	.156	-.008	-.139	.007
주거+쇼핑+여가 복합도	.211	.783	.408	-.203	-.019	.093	.014
주거+여가+업무 복합도	.232	.774	.451	-.248	.002	-.011	-.037
도로면적	.408	.748	-.390	.165	-.037	-.145	.067
주거+여가+상업+업무+공공+기타 복합도	-.238	.730	.412	-.170	-.047	-.067	-.078
주거+업무+여가 복합도	.440	.674	.431	-.171	-.008	.093	.012
주거+상업+업무+여가 복합도	.440	.591	.478	-.285	-.021	-.030	-.118
버스정류장수	.441	.151	-.501	.208	-.017	.057	.130
직행좌석버스	.511	-.047	.333	.646	-.036	-.174	.035
간선급행버스	.538	-.112	.287	.642	-.099	-.162	-.007
평균지가	-.139	.053	.014	.072	.903	.012	.011
도시화 면적	-.053	.228	-.062	.125	.843	.192	-.169
주차대수	.021	.240	-.204	.207	-.147	.730	-.215
자전거주차면수	.189	.281	-.130	.248	-.199	.630	-.282
일반버스	-.044	.146	.231	.396	.038	.223	.654
광역버스	.415	.030	.155	.492	-.031	-.302	-.502

② TOD 계획요소의 요인분석(Factor Analysis)

다음으로 본 연구에서는 직각회전방식인 베리맥스법(Varimax)⁴⁾을 사용하여 요인행렬 열(Column)의 분산합계를 최대화하여 단순화 하였다. 이에 대한 결과를 보면 고유값(Eigen Value)은 개별 요인의 상대적 중요도를 나타내는 것으로 1에 가깝게 수렴하는 것을 기준으로 하여 변수의 군집을 구분하였다. 그 결과 구축된 34개의 변수를 7개의 통합변수로 유형화하여 요인을 도출하였다. 요인에 대한 세부 지표와 설명력에 대한 자세한 사항은 표 3과 같다.

③ TOD 계획요소의 유형화

다음으로 요인분석결과를 중심으로 통합된 변수를 유형화하여 정리하여 살펴보면 표 4와 같다. 본 단계에서는 TOD 계획요소의 보다 포괄적인 변수해석을 위해 요인분석결과로 묶인 지표의 군집을 대표할 수 있는 통합 변수로 명명⁵⁾하기로 한다.

우선 ‘factor1’을 살펴보면 500-750m업무, 250-500m업무, 500-750m공공, 750-1천m업무, 250-500m공공, 250m업무, 500-750m상업, 750-1천m공공, 250-500m상업, 750-1천m상

업, 750-1000m여가, 250m상업, 250m공공, 500-750m여가, 250m여가, 250-750m여가 등으로 18개의 상업, 업무, 공공, 여가 등의 도시의 중심적 기능을 담당하는 토지이용 용도로 통합유형화 되었다. 본 연구에서는 이를 ‘중심지 토지이용용도’로 명명하기로 한다.

다음으로 ‘factor2’를 살펴보면 교차로수 도로연장, 도로면적, 접근로수, 주거+상업+업무 복합도, 주거+업무+여가 복합도, 주거+상업+여가 복합도 등이 통합유형화 되었다. 여기서 대표적으로 주를 이루는 변수가 다양한 토지이용부문의 용도 간 복합도에 대한 변수와 설계특성부문의 접근에 관한 변수로 본 연구에서는 이러한 요인을 대표하는 통합 변수를 ‘역세권의 복합적 이용’으로 명명하기로 한다.

또한 ‘factor3’에서는 버스정류장 수가 단독으로 0.5이상으로 나타나 통합유형화 되었다. 이 변수에 대한 기존의 해석으로 버스정류장 수는 배치나 수에 따라 대중교통의 이용수요를 변화시킬 수 있고 이용자의 도보 접근성을 제고하여 이용증진을 꾀하는 등 상호적 효과가 있다고 주장한다. 따라서 본 연구에서는 비록 본 연구에서의 유형화된 변수가 모든 것을 설명하지 못하지만 이용효과에 대한 기존의견을 반영하여 ‘대중교통의 상호보완’으로 명명하기로 한다.

다음으로 ‘factor4’는 직행좌석버스, 간선급행버스, 광역버스의 3가지 변수가 0.5이상의 상관을 나타내며 통합유형화 되었다. 이러한 변수에 대한 해석으로는 상대적으로 광역적 거리의 이용에 관한 대중교통의 특성을 나타내주는 변수로 본 연구에서는 ‘대중교통의 광역적 접근성’으로 명명하기로 한다.

다음으로 ‘factor5’는 평균지가와 도시화 면적이 통합되어 나타났는데 이는 개발면적이 증가하면 이에 따라 평균 지가 등 주택가격이 복합적 영향을 받아 상승하는 현상으로 미루어 판단할 수 있다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 이를 감안하여 ‘주변 개발수준’특성으로 명명하기로 한다.

또한 ‘factor6’으로 주차대수와 자전거 주차면수가 나타났는데 이는 기존의 연구에서는 미흡한 요인으로 밝혀졌던 변수였지만 본 연구에서 유의미한 변수로 통합유형화 되었다. 이러한 변수는 최근 대중교통의 환승시설과 연계된 친환경 교통수단의 수요특성을 반영하여 통합 유형화 된 것으로 판단되며, 이는 지역교통측면에서 보행이동을 활성화 할 수 있는 환승시설과 자전거교통체계가 향후에도 대도시 역세권 범위에 영향을 주는 요인으로 해석될 가능성이 크다는 것을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 ‘보행친화형 환승시설’로 명명하기로 한다.

마지막으로 ‘factor7’로 일반버스 노선 수가 나타났다. 이

표 4. 본 연구의 통합유형화 및 해석

Factor	통합 변수명	해석(Interpretation)
Factor1	중심지 토지이용용도	상업, 업무, 공공 등의 중심적 용도에 관한 특성
Factor2	역세권의 복합적 이용	용도의 복합도, 교통의 접근성에 관한 복합적 이용
Factor3	대중교통의 상호보완성	지하철을 대체할 수 있는 상호적 교통수단의 특성
Factor4	대중교통의 광역적 접근성	대중교통의 광역적 이용에 관한 접근성
Factor5	주변 개발수준	역 주변의 개발에 관한 정도
Factor6	보행친화형 환승시설	보행친화형 환승교통시설
Factor7	대중교통의 국지적 접근성	대중교통의 국지적 이용에 관한 접근성

4) 베리맥스(Varimax) 회전방식은 직각회전방식의 일종으로 요인들 간의 상관계수가 0이 되어, 각 요인들 간의 관계를 상호 독립적으로 간주할 때 사용되며, 각 변수들의 분산구조보다 각 요인의 특성을 알고자 하는 데 더 유용하다(노형진, 2008).
 5) 요인분석에서는 요인이 추출되고 각 요인들을 구성하는 변수들이 결정되면 요인내의 변수들이 갖고 있는 특성을 파악하여 요인의 이름을 지어야 한다. 요인을 구성하는 변수들 중에서 큰 요인적재량을 가진 변수가 중요하고 가장 많은 영향을 미치는 변수이므로 명명할 때 각 변수가 가지는 내용을 잘 반영하여 명명한다. 또한 요인의 이름은 프로그램에 의하여 산출되는 것이 아니라 요인에 잠재된 내용을 가장 잘 대표할 수 있는 것을 연구자가 보편적 지식에서 크게 벗어나지 않도록 정하는 것이 바람직하다(차석빈 등, 2008).

6) 한국교통연구원은 교통인프라의 확충 정도에 따라 통근시간의 차이가 나타나고, 이러한 이유 때문에 대중교통과 주택매매가격간에는 상관관계가 존재한다고 하였다(매일경제, 2012).

러한 요인은 대중교통에 있어 역세권의 국지적 이용에 관한 특성으로 해석할 수 있다. 일반버스는 국지적으로 가로망을 연결시켜주는 것으로서 국지적 버스노선을 철도와의 환승을 수월하게 하여 전체적 대중교통의 이용수요를 증가 시키는 데 큰 역할을 시키는 것으로 보인다(성현곤 등, 2007). 따라서 본 연구에서는 ‘대중교통의 국지적 접근성’으로 명명하기로 한다.

본 연구에서 요인분석을 통한 통합변수명은 포함된 모든 변수의 특성을 완벽하게 설명하는 것이 불가능하기 때문에 가장 대표적 성향을 포함하고 있는 복합적 의미로 판단하기로 한다. 또한 선행연구를 통해 통계적으로 유의미하게 도출되었던 지표를 참고하여 변수로 고려하였기 때문에 서울시 지하철과 지표와의 연관성을 설명하는 데 있어 유의미한 지표의 손실을 줄이는 데 의의가 있다고 하겠다.

4.2 TOD 계획요소와 지하철역의 연관성 분석

① 다차원척도의 분석방법론 검토

다음으로 통합 유형화된 각 변수의 특성과 서울시 지하철역의 연관성을 분석하기 위해서 다차원 척도법(MDS: Multiple Dimensional Scaling)을 사용하였다. 본 연구에서는 다차원척도법을 통하여 지하철역세권과 통합유형화 변수 간 연관관계를 기준으로 유형을 구분하여 지역적 특성에 따라 지속가능한 도시개발을 유도하도록 정책을 고려함에 목적이 있다.

다차원척도법(Multi-Dimensional Scaling, MDS)은 의사결정자가 느끼고 있는 다양한 측면의 지각도나 선호도를 좌표상의 그림으로 표현하여 평가항목에 대한 관계를 보다 쉽게 파악할 수 있도록 상대적 거리로 나타내는 의사결정기법이다.

즉, 각각의 분석대상이 가지고 있는 특성 값에 대하여 분석하려 하는 다차원의 평면에 따라, 유클리디안 거리 및 다차원평면에서의 좌표를 계산하고 위치시킨 후, 각 분석대상의 다차원평면상의 위치로 유사성 및 상이성을 분석하는 방법이다. 다만, 분석대상들의 공간상의 좌표는 회귀분석의 회귀계수의 추정에서와 같이 특정 공식에 의해 한 번에 계산되어지는 것이 아니라, 대상간의 거리를 최소화할 수 있는 좌표를 반복계산에 의해 결정하게 된다는 것에 가정을 가지고 있다 [14]. 따라서 본 연구와 마찬가지로 특정 유형화된 지표의 연관성 및 유사한 성격에 따라 군집하여 구분하는데 적절한 방법이라고 할 수 있겠다.

② 다차원척도의 적합도 검증

본 연구에서는 TOD 계획요소의 통합 유형화 요인점수를 중심으로 다차원척도법을 이용하여 ‘중심지 토지이용용도’, ‘역세권의 복합적 이용’, ‘대중교통의 상호보완’, ‘대중교통의 광역적 접근성’, ‘주변 개발수준’, ‘보행친화형 환승시설’, ‘대

중교통의 국지적 접근성’의 7가지의 통합 요인과 201개의 지하철역의 관계에 관한 연관성에 따라 각 차원으로 구분하였다.

그 결과 4가지 차원으로 구분되었는데 이러한 차원 수에 대한 적합도를 검증하기 위해 ‘Kruskal의 스트레스 값(Kruskal’s stress)’⁷⁾과 ‘제곱상관지수(squared correlation index)’⁸⁾를 사용하여 다차원 척도 모형의 적합도를 검증하였다. 그 결과 스트레스 지수는 0.043으로 ‘좋은 편’으로 나타났고, 제곱상관지수는 0.997로 양호한 것으로 나타나 다차원척도법을 통해 구분된 차원의 유의성은 적합한 것으로 판단되었다.

③ TOD계획요소와 서울시 지하철역의 연관성 분석

다음으로 세부적으로 4가지 영역을 살펴보면 우선, 제 1사분면으로 ‘대중교통의 국지적 접근성’ 통합 변수와 유사성이 나타난 53개의 역으로 구분되었다. 서울시 전체 25개 구 중에 18개 구의 분포를 나타내고 있으며 공릉, 노원, 마들, 석계 등의 노원구가 8개, 삼각지, 서울역, 이태원 등 용산구가 5개, 강남, 대치, 매봉, 청담 등의 강남구가 4개, 그 밖에 강동구, 종로구, 송파구가 3개로 나타나는 등으로 상위 순위를 나타내며 유사성을 보이고 있었다.

다음으로, 제 2사분면은 ‘주변 개발수준’, ‘보행친화형 환승시설’ 통합유형화 변수와 유사성이 나타난 35개의 역으로 구분되었다. 이는 서울시 전체 25개구 중에 17개 구의 분포를 나타내고 있으며 명동, 시청, 을지로3가 등의 중구가 5개, 녹사평, 이촌, 남영 등 용산구가 4개로 나타났다. 또한 안국, 종각, 종로3가 등의 종로구, 삼성, 대모산 등 강남구, 월드컵경기장, 홍대입구 등의 마포구, 독섬, 옥수 등의 성동구가 3개로 상위 순위를 나타내며 유사성을 나타냈다.

셋째, 제3사분면은 ‘대중교통의 광역적 접근성’통합 변수와 유사성이 나타난 41개의 역으로 구분되었다. 이는 전체 25개의 구 중 16개의 구의 분포를 나타내고 있으며, 논현, 도곡, 선릉, 역삼 등 강남구가 9개, 강변, 건대입구 등의 광진구, 석촌, 신천 등의 송파구가 4개, 독립문, 무악재 등의 서대문구, 청량리, 회기 등 동대문구가 3개 등으로 나타나 상위 순위를 나타내며 유사성을 나타냈다.

마지막으로 제4사분면으로 ‘중심지 토지이용용도’, ‘역세권의 복합적 이용’, ‘대중교통의 상호보완’과 서울시 전체 25개 구 중에 23개 구의 분포를 나타내며 가장 많은 총 72개의

7) Kruskal의 스트레스 값(Kruskal’s stress)은 다차원척도 모형의 적합도를 검증하는데 가장 일반적으로 사용되어지는 방법이다. 스트레스 값은 0.2이상이면 아주 나쁨, 0.2는 나쁨, 0.1은 보통, 0.05는 좋은편, 0.025는 아주 좋음, 0.00은 완벽함으로 구분된다(차석빈 등, 2008).

8) squared correlation index는 회귀분석의 R계급값과 비슷한 성격을 가지며 일반적으로 이 지수는 적어도 0.6 이상이 되어야 적절한 수준에 이르는 것으로 받아들여지고 있다(차석빈 등, 2008).

역과 유사성을 보이고 있었다. 세부적으로 살펴보면 왕십리, 행당, 신답 등의 성동구가 8개로 가장 많은 역 분포를 나타내었고, 다음으로 노량진, 이수 등의 동작구, 여의나루, 영등포구청, 여의도 등의 영등포구, 마포구청, 광흥창 등의 마포구가 6개로 나타났다. 또한 강남구청, 압구정 등의 강남구, 목동, 양평, 오목교 등의 양천구가 5개 등의 순으로 상위 순위를 나타냈다. 그 밖에 경복궁, 서대문, 혜화 등의 종로구가 4개를 나타냈고, 잠실, 종합운동장의 송파구 등이 본 특성을 중심으로 구분되고 있는 것으로 나타났다.

4.3 종합 분석

먼저, 제1사분면에서는 ‘대중교통의 국지적 접근성’과 연관성을 나타내고 있는데 이러한 53개의 역의 특성을 살펴보면 평균유동건수가 상대적으로 기타 역보다 높은 서울의 국지적 교통중심지로 강남, 청담, 서울역, 삼각지, 충무로, 신림 등의 역이 많이 분포하고 있다. 이 지역은 도시민의 주로 이용하는 대중교통의 중심지 특성을 나타내는데 출퇴근 시간과 같은 특정시간 및 지역에 교통이 과도하게 집중하게 되면서 이용객과 도시민의 불편이 초래하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 과도한 대중교통의 집중을 가지는 지역을 우선적으로 고려하여 새로운 노선 확충하는 등 대중교통 확대 정책에 대한 고려와 시간대별 교통집중분산정책 등 교통정책과도 병행하여야 할 지역으로 사료된다.

다음으로 제 2사분면으로 ‘주변 개발수준’, ‘보행친화형 환승 시설’의 특성과 유사성을 나타내고 있으며, 이러한 35개

의 역을 살펴보면 상대적으로 지가 등의 높아 역주변 개발의 추세에 민감하고 오픈스페이스(open space) 및 몰(Mall)과 연관성이 있는 보행중심지역으로 종로, 명동, 시청, 홍대입구, 월드컵경기장, 독섬유원지 등의 역을 포함하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 지역을 중심으로 내부교통을 억제하고 친환경기시설인 자전거주차시설 환승시스템 등을 고려하여 지속 가능한 대중교통지향형개발(TOD)을 하는 동시에, 보행친화형시설에 대한 정책적 고려를 해야 한다.

다음은 제 3사분면으로 ‘대중교통의 광역적 접근성’과 유사성을 보였다. 이러한 유사성을 나타내는 41개의 역을 세부적으로 살펴보면 업무중심의 역삼, 선릉, 논현, 신사 등 강남 지역이 다수 분포하고, 구로디지털단지, 송파, 신천, 용산, 건대입구 등의 역이 연관성을 나타내고 있다. 이 지역은 상대적으로 서울의 상업 및 업무중심지역으로 수도권인 고용 및 이용 수요까지도 흡인하고 있으며 향후 이러한 집중은 더욱 확산될 것으로 예상된다. 따라서 이러한 도시공간구조적 특성을 고려하여 중심 역 주변의 상대적 저개발지역을 고려하여 수요를 분산시킬 수 있도록 개발유도제도가 필요할 것으로 판단된다. 또한 수도권 인근 지역과 이어주는 광역적 교통노선을 더욱 확충되어야 할 것으로 판단된다.

마지막으로 제 4사분면은 ‘중심지 토지이용용도’, ‘역세권의 복합적 이용’, ‘대중교통의 상호보완’과 유사한 특성을 나타내는 72개의 역을 나타내고 있다. 이 군집은 영등포의 오피스지역이나, 강남구청, 강동구청, 마포구청 등의 공공업무가 주로 행해지는 지역에서 특성이 나타나는 것으로 보인다. 또

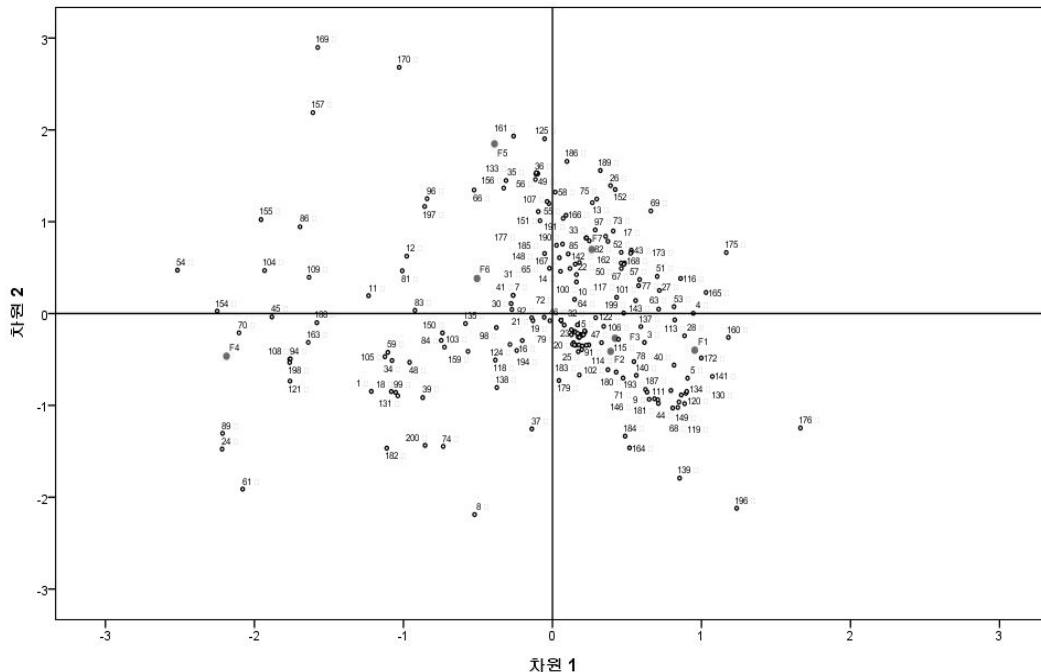


그림 1. 다차원척도법(MDS)에 따른 지하철역의 연관성 분포

표 5. TOD 계획요소와 서울시 지하철역의 연관성 사분면 구분

구분	TOD 계획요소	서울시 지하철역
1사분면	F7(대중교통의 국지적 접근성)	2(강남), 4(강동), 13(공릉), 14(광화문), 17(구로), 22(굽은다리), 26(낙성대), 27(남구로), 31(내방), 33(노원), 43(대치), 50(돌곶이), 51(동대문), 52(동대입구), 53(동묘앞), 57(마들), 58(마장), 63(매봉), 64(먹골), 67(명일), 69(몽촌토성), 73(미아삼거리), 75(발산), 77(방이), 82(봉천), 85(삼각지), 95(서울역), 97(석계), 100(성수), 101(성신여대입구), 116(신도림), 117(신림), 142(오금), 143(오류동), 152(월계), 162(이태원), 165(잠실나루), 166(장승배기), 167(장한평), 168(계기동), 171(종로5가), 173(중계), 175(중화), 177(창동), 181(청담), 183(충무로), 185(태릉입구), 186(하계), 189(한강진), 190(한남), 191(한성대입구), 199(화곡), 201(회현)
2사분면	F5(주변 개발수준), F6(보행친화형 환승시설)	7(개포동), 11(고속터미널), 12(공덕), 30(남영), 35(녹사평), 36(녹천), 41(대모산입구), 49(독바위), 54(동작), 55(독섬), 56(독섬유원지), 65(면목), 66(명동), 81(보라매), 83(불광), 86(삼성), 96(서초), 104(수락산), 107(속대입구), 109(시청), 125(신풍), 128(안국), 133(양천구청), 145(옥수), 148(용답), 151(우장산), 153(월곡), 154(월드컵경기장), 155(을지로3가), 156(을지로4가), 157(을지로입구), 161(이촌), 169(종각), 170(종로3가), 197(홍대입구)
3사분면	F4(대중교통의 광역적 접근성)	1(가락시장), 6(강변), 8(건대입구), 16(교대), 18(구로디지털단지), 19(구룡), 21(군자), 24(김포공항), 34(녹번), 37(논현), 39(당산), 45(도곡), 48(독립문), 59(마포), 61(망우), 70(무악재), 72(미아), 74(반포), 84(사당), 89(상봉), 92(상월곡), 94(서빙고), 98(석촌), 99(선릉), 103(송파), 105(수서), 108(승실대입구), 118(신사), 121(신이문), 124(신천), 131(애오개), 135(어린이대공원), 138(역삼), 150(용산), 159(이대), 163(일원), 182(청량리), 188(학여울), 194(합정), 198(홍제), 200(회기)
4사분면	F1(중심지 토지용도), F2(역세권의 복합적 이용), F3(대중교통의 상호보완)	3(강남구청), 5(강동구청), 9(경복궁), 10(고려대), 15(광화창), 20(구의), 23(길음), 25(까치산), 28(남부터미널), 29(남성), 32(노량진), 38(답십리), 40(대림), 42(대청), 44(대흥), 46(도림천), 47(도봉), 60(마포구청), 62(망원), 68(목동), 71(문래), 76(방배), 78(방학), 79(방화), 80(버티고개), 87(상계), 88(상도), 90(상수), 91(상왕십리), 93(서대문), 102(송정), 106(수유), 110(신금호), 111(신길), 112(신답), 113(신당), 114(신대방), 115(신대방삼거리), 119(신설동), 120(신용산), 122(신정), 123(신정네거리), 126(쌍문), 127(아현), 129(안암), 130(압구정), 132(약수), 134(양평), 136(여의나루), 137(여의도), 139(역촌), 140(영등포구청), 141(영등포시장), 144(오목교), 146(왕십리), 147(외대앞), 149(용마산), 158(응봉), 160(이수충신대입구), 164(잠실), 172(종합운동장), 174(중곡), 176(중산), 178(창신), 179(천호), 180(청구), 184(충정로), 187(학동), 192(한양대), 193(한티), 195(행당), 196(혜화)

한 남부터미널, 왕십리 등 주요교통시설이나 교통중심축이 같은 군집으로 구분되면서 지역교통의 중심지적 특성과 연관성이 있다. 따라서 향후 다양한 업무와 복합적 특성이 더욱 중시 될 것으로 예상되며 해당지역의 랜드마크 성격을 가지고 있는 주요 교통시설 및 공공청사 등과 연계할 수 있는 복합개발을 유도하여 대중교통지향형 압축복합개발로 도시개발을 유도하여야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

새로운 도시개발의 패러다임은 기존의 도시공간구조를 대중교통 중심으로 변화시키고 있다. 또한 대중교통지향형 개발은 지속가능성 측면에서 그 중요성이 가중되고 있다. 하지만 선행연구에서는 새로운 패러다임을 포괄적으로 설명할 수 있는 영향요인에 대한 연구가 미흡한 실정이었다. 따라서 본 연구는 대도시의 광범위한 역세권 특성을 고려하여 역세권을 2차 생활권인 1000m로 설정하고 다양한 TOD 계획요소를 고려하여 요인분석을 통해 7개로 통합 유형화 하였다. 또한 다차원척도법(MDS)을 이용하여 통합 유형화된 요인과 201개의 지하철역의 연관성을 분석하여 지역을 군집해 보았다.

본 연구 결과는 ‘국지적, 광역적 대중교통의 접근성’과 ‘보

행친화형 환승시설’과 같은 대중교통지향형 개발이론을 반영한 포괄적 지표를 고려하여 통합변수를 유형화 했다는 것에 의의가 있다고 하겠다. 하지만 본 연구에서의 세부변수는 통합 유형화된 통합변수는 모든 것을 설명하는 지표로 해석할 수 없다. 이를 해결하기 위해서는 유의미한 변수 위주로 분석을 하여 보다 정확한 정책적 해석이 필요하겠으나 다양한 변수를 모두 분석하기에는 변수 간 중복이 발생한다. 따라서 통합 변수로 해석하는 것을 본 연구의 한계로 남겨둘 수 밖에 없었다. 또한 역세권을 1km로 설정함에 있어 일부 인접한 역세권과 중첩되어 변수가 중복되게 되는 한계가 존재한다. 때문에 요인분석으로 변수를 통합하여 유사한 특성을 기준으로 변수를 통합하도록 보완 하였으며, 명확한 영향력의 도출 보다는 연관성에 중심을 두고자 한다. 마지막으로, 역세권의 유형을 4분면으로 명확히 나눌 수는 없으나 통합 유형화 변수와 보다 연관이 큰 역세권이 어떠한 것인지 분석하고 이에 따라 유형을 구분하는데 목적이 있다. 때문에 연구의 방법론적 한계를 남겨 두고자 한다. 향후 더욱 포괄적으로 설명가능한 변수를 구축하기 위한 연구가 필요할 것으로 판단되며, 추가적으로 버스와 같은 대중교통자료의 분석으로 종합적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 노형진(2008), 「SPSS에 의한 다변량 분석 기초에서 응용까지」, 한울출판사.
2. 매일경제(2012. 04. 04), “대한민국 출근보고서①”, 매일경제신문.
3. 박동진, 김재준, 이승일(2007), “서울시 대중교통중심의 개발을 위한 역세권 개발밀도와 이용자수의 관계분석에 관한 연구”, 「대한국토도시계획학회 추계학술발표논문집」, 299~306.
4. 성현근, 노정현, 김태현, 박지형(2006), “고밀도시에서의 토지이용이 통행패턴에 미치는 영향 : 서울시 역세권을 중심으로”, 「국토계획」, 41(4): 59~75.
5. 성현근, 박지형, 김동준(2007), 「대중교통지향형 도시개발의 효과분석 및 유도기법 적용방안」, 한국교통연구원.
6. 성현근, 황보희, 박지형(2012), “다수준 회귀모형을 활용한 TOD 계획요소의 통행행태 변화 실증분석”, 「국토계획」, 47(3): 265~278.
7. 오영택, 김태호, 박제진, 노정현(2009), “토지이용유형별 서울시 역세권 대중교통 이용수요 영향인자 실증분석”, 「대한토목학회지논문」, 29(4): 467~472.
8. 이재영, 정우성, 황인환, 김용기(2011), “철도건설의 온실가스 배출량 산정평가”, 「철도저널」, 14(3): 271~275.
9. 정영환, 강인호(2007). “대규모 택지개발에 의한 도시확장이 도시 공간구조변화에 미치는 영향분석: 대전광역시를 대상으로”, 「한국주거학회 논문집」, 17(5): 137~146.
10. 차석빈, 김홍범, 오홍철, 윤지환, 김우곤(2008), 「사례를 통해 본 다변량 분석의 이해」, 백산출판사.
11. 황용주(1983), 「도시계획원론」, 대한국토도시계획학회, 대한국토도시계획학회지.