

역세권 기반 도시철도의 역별 수요추정

Estimating Urban Railway Demand Based on Catchment Area

이은아 한국철도기술연구원 연구원(제1저자)
Lee Euna Research Fellow, Korea Railroad Research Institute
(Primary Author)
(hoilaugh@naver.com)

손의영 서울시립대학교 교통공학과 교수(교신저자)
Shon Euiyoung Prof., Dept. of Transportation Engineering,
Univ. of Seoul(Corresponding Author)
(eyshon@uos.ac.kr)

김설주 서울시립대학교 교통공학과 박사과정
Kim Seoljoo Ph.D. Candidate, Dept. of Transportation Engineering,
Univ. of Seoul
(seoljooKim@gmail.com)

황보연 서울시립대학교 교통공학과 박사과정
Hwang Boyoun Ph.D. Candidate, Dept. of Transportation Engineering,
Univ. of Seoul
(by2hwang@seoul.go.kr)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법

II. 기존 문헌 고찰

1. 역세권 기반 도시철도 수요추정 관련 연구
2. 역세권 범위 설정 및 유형화 분류 연구

III. 역세권 범위 추정모형 개발

1. 역세권의 공간적 범위 설정
2. 역세권 범위의 영향요인 선정
3. 역세권 범위 추정모형

IV. 역세권 기반 역별 도시철도 수요추정

1. 개요
2. 사례지역 선정 및 도보접근 역세권 범위 설정
3. 사례지역의 역세권 기반 존 세분화 및 세분 O/D 구축
4. 사례지역 행정동 및 역세권 기반 수요추정 결과 비교분석

V. 결론 및 향후 연구과제

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1980년대 이후부터 지속적으로 증가하고 있는 자동차 보유대수로 인해 교통혼잡 등의 문제가 대두되기 시작하였고, 교통혼잡비용은 전년대비 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 이에 버스 및 도시철도 등 대중교통의 중요성이 대두되고 있으며, 그중에서도 도시철도의 신속함 및 정확성, 대량수송의 가능성 등에 기반하여 1974년 서울시 지하철 1호선 개통을 시작으로 각 도시에서 도시철도 건설이 진행 중이다. 그러나 도시철도 건설추진 중 수요추정의 오류가 발생하는 문제점이 나타나고 있다.

일반적으로 교통수요는 4단계 모형을 사용하여 추정되고 있으며, 이때 설정되는 교통존은 행정동을 기반으로 하여 각 행정동마다 한 개의 존으로 설정된다. 즉, 한 개의 교통존에서 각 존에 해당되는 행정동의 모든 수요가 발생한다고 가정된다. 그러나 도시철도는 한 개의 행정동에는 한 개 이상의 도시철도 역이 존재하기도 하므로, 이 경우 수요추정모형에 현실을 제대로 반영하기 위해 존 세분화 등을 통한 역별 정산과정이 불가피하게 된다. 한편 실제 도시철도 역별 수요는 행정동보다 실제 수요의 분포범위인 역세권에 대부분 영향을 받게 된다.

따라서 도시철도 수요추정시 행정동이 아닌 역세권 단위의 교통존을 기반으로 한다면 보다 정확한 수요추정이 가능할 것이다.

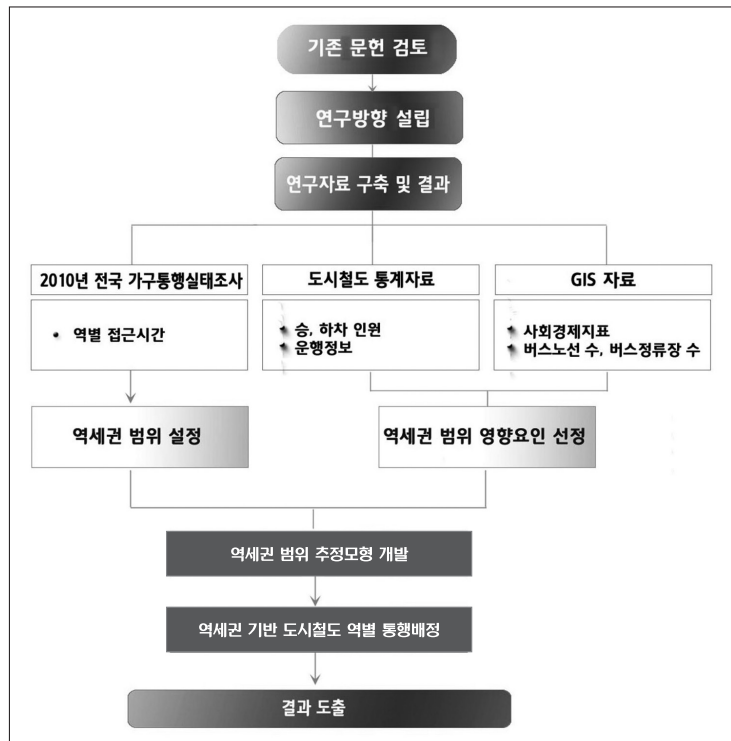
이에 역세권 범위 추정모형을 개발하여, 보다 정확한 역세권 기반의 도시철도 역별 수요추정방법을 제시하는 것이 본 논문의 연구 목적이다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 논문에서는 국내 도시 중 도시철도 운행이 가장 활성화된 서울시를 공간적 범위로 설정하여 9호선을 제외한 서울시에 위치한 역사 271개 중 244개의 역을 연구 대상으로 선정하였다. 제2장 기존 문헌 고찰에서는 행정동 기반이 아닌 역세권 단위의 존을 기반으로 도시철도 역별 수요를 추정했을 때의 정확성과 관련된 연구, 역세권의 개념 및 역세권 설정방법에 관한 연구를 검토한다.

제3장은 역세권 범위 추정모형 개발을 위해 역세권의 공간적 범위 설정방법 및 결과를 제시하고, 이에

그림 1 _ 연구의 수행절차



다른 영향요인을 선정한다. 결과적으로 역세권 범위 추정모형을 개발한다.

제4장은 앞장에서 개발한 역세권 범위 추정모형을 사용하여 역세권을 설정하고, 이를 기반으로 행정동의 존을 역세권 단위로 세분화하여 도시철도 역별 수요를 추정한다. 또한 기존 행정동 기반 수요추정 결과와 본 논문에서 제시한 모형에 의한 추정수요를 관측수요와 비교하여 본 논문에서 구축한 모형의 정확성을 제시한다. 마지막 장에서는 연구 결과를 정리하고, 연구의 한계점 및 향후 연구과제를 제시한다.

II. 기존 문헌 고찰

1. 역세권 기반 도시철도 수요추정 관련 연구

현재 도시철도 수요는 행정동을 기반으로 교통존을 설정하여 추정되고 있다. 그러나 도시철도는 실제 수요의 분포범위인 역세권에 대부분의 영향을 받을 수 있으므로, 존 구축 시 행정동이 아닌 역세권을 기반으로 설정한다면 이전 방법보다 더욱 정확한 수요추정을 할 수 있을 것이라 판단된다. 이를 규명한 선행연구들을 살펴보면 먼저 손의영 외(2009)에서는 고양시 및 성남시의 13개 도시철도 역을 대상으로 500m를 역세권으로 설정하였으며, 이를 기반으로 해당 범위 내에 존재하는 통 단위의 자료를 활용하여 도시철도 수요를 추정하였다. 그 결과 기존 행정동 기반 수요추정모형보다 더 정확하였으며, 더 나아가 역세권 기반의 행정동 센트로이드 위치조정 및 도시철도 역간 커넥터 거리의 설정방법을 제시하였다.

조항웅 외(2010)에서는 분당선 수내역과 한티역을 대상으로 한 설문조사 결과인 각 역별 도보접근 수요 80% 거리 1천m, 500m를 역세권으로 설정하였다. 즉, 각 역세권 범위 내의 사회경제지표(거주인구, 종사자, 학생)를 활용하여 역별 수요를 추정하였

으며, 그 결과 기존 행정동 기반 수요추정 결과보다 더욱 정확한 것을 규명하였다.

본 논문에서는 기존 선행연구 결과에서 나타난 바와 같이 행정동 기반보다 정확한 역세권 기반 도시철도 역별 수요추정을 위해 역세권의 범위를 종속변수로 하여 역세권 범위 추정모형을 개발하는 것에 의의를 가진다. 그 결과 본 논문에서 개발한 모형을 사용하여 도시철도 역별 수요를 추정하고 관측수요와의 유사함을 규명하도록 한다.

2. 역세권 범위 설정 및 유형화 분류 연구

역세권 범위 설정방법은 법적 기준이나 이론적 모형을 사용하는 이론적 방법과 설문조사를 통해 역세권을 설정하고자 하는 실험적 방법으로 구분할 수 있다.

이론적 방법은 도시계획법 및 서울시 행정지침에서 500m 반경 또는 5분의 도보접근거리를 역세권의 공간적 범위로 제시하고 있다.

한편 실험적 방법으로는 역세권의 범위 설정과 관련된 다양한 연구가 추진되고 있다. 이와 관련된 연구는 <표 1>과 같으며 대부분의 연구(김대웅 외, 2002; 이재영 외, 2004; 고재정, 2006; 김경환 외, 2010)에서 보행자의 도보접근수요의 산술평균값을 사용하여 약 400~600m 정도를 역세권의 공간적 범위로 설정하였다. 특히 이재영 외(2004)는 도보접근수요의 90%를 포함하는 범위를 2차 역세권으로 설정하여 900m까지 제시하였으며, 고재정(2006)은 연계교통수단인 버스에 대한 연계교통역세권의 범위로 1,600~3천m를 제시하였다. 즉, 역세권 관련 선행연구들은 설문조사를 이용한 실험적인 방법을 통해 기존에 제시되고 있는 500m의 기준이 불합리하다는 것을 규명하였다.

기존 선행연구들에서는 역세권 범위 설정 시 도보 접근수요의 산술평균값을 사용하였기 때문에 평균

표 1_역세권 범위 설정방법

구분	출처	대상지	접근수단	역세권 설정방법 및 결과
국외	TCQSM ^(*)	-	도보	도보접근수요 75~80%: 800m
	미국	로스앤젤레스	도보	도심과 부도심으로 구분하여 설정: 530~800m
	일본	오사카	도보	역사 유형별로 구분: 360~720m
국내	김대웅 외(2002)	대구시	도보	도보접근수요의 산술평균: 530m
	이재영 외(2004)	신도시	도보	도보접근수요의 산술평균(1차): 534m 도보접근수요의 90%(2차): 900m
	고재정(2006)	대구시	도보 버스	도보접근수요의 산술평균: 210~630m 연계교통수요의 산술평균: 1,600~3,000m
	김경환 외(2010)	부산시	도보	도보접근수요의 산술평균: 447~564m

주: Transit Capacity and Quality of Service Manual 2003.
자료: 이연수 외, 2011, p61. 재구성.

접근수요 이상에 존재하는 수요의 분포범위를 충분히 고려하지 못하였다. 따라서 본 논문에서는 실험적 방법으로 설문조사 자료인 2010년 전국 가구통행실태조사 자료를 사용하여 수요의 분포범위를 충분히 고려하여 역세권 범위를 설정하고, 이를 종속변수로 선정하여 역세권 범위 추정모형을 개발하고자 한다.

한편 역세권 유형화 연구 또한 역세권의 공간적

범위를 설정하는 기준 또는 연구자가 하고자 하는 연구의 목적 등에 따라 각각 다르게 정의되고 있기 때문에 명확한 정의로 유형을 규정지을 수 없다. 이와 같은 선행연구는 <표 2>와 같이 이론적 연구와 실증적 연구로 구분할 수 있으며, 국내 연구의 경우 이론적 연구(권영덕 외, 1997; 윤시운 외, 1999; 임희지 외, 2005)는 도심 및 부도심을 중심으로 역세권의 유

표 2_역세권 유형 분류 관련 선행연구

구분	출처	대상지	역세권 유형 분류	
국내	이론적	권영덕(1997)	서울시	도심/부도심/지역중심/지구중심/특화중심
		윤시운 외(1999)	부산시	도심/부도심/지역중심/지구중심/근린생활권중심/특수역
		임희지(2005)	서울시	도심/부도심/지역중심/지구중심/생활권중심 및 기타
	실증적	이계원(2003)	서울시	주거/업무/상업/근린·상업/기타
		성현곤 외(2005)	서울시	주거/고용/상업·여가
		윤대식 외(2006)	대구시	도심-부도심/부도심-외곽지(1호선)/부도심-외곽지(2호선)
		오영택 외(2009)	서울시	주거/비주거
		김경환 외(2010)	부산시	도심/부도심/지역중심
		이연수 외(2011)	서울시	주거위주 상업혼재/주거위주 타 용도 혼재/상업/준공업/녹지
		최종성(2011)	서울시	주거/상업·업무/주거·상업·업무/기타
국외	이론적	Calthrope(1993)	-	Urban TOD / Neighborhood TOD
		City of Seattle(1994)	Seattle	Urban Center/Hub Urban Village / Residential Urban Village / Neighborhood Village
		City of Seattle(2005)	Seattle	Urban Center/Manufacturing(Industrial) Center / Hub Urban Village / Residential Urban Village
	실증적	Dittmar et al. (2004)	Chicago et.	Urban Downtown / Urban Neighborhood / Suburban Center / Suburban Neighborhood / Neighborhood Transit Access Zone / Commuter Town Center

자료: 김준, 2011, p.17. 재구성.

형을 구분하고, 실증적 연구(이계원 외, 2003; 성현곤 외, 2005; 윤대식 외, 2006; 오영택 외, 2009; 김정환 외, 2010; 이연수 외, 2011; 최종성, 2011)는 도심 및 부도심으로 구분하는 방법 외에도 토지이용특성으로 주거 및 비주거 지역 등으로 분류하고 있다. 본 논문의 연구 대상지는 서울시로 한정하고 있기 때문에 토지이용특성에 따라 역세권의 유형화를 실시한다.

III. 역세권 범위 추정모형 개발

1. 역세권의 공간적 범위 설정

1) 도시철도 역별 접근시간 산정

본 논문에서는 도시철도 역별 수요분포 범위를 역세권이라 정의하고, 이에 부합되는 역세권의 범위를 설정하기 위해 2010년 전국 가구통행실태조사 자료를 사용하였다. 가구현황조사 자료에서 도보 이용이 가능한 도시철도역 및 버스정류장과 각 도보접근시간을 도출하였고, 개인별 통행특성조사 자료에서는 출발 및 도착장소와 시간, 이용수단을 도출하였다. 이들 자료를 통합하여 접근수단에 따른 도시철도 역별 도보 및 버스 접근시간을 산정하였으며, 이를 활용하여 도시철도 역별 수요분포 범위를 파악하고자 한다.

분석 결과, <표 3>과 같이 도시철도역으로 접근하는 수요는 도보접근수요와 버스 및 자가용 등의 환승 접근 수요로 나타났다. 이때 도보접근 수요 92.62%, 버스접근 수요 7.15%로 두 접근수요가 전체수요 중 99.77%를 차지하여 전체 접근수요라고 말할 수 있으며, 그중에서도 도보접근 수요가 92.62%로 수요

표 3_ 서울시 도시철도 접근수단 분담률

(단위: %)

구분	도보	버스	자가용	자전거	택시	오토바이	합계
분담률	92.62	7.15	0.02	0.10	0.09	0.01	100.00

주: 전국 가구통행실태조사 자료 중 서울시에 해당하는 자료만을 추출하고, 집을 기점으로 역으로 접근하는 통행만을 고려하여 분석함.

자료: 한국교통연구원, 2010.

의 대부분을 포함하고 있기 때문에 본 논문에서는 전체 접근수요 중 도보접근 수요만을 고려하여 도시철도 역별 수요의 분포범위를 분석한다.

2) 역세권 범위 설정방법 및 추정 결과

역세권 범위를 분석하기 위해 사용한 2010년 전국 가구통행실태조사 자료는 역별 접근시간이 분 단위였기 때문에, 이를 통해 산정한 1분 단위의 접근시간을 거리로 환산하여 도시철도의 역별 수요분포 범위를 분석한다.

기존 선행연구에서는 주로 설문조사를 실시한 후 수집된 자료 내 접근거리의 산술평균값을 역세권의 공간적 범위로 사용하고 있다. 그러나 설문조사의 오류로 인해 극단적으로 먼 거리에서부터 접근하는 소수의 수요가 나타날 수 있으므로, 본 논문에서는 이러한 극단값을 제거한 후의 최대 접근거리를 수요의 분포범위 즉 역세권의 범위로 설정한다. 이를 위해 통계상자그림(box-plot)¹⁾의 이론을 활용하였으며, 다음과 같으면 극단값으로 구분한다.

$$Q_1 - (1.5 * IQR) \text{보다 작은 값}$$

$$Q_3 + (1.5 * IQR) \text{보다 큰 값}$$

1) 상자-수염그림(box-plot)이란, 극단값에 영향을 받지 않는 통계값인 중위수, 제1사분위수, 제3사분위수를 이용하여 자료에 내포된 정보를 하나의 그림으로 함축시키는 방법임. 이 그림으로부터 분포의 대칭성, 자료의 중심위치, 산포의 정도, 분포의 꼬리 부분 집중도, 이상점 등을 파악할 수 있음(함형범 외, 2009).

여기서, Q_1 : 제1사분위수

Q_3 : 제3사분위수

IQR : 사분위수²⁾ 범위 = $Q_3 - Q_1$

극단값 약 1%를 제거한 후의 자료를 분석한 결과 본 논문의 연구 대상지인 244개 역의 도보접근 역세권은 <표 4>와 같이 331~600m에 해당하는 역이 52.9%로 가장 많은 것으로 나타났다.

표 4_ 도보접근 역세권 분포

도보접근 역세권	백분율(%)	누적분포율(%)
330m 이하	36.7	36.7
331~600m	52.9	89.6
601~990m	6.4	96.0
991~1,320m	1.8	97.8
1,321~1,650m	0.5	98.3
1,651~1,980m	1.0	99.3
1,981m 이상	0.7	100.0
합계	100.0	-
평균 도보접근 역세권	600m	

주: 전국 가구통행실태조사 자료 중 서울시에 해당하는 자료만을 가공하여 분석한 결과 값임.
자료: 한국교통연구원, 2010.

2. 역세권 범위의 영향요인 선정

역세권 범위와 영향요인 간의 관계를 분석하기 위해 역별 접근거리를 종속변수로 설정하였다.

기존 선행연구에서는 역세권이 실제 수요분포 범위를 의미하기 때문에 역세권 내 사회경제지표가 수요추정 시 필요한 역세권 범위설정에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 본 논문에서는 역세권을 수요의 분포범위라 정의하였기에 역별 실제 수요분

포 범위를 파악하고자 다음과 같은 변수를 역세권에 영향을 미치는 독립변수로 선정하였다. 먼저 역 주변 인구에 의해 도시철도 수요가 직접적인 영향을 받으므로 김진(2009)에서 선정한 변수를 참고하여 역 반경에 따른 인구분포범위를 변수로 선정하였으며, 실제 역별 승·하차 인구와 역 주변 거리별 인구수를 비교하여 실제 수요분포범위를 파악하고자 하였다. 또한 도보의 대체수단으로 버스접근성과 관련된 버스정류장 분포를 고려하였다. 마지막으로 역 간 거리 또한 역별 수요의 접근반경과 상관관계가 있다고 판단하였다. 이와 같이 선정한 변수를 바탕으로 모형을 추정하기에 앞서, 김성희 외(2001)에서 사용한 단순 회귀식을 통해 역세권 범위와 실제로 관계가 있는지 분석한 결과 <그림 2>와 같이 인구의 거리별 분포 비율, 인구수 대비 수요의 거리별 분포 비율, 버스정류장 분포 비율, 역 간 거리 측면과 일정한 선형관계가 있는 것으로 나타났다.

따라서 최종적으로 선정된 변수는 <표 5>와 같다. 한편 역별 인구 및 버스정류장의 분포 비율은 기준거리를 설정하여 추출하였으며, 기준거리는 2010년 전국 가구통행실태조사 자료를 분석하여 설정하였다. 분석 결과 연구 대상지 244개 역에 해당하는 전체 수요에 대한 도보접근수요의 평균분포범위는 600m, 최대분포범위는 1.2km, 최소분포범위는 200m로 나타났다. 이때 도보접근 수요의 최소분포범위인 역 반경 200m 이내에는 2010년 전국 가구통행실태조사 결과 연구 대상지 244개 역으로 접근하는 도시철도의 도보접근 수요가 없는 것으로 조사되었기 때문에 도보접근 수요의 최소분포범위 이내에는 도보접근 수요가 없는 것으로 판단하여 인구수 및 버스정류장의 분포 정도는 고려하지 않았다. 이와 같이 나타난

2) 사분위수(quartile)란, 자료를 크기순으로 나열했을 때 자료가 4등분(약 25%)되는 위치의 관측값을 의미함.

그림 2_ 도보접근 역세권과 변수들의 상관관계

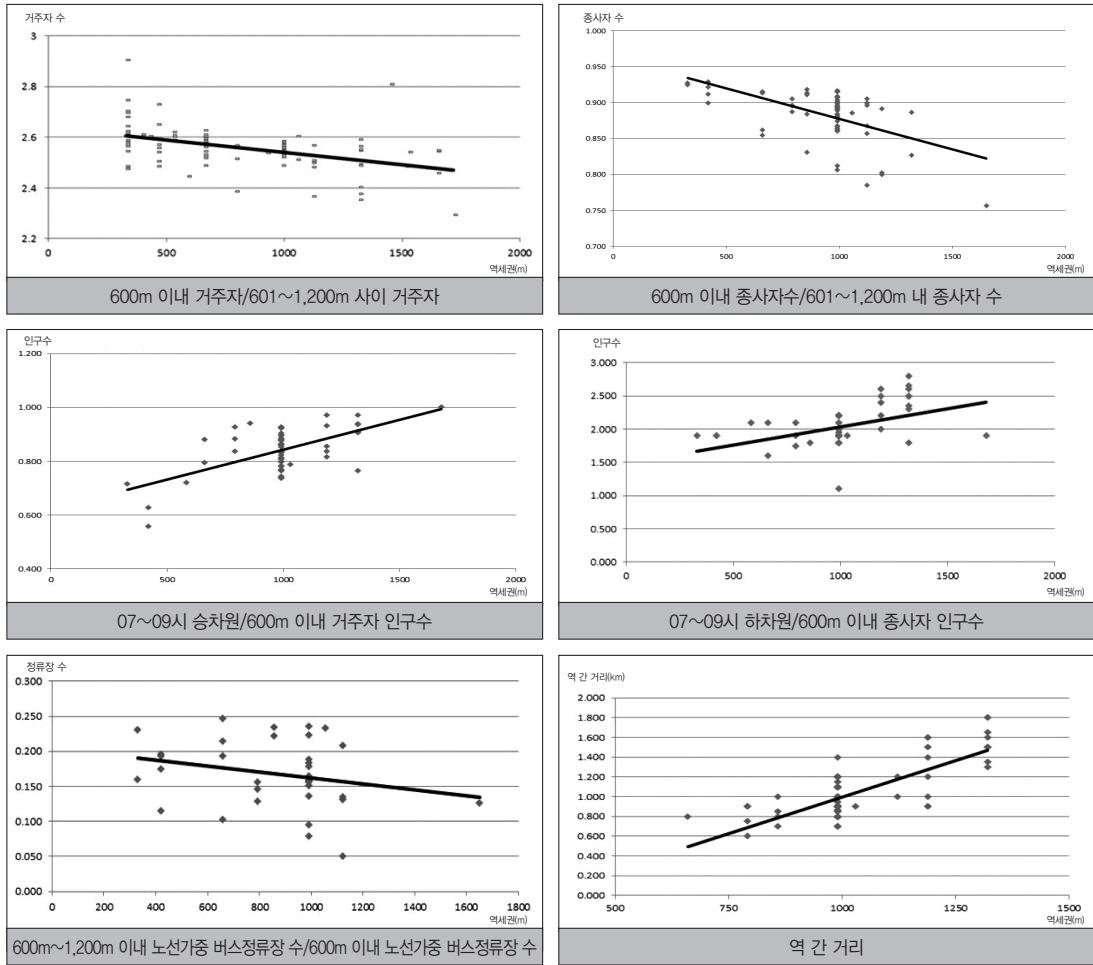


표 5_역세권 영향요인 선정 결과

접근 수단	변수명	변수설명 및 구축방법	예상 부호
도보	인구의 거리별 분포 비율	600m 이내 거주자 · 총사자수/ 601~1,200m 사이 거주자 · 총사자수	-
	인구수 대비 수요의 거리별 분포 비율	07~09시 승 · 하차 인원/ 600m 이내 거주자 · 총사자 인구수	+
	버스정류장 분포 비율	601~1,200m 사이 노선가중 정류장 수/ 600m 이내 노선가중 정류장 수	-
	역 간 거리	인근 역과의 평균 거리	+

도보접근 수요의 최소, 평균, 최대분포범위를 기준거리로 선정하여 도보접근 수요분포 비율을 분석한 결

과, 평균분포범위를 기준으로 두 지역의 도시철도 접근수요가 유사하게 분포하는 것으로 나타났다. 따라서 이를 기준으로 역별 거리에 따른 인구 및 버스정류장의 분포비율을 추출하는 데 무리가 없다고 판단하여 역마다 해당하는 값을 추출하였다.

3. 역세권 범위 추정모형

본 논문에서는 역세권을 토지유형에 따라 유형화하여 역세권 범위 추정모형을 개발하고자 하며, 이를 위한 대표적인 방법으로는 건물의 용도별 분석과 도시

철도 요일 및 시간대별 이용패턴을 활용하여 인구의 활동지역에 따라 토지유형을 구분하는 방법이 있다. 본 논문에서 정의한 역세권은 도시철도 수요의 분포 범위이므로, 최종성(2011)이 제시한 도시철도를 이용하는 시간대별 이용행태를 통해 주거지역, 상업·업무지역, 주거·상업·업무지역, 학교·쇼핑 등 기타지역으로 구분하여 유형 분류를 실시하였다.

이를 위해 특정기념일이나 명절 등 공휴일이 평일에 존재하지 않고 통행패턴이 일정한 2010년 10월 오전 5시부터 익일 오전 1시까지의 평일 자료를 사용하였으며, 출·퇴근시간에 따른 인구의 활동지역을 이용하여 토지유형을 구분하기 위해 대부분의 직장 출근 시간이 07~09시이며 퇴근시간이 18~19시라고 가정하였다. 즉, 통행패턴이 오전 첨두시간의 승차인원과 오후 첨두시간의 하차인원이 많은 역은 주거지역, 오전 첨두시간의 하차인원과 오후 첨두시간의 승차인원 및 위락통행의 하차인원이 많은 역은 상업·업무지역, 오전 및 오후 첨두시간 모두 승·하차인원이 많은 역은 주거·상업·업무가 혼재된 지역, 시간대와 상관없이 승·하차인원이 지속적으로 발생하는 역은 사람들이 자주 이용하는 여객터미널, 공원, 학교, 쇼핑 등을 포함하는 기타지역으로 구분하였다. 그 결과 <표 6>과 같이 주거지역 44개, 상업·업무지역 41개, 주거·상업·업무지역 89개, 기타지역 70개의 역으로 유형화하였다.

모형을 추정하기에 앞서 변수들의 다중공선성을 살펴보기 위해 분산팽창계수(Variance Inflation Factor: VIF)와 변수 간 상관계수를 다중공선성 진단 지표로 활용하였다. 일반적으로 VIF 값이 10 이상이거나 독립변수 간의 상관계수의 값이 약 0.6 이상이라면 다중공선성의 문제가 발생하는 것으로 판단할 수 있다. 분석 결과 인구수 대비 수요의 거리별 분포 비율 변수에서 거주자·종사자 인구 대비 오전첨두승·하차 인구 비율 변수 간의 상관관계가 약 0.8 이상, VIF 값이 10 이상으로 나타나 다중공선성이 의심되었다. 따라서 이를 해결하기 위해 토지유형별 역세권 범위 내의 거주인구와 종사자인구 비율을 분석하여 더 높은 영향변수를 선정하였다.

본 논문에서는 이승일 외(2008)와 같이 다중선형회귀모형을 사용하였으며, 정규분포를 갖지 못하는 변수들도 정확한 결과를 도출하기 위해 자연로그(ln) 변환을 적용하여 분석을 실시하였다. 먼저 토지유형별 도보접근 역세권과 영향요인들의 관계를 분석한 결과 <표 7>과 같이 R^2 값은 0.756~0.865 수준으로 나타났으며, 모든 변수의 유의수준(p-value)은 신뢰도 95% 수준에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다.

비표준화 계수 즉 β 값은 종속변수인 역세권 범위가 1단위씩 증가할 때마다 변화되는 값을 의미한다. 이때 독립변수들의 단위가 서로 다를 경우에는 β 값

표 6_역세권 유형분류 결과

구분	역명(244개)
주거지역	유형1 (44개) 개봉, 구파발, 굽은다리, 금호, 까치산, 남성, 녹번, 녹천, 당고개, 도봉, 돌곶이, 마곡, 마들, 망우, 면목, 명일, 무악재, 미아삼거리, 봉천 외 25개
상업·업무지역	유형2 (41개) 가락시장, 가산디지털단지, 강남구청, 경복궁, 공덕, 광화문, 교대, 남부터미널, 남영, 노현, 동대문역사문화공원, 동대입구, 매봉, 삼성 외 27개
주거·상업·업무지역	유형3 (89개) 강남, 강동, 강동구청, 개롱, 개포, 개화산, 거여, 광흥창, 구로, 구로디지털단지, 구룡, 구산, 구의, 구일, 군자, 길동, 길음, 낙성대, 남구로, 남태령, 내방, 노량진, 당산, 대모산입구, 대방, 대청, 도곡, 도림천, 독립문 외 60개
기타지역	유형4 (70개) 강변, 건대입구, 고덕, 고려대, 고속터미널, 공릉, 광나루, 노원, 녹사평, 대림, 대치, 대흥, 도봉산, 독바위, 동대문, 동묘앞, 뚝섬유원지, 마장, 마천, 먹골, 명동, 동촌토성, 반포, 발산, 방배, 버티고개, 불광, 삼각지 외 42개

표 7_ 토지유형별 도보접근 역세권 범위 추정모형 개발

구분	유형1(주거지역)			유형2(상업·업무지역)			유형3 (주거·상업·업무지역)			유형4(기타지역)		
	β값	표준화 계수	t-value	β값	표준화 계수	t-value	β값	표준화 계수	t-value	β값	표준화 계수	t-value
(상수)	24.333	-	7.496	13.478	-	6.462	18.407	-	8.898	16.098	-	9.604
평균접근거리 이내 거주자 분포율(x ₁)	-16.504	-.554	-5.298	-4.310	-.310	-2.411	-10.597	-.507	-5.297	-7.566	-.384	-4.505
평균접근거리 이내 종사자 분포율(x ₂)	-2.493	-.216	-2.186	-1.818	-.309	-2.293	-1.942	-.302	-3.139	-2.441	-.298	-3.360
거주인구 대비 오전첨두 승차 비율(x ₃)	1.645	.450	4.433	-			1.439	.398	3.936	-		
종사자수 대비 오전첨두 하차 비율(x ₄)	-			0.753	.314	2.137	-			.668	.338	3.777
역 간 거리(x ₅)	0.431	.195	2.055	0.574	.266	2.139	.461	.272	2.728	.495	.248	2.903
평균접근거리 이외 버스정류장 분포율(x ₆)	-1.130	-.204	-2.061	-1.839	-.294	-2.370	-0.989	-.272	-2.949	-.849	-.291	-3.581
R ²	0.865			0.838			0.756			0.769		
\bar{R}^2	0.825			0.784			0.717			0.739		
F-stat	21.722			15.555			19.203			25.311		
P(F-stat)	15.555			0.000			0.000			0.000		
N	44			41			89			71		

의 크기가 아닌 부호에 의미가 있기 때문에, 본 논문에서는 독립변수별 추정 결과를 살펴보기 위해 먼저 β값의 부호를 살펴보았다. 그 결과 모든 토지유형에서 인구의 거리별 분포비율 변수인 평균접근거리 이내 거주자·종사자 분포율 모두 음(-)의 β값으로 나타나 역세권의 범위를 감소시키는 요인인 것으로 나타났다. 이는 도시철도의 수요가 역 주변에 밀집될수록 역세권의 범위는 좁아지는 것으로 해석할 수 있다. 또한 인구수 대비 수요의 거리별 분포 비율 변수인 인구수 대비 오전 첨두 승·하차 인원 비율이 양(+)의 값으로 나타나 역세권의 범위를 증가시키는 요인인 것으로 나타났다. 이는 역 주변의 인구수 대비 도시철도의 승·하차 인원이 많아질수록 도시철도의 수요는 먼 거리에서부터 접근하여 역세권이 넓어지는 것으로 해석할 수 있다.

다음으로 독립변수들이 종속변수인 역세권 범위

에 영향을 미치는 상대적인 크기를 살펴보기 위해 독립변수들의 단위를 일치시킨 표준화 계수를 비교하였다. 그 결과 모든 토지유형에서 인구분포범위, 도시철도의 경쟁수단 여부, 역 간 거리 순서로 역세권 범위에 영향을 미치는 효과가 작아짐을 알 수 있다.

최종적으로 개발된 토지유형에 따른 도보접근 역세권 범위 추정 모형식은 예를 들어 주거지역의 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln \text{유형1(주거지역) 도보접근 역세권 범위}(m) \\ = 24.333 - 16.504x_1 - 2.493x_2 + 1.645x_3 \\ + 0.431x_5 - 1.130x_6 \end{aligned}$$

IV. 역세권 기반 역별 도시철도 수요추정

1. 개요

앞장에서 개발한 모형을 사용하여 역세권을 설정하고, 역세권 기반의 수요추정 결과와 실제 수요와의 유사함 및 본 논문에서 개발한 모형이 실제 수요분포범위 추정이 가능하다는 것을 증명한다. 실제 수요는 도시철도의 각 운행기관에서 매년 제공하는 승·하차 인원 통계자료를 사용하여 파악하였으며, 본 논문에서는 이를 관측수요라 정의한다.

본 논문에서는 2010년 전국 가구통행실태조사 자료의 분석 결과, 도시철도 수요의 약 92.62%가 도보 접근 수요인 것으로 나타났기 때문에 도시철도 수요의 대부분을 차지하는 것으로 볼 수 있다. 즉, 역세권 설정 시 도보접근 역세권만을 고려하여도 충분하다고 판단하여 역별 도시철도 수요추정 시 도보접근 역세권만을 고려하여 추정모형을 개발하였고, 수요추정 시 이를 사용한다. 또한 교통수요 분석을 수행하기 위해 가장 널리 사용되고 있는 Emme/3 프로그램을 사용하였으며, 수도권교통본부에서 배포하는 기존의 행정동 단위 존 기반인 수단별 O/D를 모두 역

세권 기반으로 세분화하여 구축하는 데 시간적 어려움이 존재하였기 때문에 수요추정 4단계 중 마지막 단계인 통행배정만을 실시하였다.

2. 사례지역 선정 및 도보접근 역세권 범위 설정

역세권 기반 도시철도 역별 수요추정을 실시하기 위해 <그림 3>과 같이 사례지역을 2곳으로 선정하여 답십리역과 공덕역을 중심으로 9개의 역을 선정하였다. 유형1인 주거지역에 해당하는 역은 신답역, 용답역, 유형2인 주거·상업지역에 해당하는 역은 애오개역과 공덕역, 유형3인 주거·상업·업무지역에 해당하는 역은 답십리역, 장한평역, 마포역, 효창공원앞역, 유형 4인 기타지역에 해당하는 역은 대흥역이므로 이에 맞는 모형을 사용하여 역세권의 범위를 추정한다.

그 결과 역세권의 범위는 <표 8>과 같이 역별로 450~1,300m의 수준으로 다양하게 추정되었으며, 대체로 관측수요가 많은 역에서 역 주변 인구분포 범위가 넓은 것으로 나타나 역세권의 범위가 넓게 추정되었다. 그러나 답십리역의 경우 관측수요가 장한평역과 비슷함에도 불구하고 역세권의 범위는 장한평

그림 3_수요추정을 위한 사례지역 선정

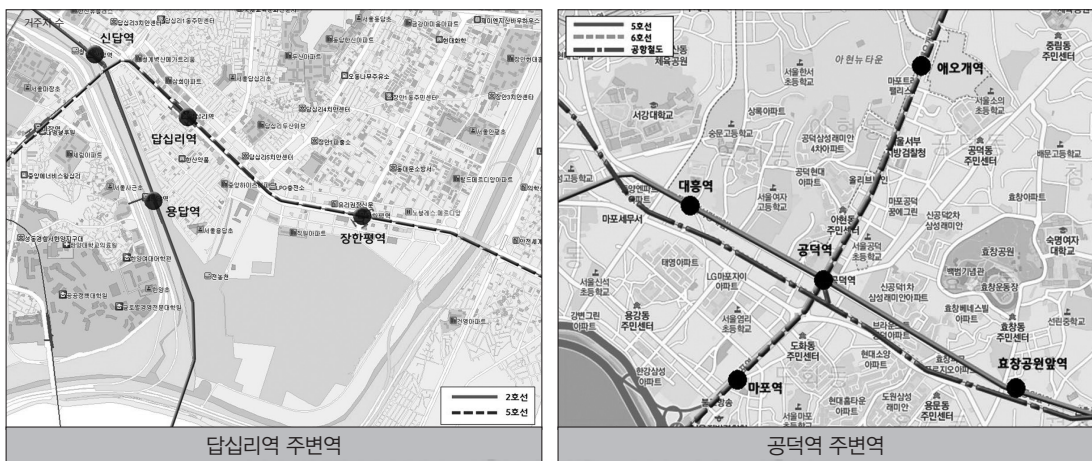


표 8_ 사례지역 도보접근 역세권 범위 추정 결과

구분		역세권 범위 (m)	관측수요 (인/일)
유형1 (주거지역)	신답역	450	1,566
	용답역	500	2,854
유형2 (상업·업무지역)	공덕역	1,000	26,549
	애오개역	550	4,806
유형3 (주거·상업·업무지역)	답십리역	650	16,215
	장한평역	1,300	19,253
	마포역	900	14,146
유형4 (기타지역)	효창공원앞역	650	8,042
	대흥역	550	8,764

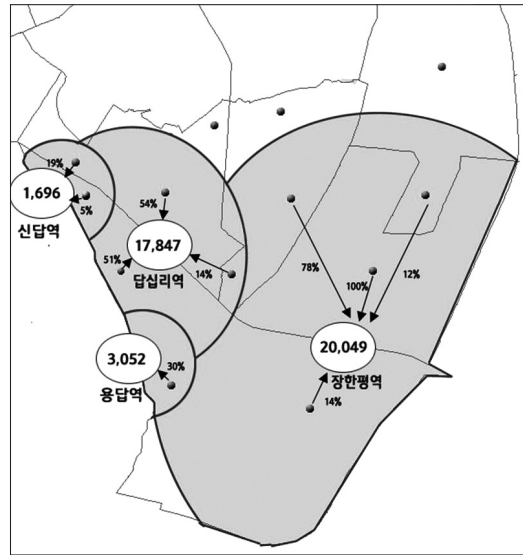
역의 1/2 수준으로 추정되었다. 이는 역 주변 거주인구 집중률(x_1)이 높고, 역 간 거리가 좁으며(x_2), 평균 접근거리 이외 버스정류장 분포율(x_3)이 높기 때문으로 나타났다.

3. 사례지역의 역세권 기반 존 세분화 및 세분 O/D 구축

실제 역별 수요분포 범위인 역세권을 기반으로 하여 도시철도 수요를 추정하고자 행정동 기반의 네트워크를 역세권 기반으로 세분화하였다.

도시철도는 한 개의 행정동에 두 개 이상의 역이 존재하기도 하므로, 이 경우 도시철도의 수요는 행정동보다 실제 수요가 분포하는 지역인 역세권의 범위에 영향을 받게 된다. 즉, 행정동 기반의 도시철도 수요를 두 개 이상의 역에 적절하게 할당하기 위해, 기존 네트워크의 행정동별 하나의 존을 행정동 내 존재하는 역의 개수만큼 추가로 세분화하여 네트워크를 수정한다. 이를 위해 행정동별 한 개의 존을 각 행정동보다 포함된 총 역세권의 범위가 좁다면 포함된 역의 개수+1개로, 역세권 범위가 넓다면 포함된 역의 개수로 세분화를 실시하였다. 이와 같이 세분된

그림 4_ 답십리 주변 역 존 세분화 및 세분 O/D 구축 결과



존의 철도 O/D는 행정동별 철도 O/D를 행정동마다 포함된 각 역세권 범위 내의 인구나 역세권 범위 외의 인구 비율을 통해 배분한다. 이는 철도수요의 분포가 역 주변 인구분포에 직접적인 영향을 받기 때문이다. 결과적으로 구축되는 역세권 기반 존 및 세분 O/D는 성동구 용답동 주변을 예를 들어 설명하면 <그림 4>와 같다.

4. 사례지역 행정동 및 역세권 기반 수요추정 결과 비교분석

구축된 역세권 기반 존과 세분 O/D를 기반으로 도시철도 역별 수요를 추정한 결과는 <표 9>와 같다. 조현우(2010)의 연구에서 검증한 방법인 관측수요와의 오차율은 기존방법인 행정동 기반 수요추정 결과의 오차율 -9~+249%에서 -4~+14%로 감소하였다.

한편 제3장의 분석 결과인 <표 4>와 같이 일반적으로 도보접근 수요의 약 90%가 역을 중심으로 600m 내에서 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 이번 분석에서는 이러한 결과를 바탕으로 모든 역의 역

표 9_ 행정동 및 역세권 기반 역별 도시철도 수요추정 결과의 비교

(단위: 통행/일)

역명	역세권 범위 (m)	관측 수요 (A)	행정동 기반 모형 (B)	역별 역세권 기반 모형 (C)	600m 역세권 기반 모형 (D)	A 대비 B 오차율 (%)	A 대비 C 오차율 (%)	A 대비 D 오차율 (%)
장한평	1,300	19,253	13,846	20,049	8,452	-28	4	-56
답십리	650	16,215	24,219	17,847	14,954	49	10	-8
신답	450	1,566	5,407	1,696	1,887	245	8	20
용답	500	2,854	2,098	3,052	3,262	-26	7	14
공덕	1,000	26,549	24,067	29,904	23,208	-9	13	-13
마포	900	14,146	6,725	14,515	9,569	-52	3	-32
애오개	550	4,806	16,769	4,906	5,396	120	2	12
대흥	550	8,764	13,599	8,457	9,371	249	-4	7
효창공원앞	650	8,042	17,688	10,591	9,934	-52	14	18

세권 범위를 600m로 설정하였을 때, 본 논문에서 개발한 모형을 적용하여 추정된 역별 역세권 기반 수요 추정 결과와 얼마나 차이가 발생하는지 분석하고 역별 역세권 범위를 기반으로 수요추정을 하였을 때의 정확성을 규명하고자 한다.

분석 결과 600m 역세권 기반 모형 결과는 기본 행정동 기반에 의해 추정된 수요보다 관측수요와 유사하게 추정되었으나, 역별 역세권 기반 수요추정 결과보다 관측수요와의 오차율이 비교적 높게 나타났다. 이러한 결과는 장한평역과 공덕역은 실제 역세권의 범위가 600m의 약 1.5~2배 수준으로 나타났기 때문에 오차율이 더욱 높아진 것으로 해석할 수 있다. 즉, 이와 같이 실제 역세권 범위가 600m 이상인 역들도 존재하기 때문에 이러한 변수를 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서 개발한 모형을 적용하여 역별 역세권의 범위를 고려하여 수요를 추정하는 것이 관측수요와 더욱 유사하게 추정된다고 할 수 있다.

하나의 행정동 존에서 그 행정동의 모든 통행량이 발생한다고 가정하기 때문에, 존과 거리가 가까운 역으로만 통행배정이 이루어지는 문제점이 있었다. 따라서 사례지역의 용답동과 같이 하나의 행정동에 여러 개의 도시철도 역이 존재할 경우, 정확한 도시철도

역별 수요추정이 이루어지지 않았다. 즉, 현실을 수요추정모형에 반영하기 위하여 정산과정이 불가피하게 되었다. 따라서 본 모형을 사용하여 역별 실제 수요분포 범위인 역세권 범위를 설정하고, 이를 기반으로 수요추정을 실시한다면 보다 정확한 역별 도시철도 수요추정이 가능한 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 기존 행정동 기반 존 구축에 비해 보다 정확한 수요추정을 하기 위해 도보접근 역세권 범위 추정모형을 개발하였고, 개발 모형을 사용한 역세권 기반 도시철도 역별 수요추정을 한 후 관측수요와의 유사함을 규명하였다.

먼저 도시철도 도보접근 수요의 최대접근거리를 도시철도의 도보접근 수요가 분포하는 범위 즉 역세권이라 정의하였으며, 이에 부합되는 역세권을 설정하기 위해 2010년 전국 가구통행실태조사 자료를 활용하여 역별 최대접근거리를 추출하였다. 그 결과 약 198~1,980m로 다양한 역세권 범위가 설정되었으며, 평균 역세권 범위는 약 600m로 나타났다.

다음으로 역세권 범위에 영향을 미치는 요인을 분

석하기 위해 도시철도 수요의 분포 비율(인구의 거리별 분포 비율, 인구수 대비 수요의 거리별 분포 비율), 해당 지역의 교통서비스 상황(버스정류장과 관련된 버스정류장 분포), 도시철도 운행 현황(역 간 거리) 측면으로 구분하여 변수를 설정하였다.

이러한 요인들을 독립변수로 선정하여 토지유형에 따른 접근수단별 역세권 범위를 추정할 수 있는 다중선형회귀모형을 구축하였다. 그 결과 인구분포 범위의 계수가 가장 크게 나타나 역세권 범위에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

이후 본 논문에서 개발된 모형을 사용하여 역세권을 설정하였으며, 이를 기반으로 수요를 추정하여 관측수요와의 유사함을 규명하였다. 즉, 본 논문에서 개발한 모형이 실제 수요분포범위를 추정한다는 것을 검증하여, 이를 기반으로 역세권 기반 존 세분화를 실시한다면 보다 정확한 도시철도 역별 수요추정이 가능하다는 것을 규명하였다.

한편, 본 논문의 한계는 자료 측면에서 나타난다. 우선 역세권을 설정하는 과정에서 역별 접근시간을 접근거리로 환산하여 직선거리로 가정하였기 때문에 실제 접근거리와는 차이가 발생할 수 있다. 다음으로 본 논문에서는 자료구축의 한계로 수요추정의 4단계 중 통행배정단계에서만, 역세권을 기반으로 할 때 더욱 정확하게 현실을 모사할 수 있다는 것을 규명하였다. 따라서 향후 연구에서는 개발한 모형을 사용하여 통행발생 및 통행분포, 수단분담 과정 또한 역세권을 고려한다면 현재 행동동 기반 수요추정 시 보다 비교적 정확한 도시철도 역별 수요추정이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌 •••••

고재정. 2006. “대구시민의 지하철 이용 특성과 역세권의 공간적 범위에 관한 연구”. 영남대학교 석사학위 논문.

권영덕. 1997. 역세권에 대한 도시계획차원의 대응방향. 서울 : 서울시정개발연구원.

김경환 · 이덕환 · 최종문 · 오일성. 2010. “지하철과 버스의 서비스 권역 비교 및 이용자들의 도보거리 추정 - 부산시를 중심으로”. 대한토목학회논문집 제30권 제6D호, pp541-552.

김대용 · 유영근 · 최한규. 2002. “지하철 도보역세권 설정방법과 적용에 관한 연구”. 국토계획 제37권 제5호, pp117-186.

김성희 · 이창무 · 안건혁. 2001. “대중교통으로의 보행거리가 통행 수단선택에 미치는 영향”. 국토계획 제38권, pp297-307.

김준. 2011. “토지이용특성별 역세권 이용자의 도보거리 추정에 관한 실증분석”. 한양대학교 석사학위 논문.

김진. 2009. “역세권 도시구조특성과 지하철 이용수요의 상관관계 분석 - 서울시와 경기도 사례연구”. 홍익대학교 석사학위 논문.

성현곤 · 김태현. 2005. “서울시 역세권의 유형화에 관한 연구 - 요일별 시간대별 지하철 이용인구를 중심으로”. 대한교통학회지 제23권 제8호, pp19-29.

손의영 · 김재영 · 정창용 · 이종훈. 2009. “역세권을 반영한 도시철도 역별 수요추정 모형 개발”. 대한교통학회지 제27권 제2호, pp15-22.

오영택 · 김태호 · 박제진 · 노정현. 2009. “토지이용유형별 서울시 역세권 대중교통 이용수요 영향인자 실증분석”. 대한토목학회논문집 제29권 제4D호, pp467-472.

윤대식 · 고재정. 2006. “대구지하철 역세권의 공간적 범위 설정에 관한 연구”. 지역연구 제22권 제2호, pp251-274.

윤시운 · 이광국. 1999. “지하철 역세권의 상세계획구역 설정방법에 관한 연구”. 한국지역개발학회지 제11권 제3호, pp89-102.

이계원. 2003. “서울시 지하철 역세권 토지의 용도 변화특성에 관한 연구(1996-2001)”. 서울시립대학교 석사학위 논문.

이승일 · 장세진. 2008. “지하철 통근통행시간이 역세권의 공간범위에 미치는 영향분석”. 대한토목학회논문집 제28권 제1D호, pp119-127.

이연수 · 추상호 · 강준모. 2011. “서울시 지하철 역세권의 공간적 범위 설정과 특성분석”. 국토계획 제46권 제7호, pp57-72.

이은아 · 손의영. 2012. “서울시 도시철도 역세권 범위설정과 영향요인 선정”. 한국교통정책학회 추계학술대회 발표 논문집, pp139-154.

이재영 · 송태수. 2004. “수도권 신도시의 역세권과 지하철 이용행태 변화분석”. 국토계획 제39권 제4호, pp93-103.

임희지. 2005. “고밀다핵도시 서울의 대중교통이용 활성화를 위한 역 중심 개발 유도방안 연구”. 대한교통학회지 제23권 제5호, pp93-104.

- 조향웅 · 이승용 · 전공준, 2010. “도시철도 수요추정을 위한 역세권 ZONE 세분화 방안 연구”. 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp2122-2136.
- 조현우, 2010. “역세권 특성과 지하철 이용수요의 관계에 대한 실증분석연구 - 부산광역시 지하철 역세권을 사례로”. 경성대학교 석사학위 논문.
- 최종성, 2011. “지하철역 유형화에 따른 역세권 도시공간구조 분석”. 홍익대학교 석사학위 논문.
- 한국교통연구원, 2010. 전국 가구통행실태조사. 경기: 한국교통연구원.
- 함형범 · 박태룡 · 안창호, 2009. 일반통계. 서울: 연학사.
- Calthorpe, Peter. 1993. *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*. New York : Princeton Architectural Press.
- City of Seattle, 1994. Comprehensive Plan, Department of Planning & Development, Seattle, U.S.A.
- _____. 2005. Comprehensive Plan : Toward a Sustainable Seattle(2004-2024), Department of Planning & Development, Seattle, U.S.A.
- Dittmar, Hank. and Shelley, Poticha, 2004. “Defining Transit-Oriented Development: The New Regional Building Block”. eds. Dittmar, Hank, and Gloria, Ohlandin, in *Transit Town, Best Practices in Transit - Oriented Development*. Washington D.C. : Island Press. pp20-39.

-
- 논문 접수일: 2013. 4. 4
 - 심사 시작일: 2013. 4. 24
 - 심사 완료일: 2013. 5. 16

Estimating Urban Railway Demand Based on Catchment Area

Keywords: Catchment Area, Urban Railway, Demand Estimation, Multiple Linear Regression Analysis, Factor Analysis

Currently the urban railway is constructed in some metropolis to solve the traffic congestion, but some errors have occurred in estimating its demand. In most cases, the demand is calculated from the basis of traffic analysis zone (TAZ) as a minimum administrative area, i.e. Haengjeong - dong. Here all trips in Haengjeong - dong are assumed to be generated in one location. However more than two urban railway stations might be located in one Haengjeong - dong. So the actual demand of urban railway is most affected by the catchment area rather than Haengjeong - dong. Therefore, the segmentation of TAZ based on the catchment area is required to estimate its demand more accurately. In this study, the estimation model based on the catchment area has been developed and its demand forecasting has been made using the newly developed catchment area based model. As a result, it shows the urban railway demand estimation by the catchment area is more accurate than that by Haengjeong - dong. That is, this study shows that it is possible to estimate urban railway demand more accurately by segmenting TAZ based on the catchment area.

역세권 기반 도시철도의 역별 수요추정

주제어: 역세권, 도시철도, 수요추정, 다중선형회귀분석, 요인분석

현재 우리나라는 교통혼잡 등의 문제점을 해결하기 위해 도시 위주로 도시철도 건설이 진행 중이나 수요추정 오류의 문제가 발생하고 있다. 일반적으로 교통수요는 행정동을 교통존으로 설정하여 추정되며, 행정동별 하나의 교통존에서 행정동 전체의 통행량이 발생한다고 가정하고 있다. 그러나 하나의 행정동에는 2개 이상의 도시철도 역이 존재하기도 하므로 도시철도의 실제 수요는 행정동 보다 수요의 분포범위인 역세권에 대부분 영향을 받게 된다. 따라서 역세권을 기반으로 존 세분화를 하는 것이 필요하며, 이때에는 정확한 수요추정을 위해 역별 역세권 범위가 정립되어야 한다. 본 논문에서는 역세권 기반 수요추정방법을 제시하고자 역세권 범위에 대한 추정모형을 개발하였다. 또한, 개발된 모형을 적용하여 도시철도 역별 수요추정을 실시함으로써 모형의 검증과 기존 행정동 기반 수요추정 대비 역세권 기반 수요추정의 정확성을 증명하였다. 즉, 본 논문은 역세권 기반 존 세분화를 가능하게 하여 정확한 도시철도 역별 수요추정을 가능하게 하였다.