

도시철도 역세권에서 보행네트워크 기반 접근거리와 건물 개발밀도의 연관성에 대한 실증 연구*

An Empirical Study on the Relationship between Pedestrian Network Distance and Building Density in the Area of Urban Rail Station

안영수**, 장성만***, 이승일****

An, Youngsoo · Jang, Seongman · Lee, Seungil

Abstract

This is an empirical study on the relationship between the pedestrian network distance and the building density in the area of urban rail station. The area around a station is, usually, highly developed for various urban activities. Since the floating population from or to the station are moving along the pedestrian road, the distance from a station to destination buildings should be calculated using pedestrian network. On the basis of the network the distance from each building to the closest station was calculated. It was found from this empirical analysis that the average building density is decreasing, while the distance between the two places is increasing. Although this result coincides with those of the relevant researches, the relationship was not firmly identical for the entire stations in the study area; only eight stations from fourteen showed a statistical significance in the analysis and the parameter of the distance decay function was different for each station area. From this result it could be emphasized that the relationship of each station should be investigated individually as an indicator to present the real influence sphere of the station to the surrounding area.

키 워 드 ▪ 보행네트워크거리, 역세권, 건물 개발밀도, 거리조락함수

Keywords ▪ Pedestrian Network Distance, Station Area, Building Density, Distance Decay Function

I. 연구의 배경과 목적

자동차 덕분에 도시에서 활동의 공간범위가 확장되어 경제·사회적 측면에서 큰 이익을 얻었으나, 다른 한편으로 자동차 통행량의 증가 때문에 환경,

교통 에너지소비, 교통혼잡뿐만 아니라 도시외곽에서의 난개발 등 다양한 부정적 결과를 초래했다(Limtanakool, 2006). 따라서 대중교통 이용률을 증대시키고자 하는 다양한 노력들은 자동차 의존적인 교통체계에서 벗어나게 하여 자동차로 인한 부정적

* 이 논문은 한국연구재단 중견연구자지원사업 핵심공동연구(2015R1A2A2A04005886)와 한국연구재단 신진연구자지원사업(2014R1A1A1A1005295)의 지원을 받아 수행된 연구임

** The University of Seoul (First author, ysan@uos.ac.kr)

*** The University of Seoul (jangsm@uos.ac.kr)

**** The University of Seoul (Corresponding author, silee@uos.ac.kr)

효과들을 해소할 수 있을 것으로 기대하고 있다(김재홍 외, 2007). 특히, 도시철도는 정시성과 안정성이 높고 공해가 없는 대중교통수단이라는 장점으로 말미암아 건설과 이용 증대의 필요성이 부각되고 있다(심종섭·전기홍, 2000).

도시철도의 이용을 증대시키기 위해서는 역 주변 지역에서의 도시활동 기회가 커지도록 토지이용의 개발수요를 높여야 한다. 도시활동의 기회는 유동인구의 규모로 나타나는데 유동인구와 역 주변지역 토지이용의 개발수요는 역까지의 접근성에 기인한다. 따라서 유동인구와 관련하여 역 주변지역의 개발밀도를 관리하기 위해서는 역과의 접근성과 개발밀도와의 연관성을 실증적으로 규명하는 것이 중요하다. 이와 관련하여 국내에서도 다수의 연구가 역 주변지역 토지이용의 개발강도와 역과의 거리에 대한 실증연구가 있었으나, 성형곤·최막중(2014)에서 언급한 것처럼 개발밀도를 역세권이나 행정구역 등 일정한 공간적 범역을 대상으로 집계(aggregate)하여 산정함으로써 집계에 따른 정보손실의 가능성을 배제하지 못하였다. 이를 보완하고자 성형곤·최막중(2014)은 개별 건물의 연면적과 층수 데이터를 이용하여, 개별 건물과 도시철도역과의 접근성이 건물 개발밀도에 미치는 영향을 실증하였다.

나아가 도시철도역과 주변 건물까지의 접근성 산정에서 매우 중요한 요소는 통행수단이다. 도시철도를 이용한 이용자들이 주변 건물까지 도달하는 주요 이동수단은 보행이다. 따라서 주변 건물에서 도시철도역까지의 접근성은 보행 네트워크를 기반으로 네트워크 속에 존재하는 다양한 보행로의 환경에 영향을 받는다. 예를 들면 인도, 횡단보도, 육교, 지하도 등 보행로의 연결을 위한 시설의 유무는 특히 최종목적 건물까지의 보행 접근성에 큰 영향을 준다. 그러나 기존 연구들에서는 도시철도의 접근성을 일정 행정구역에서의 역의 수 또는 밀도를 기반으로 산정하거나 역으로부터 직선거리의 반경을 기

준으로 100~1,000m로 구분되는 다수의 동심원을 생성하여 산정하였다. 이와는 달리 개별 도시철도역을 기준으로 한 경우도 있으나 역과 개별 건물까지의 직선거리를 사용하여 접근성을 산출(성형곤·최막중, 2014)함으로써 실제적인 보행 접근거리를 산출하여 반영하지는 못한 한계를 보였다. 직선거리를 사용한 이유로 기존 도로중심선 데이터의 속성데이터 부족과 보행 네트워크의 부재를 원인을 들고 있으나, 최근 몇몇 선행연구(안영수 외, 2011; 2012; 2015)에서는 역세권의 보행네트워크를 직접 구축하여 분석한 연구도 있다.

이와 같은 배경에 따라 이 연구의 목적은 보행 네트워크의 거리를 활용하여 도시철도역까지의 접근거리와 건물 개발밀도와의 연관성을 실증적으로 분석하는 것이다. 이 연구에서는 개별 건물의 개발연면적을 역세권 또는 행정구역으로 집계하여 발생하는 데이터 손실의 가능성을 배제하고자 개별 건물단위의 개발밀도를 기반으로 삼았고, 실제적인 접근수단인 보행을 기준으로 접근거리를 산정하고자 선행연구에서 구축한 보행네트워크를 활용하였다. 또한 건물의 용도는 주거와 비주거용 건물로 구분하였고, 실증분석을 위해 거리조락함수를 이용하여 역과의 접근성과 건물 개발밀도와의 함수를 구축하였다. 연구의 공간적 범위는 다수의 도시철도역을 포함하고 있고 도시철도 이용인구가 가장 많은 서울시 강남권역으로 삼았으며, 경부고속도로와 양재천에 의해 단절되는 공간은 제외시켰다(그림 1 참조). 연구의 시간적 범위는 사용 가능한 건물 개발밀도 데이터의 구득 가능성을 고려하여 2010년을 기준으로 삼았다.

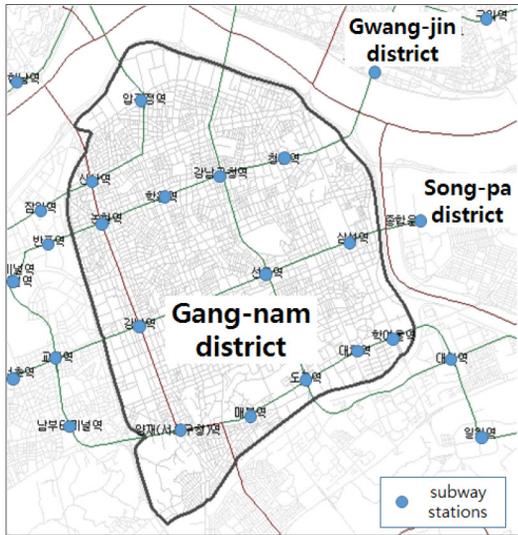


그림 1. 연구대상지역(강남권역)
Fig. 1. Research Area (Gangnam district)

II. 선행연구 검토와 연구가설 설정

1. 선행연구 검토

역세권의 개발밀도와 관련된 연구는 국내·외에서 매우 활발하게 수행되었다. 이 중 이 연구와 관련성이 높은 선행연구는 ‘역세권의 개발밀도와 역과의 거리’와 ‘역세권 보행거리 산정’에 관한 연구라고 할 수 있는데, 각 주제의 선행연구를 검토한 내용은 다음과 같다.

‘역세권 개발밀도와 역과의 거리’와 관련된 선행 연구로 이희연(1997)은 건대역을 사례로 건대입구 역까지의 접근성 변화를 그래프 이론을 수정하여 산출하고 토지이용의 변화를 지가와 비교하였다. 국내에서 처음으로 수행한 연구로서 건대역에서부터 주변 개별 건물까지의 거리를 산정하고 거리조락함수를 활용하여 거리에 따른 지가의 변화를 실증한 연구로서 의미가 크다고 할 수 있다. 그러나 역으

로부터 2~300m까지의 범위를 분석한 한계가 있다. 성형곤·최막중(2014)은 서울시를 대상으로 도시철도역으로부터의 거리에 따라 개별 건물의 연면적과 층수의 변화를 관찰하고, 이에 미치는 영향을 실증하였다. 서울시에 포함된 279개의 도시철도역 역세권을 반경 250m, 500m, 1,000m, 1,500m의 4단계로 구분하고, 각 역세권 단계에 포함되는 건물의 총 개발연면적과 층수에 미치는 영향요인의 차이를 도출하였다. 정현(2007)은 대구시를 대상으로 역세권의 토지이용 개발방향을 정하기 위해 역세권을 반경 200~400m로 설정하고, 건물 개발밀도와 토지이용, 인구, 지가 등을 분석하여 고층복합형, 재개발형, 신시가지형의 역세권 개발특성별 유형을 도출하였다. 김태호 외(2013)는 서울시를 대상으로 TOD 계획요소와 대중교통 이용수요와의 연관성을 도출하기 위해 역세권의 반경을 250m, 500m, 750m, 1,000m, 1,250m, 1,500m로 구분하고, 각 역세권별 주거와 상업, 업무와 공공, 여가와 공공용지의 밀도를 분석하였다. 분석결과 비주거용도의 개발밀도가 역세권 반경이 짧을수록 집중됨을 도출하였다. 그 외 TOD와 관련된 다수의 국내·외 선행연구(박지형 외, 2008; 이주아 외, 2013; Lee et, al. 2013 등)에서 역세권의 범위를 반경 500m로 설정하여 건물 또는 토지의 평균 개발밀도를 산정하여 활용하였다. 이상에서의 선행연구에서 도시철도역으로부터 거리가 멀어질수록 비주거용도의 개발밀도가 낮아짐을 확인하였으나, 역과의 거리를 산정함에 있어서 역 중심점으로부터 반경을 기준으로 단계를 구분하고 각 단계에 속하는 건물들의 정보(연면적, 용도 등)를 집계(aggregate)하여 산출하였다. 특히, 성형곤·최막중(2014)은 해당 연구에서 제기한 집계에 따른 정보의 손실 오류(생태적 오류, ecological fallacy)의 가능성을 배제하고자 개별 건물과 역과의 거리를 각각 산출하여 반영하였으나, 직선거리로 산출하여 역과의 접근이 보행을 중심으로 이루어지는 특

성을 반영하지는 못하였다.

다음은 역세권 보행거리 산정과 관련된 선행연구로서 O'sullivan(1996)은 캐나다 켈거리시의 경전철역을 대상으로 기존 역세권 이론의 반경기준과 설문과 실제 보행거리 측정으로 관측된 역세권의 범위를 비교하였다. 분석결과 도로를 중심으로 관측된 역세권 범위는 반경 기준의 동심원과 큰 차이를 나타내었다. 안영수 외(2012)는 서울시 신림역을 대상으로 도로 네트워크를 기준으로 보행접근거리를 산출하였으며, 이를 기반으로 상업시설의 입지분포패턴을 분석하였다. 위의 두 선행연구는 역세권의 범위를 직선거리 기준의 반경에서 실제 도로 네트워크 기준의 비정형 역세권을 제시하였다는 점에서 의미가 있으나, 대로의 경우 보행 인도가 양쪽으로 구분되어있으며, 횡단보도 또는 육교와 지하도 유무에 의해 접근거리가 매우 달라짐을 반영하지는 못하였다. 이러한 보행로의 특성을 반영한 선행연구로 안영수 외(2011)의 연구에서는 강남권역을 대상으로 인도와 보차혼용도로, 횡단보도, 육교, 지하도로 구분한 보행네트워크를 구축하여 역의 중심점으로부터 접근시간별 지도를 제작하였다. 또한, 안영수·오선영(2015)의 연구에서도 신촌역을 대상으로 보행네트워크를 구축하고 대중교통전용지구 설치에 따른 보행 접근권역의 변화를 실증하였다. 이 선행연구는 보다 실제적인 보행네트워크를 구축하고 이를 기반으로 접근지도와 권역 변화를 실증한 연구로의 의미가 있으나, 개별 건물까지의 보행접근거리와 개발밀도를 연계하지는 못했다.

2. 검토결과와 실증 연구가설 설정

관련 선행연구를 요약하면, 역세권의 거리와 개발밀도는 매우 밀접한 관련성이 있으며, 특히 비주거용도의 경우 더 관련성이 높았다. 또한, 역으로부터

터의 거리를 직선중심의 반경으로 삼은 경우 실증의 한계를 보였으며, 이를 극복하기 위해서는 실제 보행네트워크를 중심으로 거리 산정이 필요함을 알 수 있었다. 최근 선행연구에서 보행네트워크를 구축한 사례가 있으며, 이를 활용하여 역으로부터 개별 건물까지의 보행접근거리를 산출할 수 있음을 확인하였다.

선행연구 검토 결과를 중심으로 역과의 보행접근거리가 건물 개발밀도에 미치는 영향을 실증하기 위해 다음과 같은 연구가설을 설정하였다. 첫 번째 연구가설은 도시철도역과 보행거리가 멀어질수록 건물의 개발연면적은 점점 작아질 것이다. 이는 보행네트워크를 기준으로 산정해도 기존 선행연구들과 동일할 것이라는 가정이다. 이를 강남권역 전체에서도 동일할 것이며(가설 A-01), 개별 역별로 분석하여도 동일할 것이다(가설 A-02). 두 번째 연구가설은 도시철도역마다 보행접근거리가 멀어질수록 개발연면적의 감소 기울기가 다를 것(가설 B-01)이며, 또한 역 이용자수가 많은 역의 기울기가 완만할 것이다(가설 B-02). 이는 도시철도역의 이용자가 주변 건물 개발연면적에 미치는 영향을 확인하기 위함이다. 이 연구에서는 위의 4개 연구가설(A-01, A-02, B-01, B-02)을 검증함으로써 실증분석을 수행하고자 한다.

III. 보행네트워크 접근거리 산정과 역세권 건물 개발밀도 현황

1. 보행네트워크 구축

도시철도역으로부터 개별 건물까지의 접근거리를 산출하기 위한 계산 방법론은 다양하다(표 1 참조). 접근거리를 계산하는 대표적인 3개의 방법론을 검토하여 이 연구에 적합한 접근거리 산정 방법론을 정하였다.

표 1. 거리측정 방법

Table 1. The methods calculating distance

Types	Calculating Method	Concepts
직선거리 (Euclidean distance)	직선거리는 점P에서부터 점Q까지의 직선을 연결하여 거리를 산정함 (A straight-line distance from pint 'P' to point 'Q')	
직각거리 (Manhattan distance)	직각거리는 점P에서 점Q까지 직각선분을 작성하여 거리를 산정함 (A rectilinear distance from pint 'P' to point 'Q')	
네트워크 거리 (Network distance)	네트워크거리는 점P에서 점Q까지 접근 가능한 네트워크를 따라 이동된 선분의 길이로 산정함 (A network distance along with street from pint 'P' to point 'Q')	

직선거리(Euclidean distance)는 시작점부터 도착점까지를 직선으로 연결한 거리측정 방법으로 항공거리(Flight distance)라고도 불린다. 이 방법은 가장 쉽게 두 지점간의 거리를 계산할 수 있는 방법이지만 도로를 기반으로 이동하는 사람이나 자동차의 실제적인 접근거리보다 짧게 측정되는 단점이 있다. 반면 직각거리(Manhattan distance)는 격자 형태가 발달한 도시를 대상으로 실제적인 도로의 네트워크 거리를 측정하기 위한 현실적인 한계를 보완하기 위한 방법이다. 이 방법은 직선거리보다는 길게 측정될 수 있으나, 실제 도로를 따르는 경로 보다는 짧게 측정될 수도 있는 한계가 있다. 마지막으로 네트워크 거리(Network distance)는 도로를 기반으로 두 지점까지 접근 가능한 경로 중 최단거리를 산출하여 실제 사람 또는 자동차가 접근 가능한 거리를 측정한다. 이상의 접근거리 산정 방법론을 검토한 결과, 이 연구는 도시철도역으로부터 개별 건물까지 도달 가능한 보행거리를 기준으로 접

근성을 산출하는 연구로서, 가장 실제 보행거리와 근접한 네트워크 거리 산출방법이 적합함을 알 수 있다.

도시철도역으로의 보행접근은 접근경로가 다양하고 포괄적으로 발생한다. 따라서 자동차 도로의 중심선으로 구축된 기존 네트워크를 보행로 중심으로 다시 구축하는 과정을 필요로 한다. 이 연구에서는 보행네트워크를 구축한 방법론을 선행연구에서 차용하여 보행 가능한 경로를 네트워크로 구축하였다. 선행연구에서는 보행과 차량이 같이 사용하는 보차 혼용도로는 도로 중심선을 활용하였으며, 대로의 경우에는 보행로를 양 방향의 인도로 구분하였다. 또한, 보행로를 인도/보차혼용도로/횡단보도/육교/지하도 등으로 구분하고 각 보행로의 통과시간을 다르게 적용하고 있다(그림 2 참조).

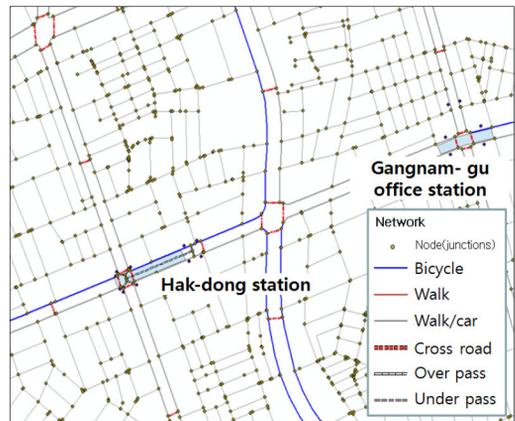


그림 2. 안영수 외(2011)의 연구에서 구축한 보행네트워크(학동역 부근 확대) Source: An(2011)
Fig. 2. The Pedestrian Network Database (zoomed around of Hank-dong station)

하지만 이 연구에서는 보행시간이 아닌 보행접근 거리를 기준으로 분석하였다. 보행접근시간을 정확하게 산출하기 위해서는 시간대별 보행량에 의한 보행밀도, 경사, 장애물 등에 따라서 다르게 산출될 수 있기 때문에 이에 대한 고려를 요구한다. 그러

나 이들 정보는 아직까지 구축되지 않았기 때문에 이 연구에서는 보행로의 종류에 따른 통과시간은 고려하지 않되 보행로의 종류는 동일하게 적용하였다(그림 3 참조).

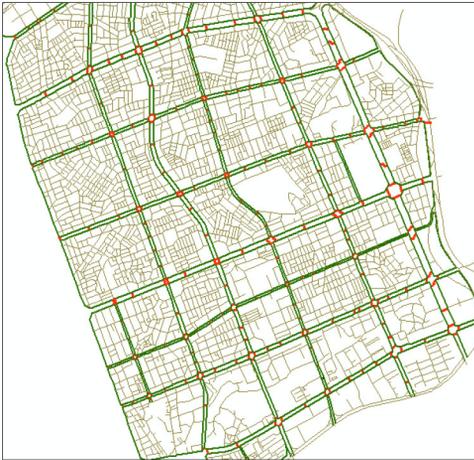


그림 3. 보행네트워크 구축 (강남권역)
Fig. 3. Construct of pedestrian network

구축된 보행네트워크를 활용하여 도시철도역 지상 출입구와 각 건물까지의 보행네트워크 거리를 산출하였으며, 이 거리 값을 이용하여 건물 개발밀도에 대한 영향을 실증분석 하였다.

2. 강남권역 건물 개발밀도 현황

건물의 개발밀도는 주거용도와 비주거용도로 구분하여 분석하였다. 이는 주거용도가 개별 건물이 아닌 빌라 또는 아파트의 대형 단지로 구성되어 도시철도역과 접근거리에 대한 개발밀도의 연관성에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 강남권역의 비주거용도(상업·업무) 입지 및 개발밀도 현황은 [그림 4]와 같다.

강남권역의 비주거용도 건물 입지현황 및 개발밀도를 살펴보면 도시철도역을 중심으로 상업·업무 용도의 건물이 집중적으로 입지하여 있다. 특히, 총

연면적이 큰 고밀개발의 상업·업무 시설이 역과 근접하여 입지해 있는 것을 확인할 수 있다. 반면에 대형블록의 안쪽 지역에는 주거용도의 건물이 다수 입지하여 있다.



그림 4. 강남권역 상업·업무 시설과 개발밀도
Fig. 4. Development density of retail and office

강남권역에 포함되는 상업·업무 용도의 건물 총 개수는 7,892개이다. 이 건물들의 총 연면적은 18.9 km^2 이며, 건물별 평균 개발연면적은 2,396.9 m^2 이다.

3. 도시철도역까지의 네트워크 거리 산정

도시철도역과의 각 건물의 네트워크 거리를 산정하기 위해 ArcGIS 10.2 프로그램을 활용하였다. 가장 가까운 시설에 대한 경로분석(closest facility)은 구축된 보행네트워크를 기반으로 가장 가까운 시설까지의 네트워크 경로를 분석하는 방법으로 이 연구에 적용하기에 적절하다. 이 기능은 개별 건물의 중심점으로부터 네트워크 거리를 기준으로 가장 가까운 도시철도역을 선택하고, 해당 경로를 라인 데이터로 도출한다. 도시철도역은 지하 플랫폼의 중심점이 아닌 지상 출입구 위치를 기반으로 하였으며, 이는 일반적으로 도시철도 이용자가 지상 출입구에

대한 인지도가 높기 때문이다. 건물은 바닥 형상 (polygon) 중 중심점을 기준으로 하였다.



그림 5. 각 건물에서 가장 가까운 지하철역 까지 네트워크 거리 경로분석 결과
Fig. 5. Results of the nearest path analysis from entrance on the ground to each facilities.

강남권역의 비주거용도 건물에서부터 가장 가까운 도시철도역 지상 출입구까지의 경로를 분석한 결과 도면은 [그림 5]와 같다. 각 건물에서 보행 네트워크 거리를 기준으로 가장 가까운 도시철도역 출입구까지를 경로로 나타냈으며, 동일한 도시철도역을 같은 색으로 표현하였다.

[그림 6]과 [그림 7]은 [그림 5]에서 학동역 부근을 확대한 도면으로 실제 산출된 네트워크 경로에 대한 이해를 높이고자 하였다. 학동역의 지상 출입구(1~10번)와 가장 가까운 상업·업무 용도의 건물들을 추출하여 도면으로 나타내면 [그림 6]과 같으며, 총 579개의 건물이 포함되었다. 이 중 A에 위치한 건물의 네트워크 경로는 총 385m로 [그

림 7]과 같다.



그림 6. 학동역이 가장 가까운 비주거용도 건물
Fig. 6. Paths and buildings of the nearest distance to Hak-dong subway station.

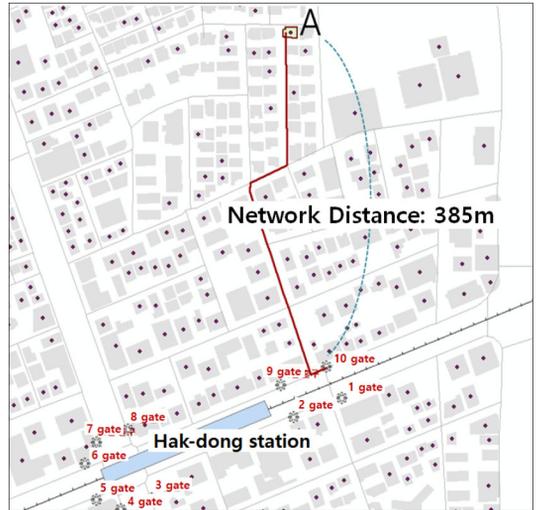


그림 7. A 건물에서 학동역 10번출구까지의 네트워크 경로 산출
Fig. 7. Calculate of the network distance from 10th entrance on the ground of Hak-dong station to A building

IV. 역세권 건물 개발밀도 실증분석

1. 실증분석 개요

이 연구에서 도시철도역과의 보행 접근거리와 건물 개발밀도의 연관성을 실증분석 하기위해 거리조락함수(distance-decay function)를 사용하였다. 거리조락함수의 개념은 공간상에서 발생하는 현상이 그 중심에서 멀어질수록 크기나 밀도가 감소하는 경향을 의미한다. 이를 이 연구에 적용하면, 역과의 네트워크 거리가 멀어질수록 건물의 개발밀도가 감소하는 현상이라 할 수 있다. 또한, 거리조락함수는 도시와 경제 지리학에서 매우 중요한 요소 중 하나이며, 공간적인 파급효과를 이해하는 측면에서 다양한 학문에 중요한 역할을 하고 있다(Fotheringham, 1981). 다양한 선행연구에서 활용한 거리조락함수를 이용하여 이 연구에 적용할 함수의 형태를 도출하였으며, 다수의 연구에서 거리조락함수의 형태를 exp함수를 기반으로 삼았다(표2 참조).

표 2. 선행연구에서의 거리조락함수 구축 형태
Table 2. Distance-decay function in preceding researches.

연구자 (researcher)	거리조락함수 형태 (distance decay function)
Cheng, Bertolini (2013)	$e^{-\beta(k) \cdot t_{ij}}$
Kim, Kwon (2009)	$e^{-\beta \cdot d}$
Ji, Bek, Huang (2008)	$e^{-\beta \cdot c_{ij}}$

source: An(2014)

이 연구에서도 exp함수를 기반으로 거리조락 함수를 구축하였으며 [식 1]과 같다.

$$f(x) = e^{-\beta \cdot d_{ij}} \text{ ----- [식 1]}$$

$f(x)$: 역과의 네트워크 거리별 개발밀도 합수

β : 거리감쇄계수

d_{ij} : i 역에서 j 건물까지의 네트워크 거리

2. 기초통계분석

연구대상지인 강남권역에 포함되는 도시철도역의 수는 총 17개이지만, 가장 가까운 역에 포함되는 건물의 수가 21개 이하인 도곡역(4개), 매봉역(21개), 학여울역(20개)은 제외한 총 14개의 역을 대상으로 분석하였다. 14개 도시철도역들의 주변 건물의 수와 총 건축연면적, 평균건축연면적, 평균보행 접근거리, 총 이용자수(승·하차)의 기초통계는 [표 3]과 같다.

표 3. 기초통계량
Table 3. Statistics of basic

Statistics of basic	Num. of buildings	Total floor space (1,000 m ²)	Ave. floor space (m ²)	Ave. network distance (m)	Total ridership per a year (1,000 person))
Sinsa	489	590	1,205.9	397.6	20,001
Gangnam	354	1,065	3,007.7	469.0	74,286
Gangnam-gu office	925	1,118	1,208.1	692.3	16,259
Nonhyeon	199	234	1,174.3	300.2	15,871
Daechi	129	277	2,147.6	669.7	9,051
Samseong	571	4,978	8,718.9	604.2	52,213
Seolleung	715	2,156	3,015.4	512.5	44,279
Sinnohyeon	338	431	1,274.0	355.9	-
Apgujeong	883	1,209	1,368.8	625.8	32,716
Yangjae	260	522	2,008.4	618.4	33,957
Yeoksam	1,046	2,856	2,730.7	522.5	36,577
Cheongdam	815	1,218	1,494.8	673.9	19,877
Hak-dong	854	1,652	1,934.1	451.4	17,963
Hanti	269	397	1,476.6	536.9	-
Total	7,847	18,702	2,340.4	530.7	373,051

총 14개의 지하철역과의 보행접근거리를 산정한 결과, 총 7,847개의 건물이 포함되었으며, 역삼역과 가장 가까운 건물의 수가 1,049개로 가장 많았다. 반면 총 건물연면적과 평균건물연면적은 삼성역이 총 4,978천㎡와 평균 8,718㎡로 가장 높았다. 가장 가까운 역까지의 평균접근거리가 가장 짧은 역은 신논현역으로 평균 355.9m였다. 2010년을 기준으로 역별 총 이용자수는 승차자와 하차자를 합하여 산출하였으며, 신논현역과 한티역을 제외하고 강남역이 74,286천명으로 가장 많았다.

3. 실증분석 결과

[식 1]에서 파라미터 β 를 계산하기 위해 양변에 자연로그(ln)를 취하여 회귀분석한 결과는 [표 4]와 같다. 여기서 종속변수인 $f(x)$ 는 네트워크거리를 5m씩 구분하여 각 구간별 해당 건물의 평균 연면적 합계를 사용하였다. 이를 건물까지의 네트워크거리별 평균연면적 분포도로 나타내면 [그림 8]과 같다.

표 4. 회귀분석 결과(전체)

Table 4. Results of regression analysis (total)

Index	R^2	F	$sig.$	β
Total	0.209	67.261	0.000	0.004
buildings below 300m	0.329	28.955	0.000	0.004
buildings above 300m	0.517	207.566	0.000	0.003

연구대상지에 포함된 도시철도역 전체를 대상으로 분석한 결과, 모델식은 유의수준 0.01에서 유의미하였으며, 모델설명력은 20.9%로 나왔다. 거리감쇄계수인 β 값은 0.004로 분석되었다. 따라서 연구대상지인 강남권역에 포함된 전체 역으로부터 보행접근

거리가 멀어질수록 건물의 개발밀도가 점차 작아질 것이라는 연구가설 A-01은 채택될 수 있다.

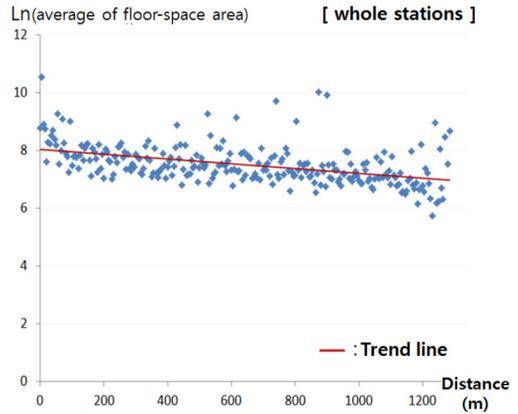


그림 8. 거리별 평균연면적 분포도와 추세선(전체)
Fig. 8. Distribution and trend line of average floor-space (ln) and pedestrian distance

또한, [그림 8]에서 약 300m까지 건물의 평균연면적의 변화가 거의 없으므로, 역과의 보행거리 300m를 기준으로 구분하여 각각 회귀분석한 결과, 보행거리 300m이전과 이후로 구분했을 때 전체적으로 회귀모델의 설명력은 높아졌으며, 300m 이후의 설명력이 0.514로 매우 높았다. 거리가 멀어질수록 평균건물연면적의 감소 기울기는 300m 이전에는 기존 전체를 대상으로 한 분석결과와 동일하였으나, 300m 이후는 0.003으로 다소 낮아졌다.

다음은 각 역별 실증분석 결과로, [식 1]을 연구 대상지에 포함된 14개의 도시철도역을 각각 적용한 결과는 아래 [표 5]와 같다.

각 역별로 분석한 결과, 유의수준 0.01에서 유의미한 역들은 강남역, 논현역, 대치역, 삼성역, 선릉역, 압구정역, 역삼역, 청담역으로 총 8개의 역이 유의미하였다. 하지만 회귀식의 설명력을 나타내는 역별 회귀모델의 설명력(R^2)이 10% 이하인 압구정역과 청담역을 제외하면 총 6개의 역에서 의미있는 실증

분석 결과가 나왔다고 할 수 있다. 따라서 개별 역 별로도 도시철도역까지의 보행접근거리가 멀어질수록 건물의 개발밀도가 낮아질 것이라는 연구가설 A-02는 기각된다. 이는 개별 역마다 주변지역의 다양한 특성들(예를 들어 버스노선밀도, 대형상업시설 및 주차장 등)에 의해 건물의 개발밀도가 영향을 받을 수 있다.

표 5. 회귀분석 결과(역별)
Table 5. Results of a linear regression model (each station)

Stations	R^2	F	sig.	β
Sinsa	0.037	5.565	0.012 **	0.003
Gangnam	0.151	28.956	0.000 ***	0.007
Gangnam-gu office	0.001	0.191	0.663	0.000
Nonhyeon	0.142	15.763	0.000 ***	0.008
Daechi	0.316	40.116	0.000 ***	0.009
Samseong	0.184	44.374	0.000 ***	0.011
Seolleung	0.100	23.992	0.000 ***	0.005
Sinnonhyeon	0.020	2.628	0.107	0.003
Apgujeong	0.061	14.607	0.000 ***	0.003
Yangjae	0.000	0.070	0.791	0.000
Yeoksam	0.113	26.891	0.000 ***	0.005
Cheongdam	0.028	6.798	0.010 ***	0.002
Hak-dong	0.000	0.027	0.870	0.000
Hanti	0.003	0.430	0.513	0.001

significance : 0.1* 0.05** 0.01***

또한, 개통시기에 따라서 분석결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 조사하여 비교하였으나, 연관성은 찾을 수 없었다.¹⁾ 유의수준이 0.01이하이더라도 전

체적으로 대치역을 제외한 모델의 설명력이 30% 이하인 것도 같은 의미로 판단된다.

유의수준 0.01에서 유의미하고, 모델의 설명력이 10% 이하인 역들을 제외한 6개 역의 거리별 평균 연면적 분포도와 추세선을 나타내면 [그림 9]와 같다. [그림 9]를 보면, 6개역 모두 보행 네트워크 거리가 멀어질수록 건물의 평균연면적(ln)이 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 실제적인 보행네트워크 거리가 역에서부터 멀어질수록 건물의 개발밀도에 실제적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 단, 연구 대상지가 강남권역으로 전체적으로 유동인구가 많고 개발밀도가 높아 그 기울기가 크지는 않았다. 따라서 역마다 보행접근거리가 멀어질수록 건물 개발밀도가 감소기울기가 다를 것이라는 연구가설 B-01은 채택될 수 있다.

또한, 역별 회귀분석 결과의 거리감쇄계수값(β)을 이용하여 거리감쇄함수 형태의 그래프로 나타내면 [그림 10]과 같다. 강남권역에 포함된 전체 역에 대한 거리감쇄함수 그래프보다 6개 역들의 거리감쇄의 그래프의 기울기가 더 크게 나타났으며, 이는 도시철도 역을 중심으로 전체 평균보다 더 고밀 개발되어 있음을 의미한다. 이 중 삼성역의 거리감쇄 기울기가 가장 컸으며, 대치역과 논현역, 강남역, 역삼역, 선릉역 순서로 나타났다. 삼성역이 가장 큰 기울기를 보이는 이유는 삼성역에 개발밀도가 큰 코엑스몰이 연결되어있기 때문이다.

마지막으로, 역별 이용자수와 보행접근거리별 건물 개발밀도 감쇄함수의 계수값(β)를 비교하면, [그림 11]과 같다. 논현역과 대치역을 제외하고 이용자가 많을수록 계수 값도 컸으며, 이는 이용자가 많은 역에서의 감소 기울기가 더 큼을 나타낸다. 따라서 역의 이용자가 많은 역이 보행접근거리가 멀어질수록 건물 개발밀도의 감소 기울기가 완만할 것이라는 연구가설 B-02는 기각되며, 반대의 결과가 나왔다.

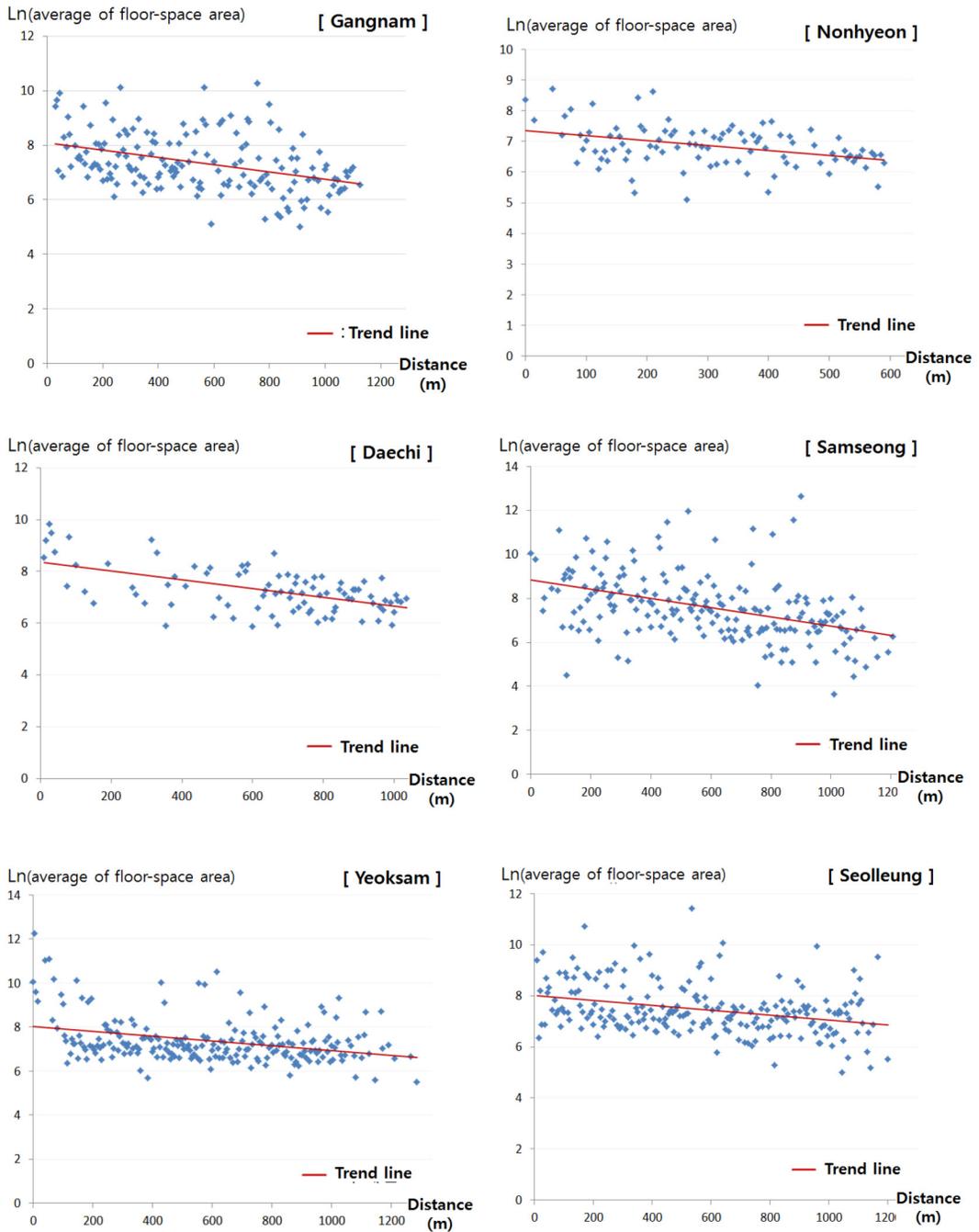


그림 9. 역별 보행 거리와 평균연면적 분포

Fig. 9. Distributions and trend lines of ave. floor space and pedestrian distance for each station.

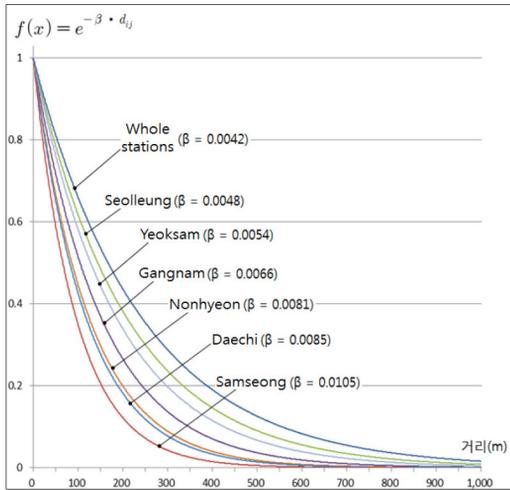


그림 10. 보행네트워크 거리별 건물 평균연면적의 거리감쇄함수 그래프 (6개 역)
 Fig. 10. Graph of the Distance-decay function for each station

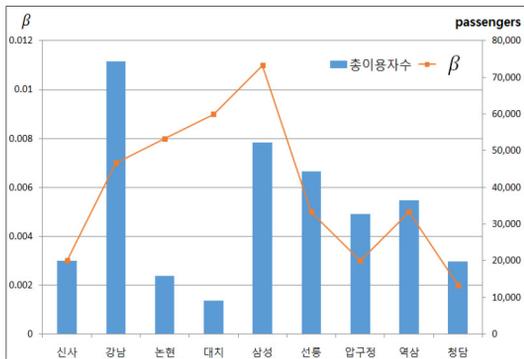


그림 11. 역별 총 이용자수와 거리감쇄계수 비교
 Fig. 11. Compare the total ridership of each station and parameter β of the distance-decay function

V. 결론

도시철도역은 많은 유동인구를 수용하는 지점으로서, 교통의 요충지 역할을 수행한다. 도시철도 역세권의 유동인구의 증가는 역세권내 건물 개발형태에 큰 영향을 미친다. 그러나 도시철도 접근성이

주변 건물의 개발 정도에 미치는 영향을 실증분석한 연구는 국내에서 아직 찾아보기 힘들다. 특히, 건물 개발밀도에 중요한 영향을 미치는 유동인구가 실제 보행로를 따라 이동함에도 보행네트워크의 부재로 이를 실증분석한 연구는 없었다. 이에 이 연구는 보행네트워크를 구축하고, 이를 기반으로 가장 가까운 도시철도역까지의 보행접근거리를 산출함으로써 실제적인 보행접근거리가 건물 개발밀도에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였다.

실증분석결과를 종합하면 다음과 같다. 첫째, 역과의 거리를 보행네트워크 거리를 기준으로 산정하여도 선행연구에서 검증한 것과 동일하게 역과의 거리가 멀어질수록 건물의 개발밀도는 통계적으로 유의미하게 낮아졌다(가설 A-01). 따라서 역세권의 보행로 개선은 주변 건물의 개발밀도 변화와 밀접한 관련성이 있으므로, 역세권 개발 시 도시철도역까지의 보행접근로 확보 등이 중요함을 알 수 있다. 하지만 모델의 설명력이 약 21%로 낮았으며, 이는 도시철도역의 보행접근거리와 건물 개발밀도의 연관성이 보행접근거리 이외에 다양한 변수의 영향이 있음을 알 수 있다. 도시철도 이외의 교통수단(버스, 승용차, 자전거 등)의 접근성뿐만 아니라 업종간의 상호연관성 등이 영향요인이 될 수 있는데, 이는 후속연구를 통해 살펴보아야 할 것이다.

둘째, 각 역별로 구분해서 역과의 보행접근성과 개발밀도의 연관성에 대해 실증분석한 결과 총 14개의 역중 9개역이 유의미했으며, 이 중 회귀모델의 설명력을 고려할 때 약 6개의 역만이 의미가 있었다(가설 A-02, B-01). 이는 역마다 보행접근거리와 주변 건물의 개발밀도의 연관성이 다를 것을 의미하는 것으로, 역세권 개발 시 역과의 보행접근거리를 기준으로 건물의 개발밀도 등을 예측하거나 적용하기에 한계가 있음을 의미한다. 따라서 해당 역의 특성과 지역적 여건을 고려한 역별 보행접근지표의 개발이 필요하며, 이는 해당역의 신규개발 및

밀도관리에 있어서 중요한 역할을 할 수 있다.

셋째, 역과의 보행접근거리가 주변 건물의 개발 밀도에 유의미한 영향을 미치는 역들 중, 역을 이용하는 유동인구가 많을수록 개발밀도의 감쇄기울기가 더 컸다(가설 B-02). 이는 역을 이용하는 이용자수가 많을수록 역을 중심으로 더 압축된 개발 밀도 형태를 나타내는 것으로, 향후 역을 이용하는 이용자 규모가 주변 건물의 총 개발밀도뿐만 아니라 역을 중심으로 압축형태에도 영향이 있음을 알 수 있다. 따라서 역세권 개발 시 해당 역의 이용자 규모를 장기적인 관점에서 고려하여 반영하는 것이 필요하다.

이 연구는 강남권역을 대상으로 총 14개의 도시 철도 역세권에 해당하는 실제 보행네트워크를 구축하고, 개별 건물의 총 개발연면적을 대상으로 역까지의 보행접근거리가 실제 개발밀도에 미치는 영향을 실증분석하였는데 의미가 있으나, 보행네트워크의 속성정보 부족으로 보행접근시간이 아닌 경로상의 거리를 대상으로 한 한계가 있다. 또한, 건물의 개발밀도에 미치는 다른 교통수단의 접근성(버스, 승용차, 자전거 등)을 고려하지 못했다. 따라서 향후 연구에서는 도시철도역까지의 보행접근성뿐만 아니라 다양한 수단별 접근성, 동종 업종의 집적도 등을 반영하여 실제 건물의 개발밀도에 미치는 요인을 실증분석할 필요가 있다. 또한, 두 번째 연구 결론에서도 언급하였듯이, 각 역별로 접근성 지표의 개발이 필요하며, 이를 통해 도시철도역을 중심으로 발달한 비주거용 건물의 개발밀도를 지속가능하게 예측 및 관리할 수 있을 것으로 기대한다.

는 1985년 개통된 양재역부터 2009년 개통된 신논현역까지 다양하였다.

인용문헌

References

1. 김태호·신예철·성현근, 2013, "거리기반 TOD계획요소와 서울시 역세권 대중교통 이용수요와의 연관성에 관한 연구", 「국토계획」 48(2): 51-64.
Kim, Taeho·Shin, Yeacheol·Sung, Hyungun, 2013, "The Relationship of Distance-based TOD Planning Elements to Public TRansit Ridership in Seoul Subway Station Areas", *Journal of Korea Planners Association*, 48(2): 51-64.
2. 김재홍·이신해·이승일, 2007, "명시선호실험과 현시 선호자료를 이용한 대도시권 지하철역세권 설정 연구", 「국토연구」 52: 131-148.
Kim, Jaehong·Lee, Shinhae·Lee, Seungil, 2007, "Defining the Spatial Extent of Subway Catchment Areas in the Metropolitan Areas Using SP and RP Data", *The Korea Spatial Planning Review*, 52: 131-148.
3. 박지형·노정현·성현근, 2008, "구조방정식모형을 활용한 TOD 계획요소의 대중교통 이용효과 분석", 「국토계획」 43(5): 135-151.
Park, Jeehyung·Rho, Jeonghyun·Sung, Hyungon, 2008, "Impact Analysis of TOD Planning Elements on TRansit Ridership in SEoul Rail Station Areas by Using the Method of Structural Equational Modeling", *Journal of Korea Planners Association*, 43(5): 135-151.
4. 성현근·최막중, 2014, "철도역 접근성이 건축물 개발밀도에 미치는 영향." 「국토계획」 49(3): 63-77.
Sung, Hyungun · Choi, Mack Joong, "An Effect of Rail Station Accessibility on Building Development Density", *Journal of Korea Planners Association*, 49(3): 63-77
5. 안영수·장성만·이승일, 2011, "최적경로 알고리즘을 이용한 지하철역 보행 및 자전거 접근시간 지도 제작과 적용 연구." 「서울도시연구」 12(3): 129-140.
An, Youngsoo·Jnag, Seongman· Lee, Seungil,

주1. 연구분석 시점인 2010년을 기준으로 각 역별 개통연도를 살펴보면 다음과 같다. 신사역(1985), 강남역(1982), 강남구청역(2000), 논현역(2008), 대치역(1993), 삼성역(1982), 선릉역(1982), 신논현역(2009), 압구정역(1985), 양재역(1985), 역삼역(1982), 청담역(2000), 학동역(2000), 한티역(2003). 회귀분석 결과에서 통계적으로 유의수준이 낮은 5개의 개통 시기

- 2011, "A Study on the Map of Walk- and Bicycle-Access Time to Subway Station Using a Shortest-part Algorithm for Gangnam Area of Seoul", *Seoul Studies*, 12(3): 129-140.
6. 안영수·장성만·이승일. 2012, "GIS 네트워크분석을 활용한 도시철도역 주변지역 상업시설 입지분포패턴 추정 연구." 「국토계획」 47(1): 199-213.
An, Youngsoo·Jnag, Seongman· Lee, Seungil, 2012, "A Study on the Distribution Pattern of Commercial Facilities around a Subway Station Using GIS Network Analysis", *Journal of Korea Planners Association*, 47(1): 199-213
7. 안영수·오선영. 2015, "신촌역 대중교통전용지구 설치에 따른 역세권 보행 접근도 변화 실증 연구." 「국토계획」 50(3): 243-256.
An, Youngsoo·Oh, Sunyoung, 2015, "An empirical study on the effect of pedestrian accessibility by constructing the transit mall around Sinchon subway station", *Journal of Korea Planners Association*, 50(3): 243-256
8. 이승일, 2000, "교통발생저감을 위한 환경친화적 도시공간구조 연구." 「국토계획」 35(6): 21-33.
Lee, Seungil, 2000, "A Study on Sustainable Urban Forms for Enhancing Traffic Avoidance -The Case of the Kwangju Metropolitan Area-", *Journal of Korea Planners Association*, 35(6): 21-33.
9. 이희연, 1997, "접근도의 변화에 따른 역세권의 토지이용변화와 개발방향에 관한 연구: 건대역을 사례로 하여", 「대한지리학회지」 32(1): 69-90.
Lee, Heeyeon, 1996, "A Study of Land Use Changes and Direction of Development of Surrounding Area of KonKuk Subway Station According to Changes in Accessibility", *Journal of Korea Geographical Society*, 32(1): 69-90.
10. 정현, 2007, "대구지하철 역세권의 토지이용 방향 연구", 「건설·환경연구」 6(3): 59-80.
Chung, Hyun, 2007, "A Study on the Land Use Planning in the Subway Station District in Taegu", *Construction & Environment Studies* 6(3): 59-80.
11. Fu, L., Sun, D., and Rilett, L. R., 2006, "Heuristic shortest path algorithms for transportation applications: State of the art", *Computers & Operations Research*, 33: 3324-3343.
12. Limtanakool, N., Dijst, M., and Schwanem, T., 2006, "The influence of socioeconomic characteristics, land use, and travel time considerations on mode choice for medium- and longer-distance trips", *Journal of Transport Geography*, 14: 327-341.
13. O'sullivan, S., Morrall, J., 1996, "Walking Distances to and from Light-rail Transit Stations", *Transportation Research Record*, 1538: 19-26.
14. Lee, S., Yi, C., and Hong, S., 2013, "Urban structural hierarchy and the relationship between the ridership of the Seoul Metropolitan Subway and the land-use pattern of the station areas", *Cities*, 35: 69-77.

Date Received 2015-12-31

Date Reviewed 2016-01-31

Date Accepted 2016-02-01

Date Revised 2016-03-21

Final Received 2016-03-21