

■ 論 文 ■

지하철 역사에서의 출구선택 모형 개발

Development of Gate Choice Model of Subway Station

박 지 훈

(서울시정개발연구원 연구원)

이 승 재

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

김 주 영

(서울시립대학교 교통공학과
박사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위
 - 3. 연구의 수행방법
 - II. 기존연구 및 이론적 고찰
 - 1. 기존 문헌 고찰
 - 2. 역세권 설정
 - 3. Space Syntax 기법
 - III. 분석 자료 구축
 - 1. 분석 자료 구축의 개요
 - IV. 모형 구축 및 검증
 - 1. 모형의 구축
 - 2. 모형의 검증
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 지하철, 역, 출구선택, 스페이스 신택스, 토지이용
Subway, Station, Gate Choice, Space Syntax, Land Use

요 약

현재 지하철 출구의 위치 및 크기는 경험적이고 직관적인 판단 하에 지하철 출구의 보행량에 의해 결정되어지는 상황이며, 지하철 출구를 얼마나 많은 사람들이 이용할지에 대한 연구는 현재까지 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 지하철 출구 선택 모형을 구축하여 출구에 대한 이용수요를 예측하고자 한다. 지하철 출구의 가장 중요한 선택 요소라 함은 목적지라 할 수 있다. 이러한 목적지를 어떻게 계량화 할 것인가는 본 연구의 주된 연구 내용이다. 본 연구에서는 목적지를 계량화하기 위하여 역세권의 토지이용계획, 버스노선수, 역세권 공간구조(Space Syntax 기법의 Depth 개념, 역세권의 도로 연장 등) 등에 대한 기본적인 데이터를 이용하여 회귀분석 모형을 구축하였다. 모형 구축 결과 지하철 보행량은 토지이용 중 상업지역의 연상면적과 역세권 공간구조의 계량화 지표인 Total Depth, 버스노선수에 따라 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다. 모형의 검증은 강남역과 양재역의 각 출구 보행량을 대상으로 수행하였으며, 이때 발생하는 출구 영향권 설정 문제에 관한 연구를 추가적으로 수행하였다. 연구결과 지하철 출구 선택이 어떠한 요소에 의해서 영향을 받는다는 것을 모형식을 통해 규명하였으며, 이를 통하여 향후 건설될 신규 지하철 역사에서의 출구 위치 및 크기 결정에 기여할 수 있는 기반을 마련하였다.

Until now, the location and the size of gate are designed by only experience and intuitive use judgement. However there are no studies that investigated how many people will be using each subway gate depending on the location of gates. Therefore, the purpose of this study is to develop a gate choice model of subway station. The most critical element of a gate choice in subway station is the location of pedestrian's destinations. In this study, the development of the regression model is constructed from data of land use characteristic of station vicinity and the number of bus route and the space structure of station vicinity(Depth concept by Space Syntax analysis and total road length of station vicinity) by using the real data of 30 subway station in Seoul. This study found that subway pedestrian flow are mainly determined by three factors; the total floor space of commercial buildings, Total Depth(space structure index of station vicinity), and the number of bus route. The verification of a proposed model is done by using the real gate pedestrian data of two subway station in Seoul; Gang-nam and Yang-jae. The additional study of how to define the gate impact area is analysed. Therefore, this study will provide the theoretical bases in decision of gate location and size when a new subway station is opened in future.

1. 서론

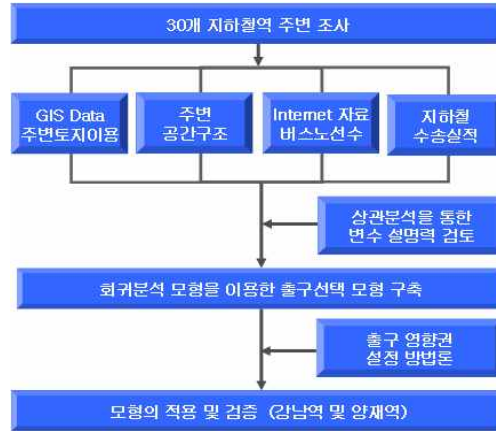
1. 연구의 배경 및 목적

1970년 초 지하철 1호선이 개통된 이후로 서울시는 총 연장 286.9km의 8개 지하철 노선에 총 265개의 지하철역이 운영(2006년 12월말 기준)중에 있으며, 2005년 기준으로 수송인원은 620만 명에 달하고 있다. 최근에도 지하철 9호선 및 기타 노선이 공사중에 있으며, 그에따른 많은 신설 역사들이 건설될 것이다. 이러한 지하철 역사를 신설 할 때는 여러 가지 요소를 고려해야 하며 그 중 지하철 출구의 위치 및 그 크기는 결정지어야 할 중요한 요소 중 하나이다. 현재로서는 이러한 출구의 위치 및 크기는 경험적이고 직관적인 판단 하에서 결정되어 지고 있으며 그 판단은 지하철 출구 보행량에 기인한다. 그러나 현재까지는 지하철 출구를 얼마나 많은 사람들이 이용할지에 대한 연구가 미흡하였다. 이에 본 연구에서는 지하철 출구 선택 모형을 구축하여 출구에 대한 이용수요를 예측하고자 한다. 이를 통하여 향후 건설될 신규 지하철 역사에서의 출구 위치 및 크기 결정에 기여할 수 있는 기반을 마련하고자 한다. 일반적인 상식으로서 사람들은 지하철 출구 선택의 가장 중요한 선택인자는 목적지라고 생각한다. 본 연구에서는 이러한 목적지가 출구선택에 가장 중요한 요소라는 것을 감안하여 목적지와 연관성이 높은 주변 토지이용계획 등의 자료를 중심으로 모형을 구축하고자 한다.

2. 연구의 범위

본 연구의 주된 내용은 크게 두 가지로 구분 지을 수 있다. 첫째, 지하철 하차인원과 주변 토지이용 등과의 관계를 분석하여 회귀모형식을 구축한다. 둘째, 구축된 회귀모형식을 검증대상지역에 적용하여 출구선택모형의 검증을 수행한다. 두 가지 내용을 수행하기 위해서 모형 구축을 위한 대상지 선정, 대상지 주변 토지이용 조사, 대상지 주변 버스노선 조사, 대상지 시간대별 역별 수송실적 조사, 검증대상 지역의 보행 특성 조사 등에 관한 연구를 수행한다.

본 연구의 시간적 기준은 2007년으로 설정하였으며, 일부 자료의 경우 자료 구축의 한계 상 2006년 이전에 구축된 자료를 사용하였다. 또한 공간적 범위의 경우 모



<그림 1> 연구 수행 방법론

형 구축을 위해서 서울시내에 있는 지하철역 30개를 대상으로 하였으며, 모형의 검증을 위한 대상지로는 강남역과 양재역을 선정하였다.

3. 연구의 수행방법

본 연구의 수행방법은 <그림 1>과 같이 30개 지하철역의 주변 조사를 통해 분석의 기초자료(GIS Data를 이용한 주변 토지이용 조사, 주변 공간구조 조사, Internet 자료를 활용한 주변 버스노선수 조사, 지하철 시간대별 역별 수송실적 조사 등)를 구축하고 이들 변수들을 바탕으로 상관분석을 통하여 변수들 간의 설명력을 검토한다. 상관분석 결과로서 선택된 설명력 높은 변수들을 바탕으로 회귀분석 모형을 이용하여 출구 선택 모형을 구축한다. 구축된 모형에 대하여 강남역 및 양재역을 대상으로 검증을 수행하여 모형의 적합성을 검토하고, 이때 출구 영향권 설정 방법에 따라 달라지는 변화를 추가적으로 분석한다.

II. 기존 연구 및 이론적 고찰

1. 기존 문헌 고찰

이인성(1998)은 의사결정 분석기법을 이용하여 도시 주거지의 보행경로 선택 모형 구축을 시도하였다. 도시 주거지의 보행의 환경 및 통행상태를 분석하여 주된 보행환경 요소를 파악하고, 다양한 의사결정분석기법을 활용하여 보행자들의 보행경로 선택에 이들 환경요인이 어떻게 연관되는지를 밝히며, 이에 관련된 효용함수모형을

찾아 경로선택 모형을 구축하여 대상지 내 이 모형을 적용해 봄으로써 모형의 정확성과 유용성을 검증하는 과정을 거쳤다. 또한 설문조사를 통하여 경로선택 요소의 중요성 평가를 수행하였다. 그 결과 교통사고의 낮은 위험도, 짧은 통행시간, 짧은 거리 등의 요소가 보행 경로선택에 중요한 환경요소로서 분석되었다.

성현곤·김태현(2005)은 요일별 시간대별 지하철역의 이용인구를 중심으로 서울시의 역세권을 유형화한 후 이를 토대로 토지이용특성과의 연관성을 살펴보았다. 역세권 유형화를 위하여 지하철역 이용특성 자료를 이용하여 요인분석을 실시하였으며, 토지이용특성과의 연관성을 파악하기 위하여 다차원적도법을 사용하였다. 연구결과 서울시는 지하철의 역세권이 주거, 상업 및 여가, 그리고 업무중심우위로 분류할 수 있음을 밝혔다. 또한 연구에서는 주거/상업, 주거/업무, 주거/상업/업무 등의 다기능 우위를 지닌 즉, 복합적 이용특성을 가진 다수의 지하철역도 파악하였다. 하지만 위의 연구에서는 지하철 역세권 이용자와 토지이용관계를 바탕으로 역세권 유형화를 중점적으로 수행하여 두 가지 요소의 간의 직접적인 관계를 파악하지는 못하였다.

성현곤·권영중(2005)은 강남역세권을 중심으로 고용입지의 변화가 주거입지와 통근통행패턴에 어떠한 영향을 미치는가를 설문조사를 통하여 분석하였다. 설문조사의 분석결과는 직장이전에 따른 주거지 입지의 변화

를 고려하지 않을 때에는 통근시간의 증가와 더불어 자가용 승용차의 이용증대가 유발됨을 보여주었다. 즉, 지하철 접근성이 양호한 지역으로 직장이 이전하더라도 지하철 이용증대는 버스 도보의 수단전환으로 인한 효과가 크며, 자가용 승용차의 전환을 유도하기에는 어렵다는 것을 보여주고 있다. 위의 연구에서는 강남역세권의 전체 이용자(승용차, 버스, 지하철, 도보 등)를 대상으로 고용입지와 주거입지와 같은 토지이용패턴과의 관계를 분석하였다. 주거, 고용, 상업 및 여가 기능이 중심이 되는 강남역세권을 대상으로 분석하였다는 한계점을 가지고 있지만 이용자와 토지이용과의 관계를 보여주었다.

2. 역세권 설정

기존의 도시계획적인 관점에서는 역세권을 지하철의 이용객 증진, 역을 중심으로 한 일생생활의 중심지 형성을 위해 “보행자의 접근성”과 “토지이용” 측면에서 영향을 받는 범위라고 정의해 오고 있다. 지하철 역세권에 대한 기존의 도시계획적인 시각과 전통적인 도시공간의 개념을 교통공학적으로 해석한다면 지하철 교통이라는 도시의 대동맥이 개개의 지하철 역의 결절부에서 어느 만큼의 범위를 가진 권역 즉 단말조직에 지하철역과의 접근통행이라는 모세혈관을 통하여 지하철을 이용하고자 하는 통행수요를 처리해 주는 동적 시스템이 이루어지는

<표 1> 역세권에 대한 기존 연구

구분	역세권 설정방법	비고	설정요소	
국내	이론적 방법	반경 500m 일상의 통근, 통학 기타 통행목적으로 지하철역을 이용하는 여객의 수요가 발생하는 권역	도시계획법의 지구상세계획지침 한봉림(1991)	크기 잠재력
	실험적 방법	토지이용의 영향권, 도시시설유치권 초·중고의 학군, 소생활권(인구 2~3만인)	임정희(1998) 택지개발계획 실무지침	잠재력 잠재력
		설문 집단별 접근시간 분리	김동년(1986)	크기
		역세권 실체를 파악하는 변수로서 통행시간 구성요소, 즉 총통행시간, 도보시간, 대기시간, 승차시간을 분석의 지표로 설정	손정열(1993)	크기
	국외	역간거리 0.8~1.1km, 도보거리 0.8km, 행정구역과 결합하여 약1km	배준구(1982)	크기
		역세권의 형태를 정방향 또는 장방향으로 설정하고 역사의 등급을 구분하여 360, 540, 720m로 설정	오사카(일본)	크기, 모양
정기권 구입자의 거리누적비율 90%이내의 범위		동경(일본)	크기, 모양	
600m		볼티모어(미국)	크기	
1,400m		워싱턴(미국)	크기	
도심지역과 비도심지역으로 구분하여 각각 530m, 800m로 설정	LA(미국)	크기		
	전철의 정차지점 혹은 역사에서 400m내에 2,3층의 혼합건물과 복합용도의 간선, 보육시설, 공공용지, 지역쇼핑몰, 업무지원시설, 고용중심지 등 포함한 보행권	Calthrope의 TOD	크기, 잠재력	

공간이 지하철 역세권이라 할 수 있다.

지하철 역세권 설정은 지하철역이 가지는 통행수요를 예측하고 역세권 개발계획 수립에 근거를 제공해 주어서 상당히 중요한 의미를 지니고 있기 때문에 기존의 많은 연구가 수행되어 왔음에도 불구하고 뚜렷한 기준을 제시하지 못하고 있는 실정이다. 기존 역세권 설정방법들의 특성은 다음과 같이 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 주로 계획상의 법적 기준으로서 또는 이론적인 모형을 응용하거나 언어적 표현으로 개념화하여 역세권 반경을 규명함으로써 적용상의 범용성을 내재시키는 이론적 방법, 둘째, 실제 이용자와 이용성향과 역 주변의 사회·경제 지표를 이용하고 경험적인 실험을 통해서 얻은 결과치를 사용함으로써 지역적 특수성을 배려할 수 있는 실험적인 방법이 그것들이다. 이를 정리하면 <표 1>과 같다.

본 연구에서는 도시계획법의 지구상세계획지침에 따른 지하철 역사 반경 500m를 역세권으로 설정하여 분석을 수행하며 출구의 영향권 설정 시 기존의 역세권 설정 방법론을 활용한다.

3. Space Syntax 기법

1) Space Syntax 기법의 개요

Space Syntax 방법론은 공간구조를 분석하여 각 공간의 속성을 정량적으로 제시하는 이론이자 이를 토대로 개발된 일련의 컴퓨터 프로그램을 칭한다. 본 방법론은 1980~90년대에 걸쳐 영국의 런던대학교 Hiller 교수 연구팀이 개발하였다.

Space Syntax 이론은 공간구조상 중요도를 분석대상 지역의 전체 공간에서의 접근성에 의하여 계산한다. 즉, 분석대상 범위내의 모든 공간이 기점이자 종점이 되는 가정 아래 각 공간의 접근성을 분석한다. 이 접근성을 Space Syntax에서는 전체공간을 통합하여 주는 통합성 혹은 공간구조상의 위계성을 의미하는 통합성(Integration)이라 정의한다. 따라서 Space Syntax 분석 결과에 의한 통합성이 큰 공간은 다른 모든 공간으로부터의 접근성이 양호하다는 것을 의미한다.

Space Syntax는 도로망의 속성을 정량적으로 계산하게 되는데 먼저 도로망을 연속된 공간의 집합으로 가정하고, 분석 범위내의 모든 공간을 대상으로 최소한의 최대한 긴 직선으로 구성한다. 이를 축선도(axial map)라 정의한다. 다음으로 각 축선은 네트워크에서 노드(node)가 되

고 축선의 교차점은 링크(link)가 된다. 이러한 방식으로 공간구조모델은 전통적인 교통모델에서의 네트워크 속성을 계산하고 통계적 방법을 사용하여 분석대상지역의 전체적 특성 혹은 공간별 지역별 부분적인 속성과 전체지역과 부분지역간의 상호연관성을 분석하게 된다.

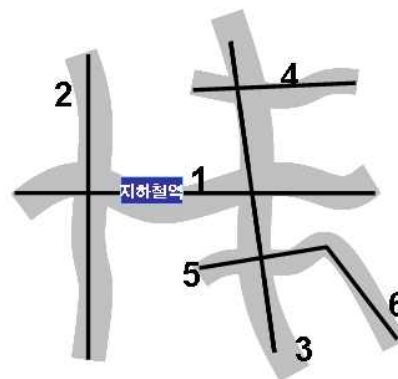
2) Space Syntax 모델 구축 방법

Space Syntax를 활용하여 공간구조를 분석하기 위해서는 오픈스페이스 체계로 구성된 분석대상 공간자료를 입력해야한다. 이를 축선도(axial map)라 하며, 축선도는 건물내부 혹은 도시공간에 시선과 접근성을 토대로 분석대상 건물 혹은 지역의 모든 공간을 포함하는 직선들로 이루어진다.

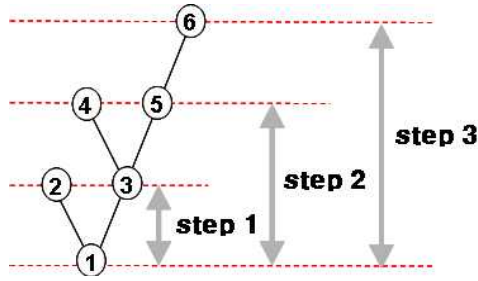
3) Space Syntax를 활용한 공간구조 산출

일반적으로 네트워크는 링크와 노드로 구성되어 있다. 따라서 기존의 네트워크를 Axial Line 형태로 단순화하여 각 링크의 연결도 및 접근성을 평가가 가능한 단위축선에 의한 분석을 수행한다. Space Syntax에서 하나의 네트워크를 하나의 Axial Line으로 표현할 수 있다. <그림 2>에서는 총 6개의 네트워크가 있으므로 이를 시각적 라인에 의한 Space Syntax Axial화하면 6개의 Axial Line으로 표현할 수 있다. 각 Axial Line에서 다른 Axial Line으로의 접근하는 방법을 공간적 구조 그래프로 표현할 수 있는데 이는 <그림 3>과 같다.

1번 링크에서 바로 2번과 3번 링크로 이용할 수 있다. 따라서 1번 링크와 2,3번 링크는 Step 1로 정의할 수 있다. 그러나 4,5번 링크는 1번에서 3번 링크를 거쳐야만 접근할 수 있으므로 1번의 Turn을 포함한 Step



<그림 2> Space Syntax Axial Line



<그림 3> Space Syntax 공간적 구조

2가 된다. 6번 링크는 1번 링크에서 총 2번의 Turn을 거쳐야 접근할 수 있으므로 step 3이 된다.

Space Syntax에서는 “Depth”라는 개념을 이용한다. Depth는 두 노드사이에 포함된 노드와 Steps(또는 Turns)의 개수를 세어 구할 수 있다. 이를 수학적으로 표현하면 Total Depth는 식(1)과 같으며 Mean Depth는 식(2)와 같다.

$$TD_i = \sum_{s=1}^m s \times N_s \tag{1}$$

TD_i : 노드 I에서의 총 Depth

s : Turn의 개수

m : I 노드에서 마지막까지의 이동에서 총 Turn의 개수

N_s : Step s에서의 노드개수

$$MD = TD / (k - 1) \tag{2}$$

MD : 평균 Depth

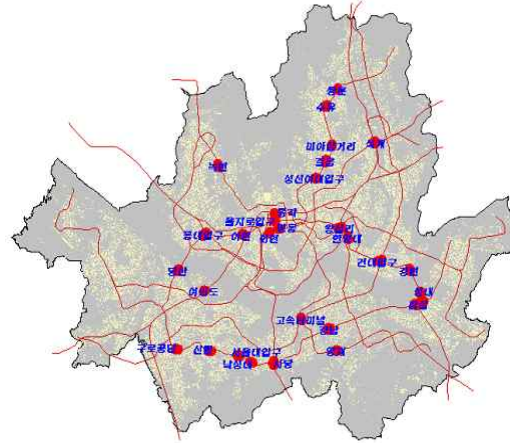
TD : 총 Depth

k : 네트워크의 총 노드개수

III. 분석 자료 구축

1. 분석 자료 구축의 개요

모형구축을 위해서 서울시내 30개 지하철역을 대상으로 주변 토지이용계획, 주변 공간구조, 버스노선수, 지하철 역별 승하차 인원 등의 자료 구축이 필요하며, 모형의 검증은 위해서는 검증대상지역에 대한 출구별 시간대별 보행량 조사 자료가 필요하다. 모형구축을 위한 30개 역 선정은 수도권 수백여개의 지하철 역 중 이용객이 많고 적



<그림 4> 모형구축을 위한 30개 지하철역

음, 환승역 유무 등을 균등히 고려하여 30개역을 선정하였으며, 그 역은 <그림 4>와 같다. 대상지역인 30개역은 1호선 종각역에서 8호선 잠실역까지 호선별로 균등히 선택하였으며, 환승역이 아닌 역, 2개 노선이 환승하는 역, 3개 노선이 환승하는 역까지 골고루 분석대상지역으로 선정하였다.

2. 지하철 역별 토지이용계획 자료 구축

서울시에서 구축한 GIS 데이터(필지별 재산세 과세 자료 중 용도별 연상면적/ 주민등록인구/ 사업체기초 통계자료 등)를 기반으로 지하철 역세권인 역반경 500m에 관한 자료를 구축하였다. 자료는 <표 2>와 같이 크게 면적합계/ 개발밀도/ 단독주택/ 공동주택/ 근린상업/ 일반상업/ 위락시설/ 숙박시설/ 업무시설/ 의료시설/ 교육문화/ 공업/ 거주인구/ 평균지가/ 사업체수/ 종사자수 등으로 구성되어 있다.

<표 2> 토지이용계획 자료의 개요

구분	내용	단위
면적합계	전체 연상면적의 계	m ²
개발밀도	면적합계/(2*3.14*500)	-
단독주택/공동주택/근린상업/일반상업/위락시설/숙박시설/업무/의료시설/교육문화/공업/차량관련/기타/거주인구	필지기반 토지이용자료	m ²
평균지가	1평당 평균지가	원
사업체수	사업체수	개
종사자수	종사자수	인

3. 주변 공간구조 자료 구축

지하철 역 주변의 공간구조를 변수로서 활용하려면 공간구조를 정량화하는 기법이 필요하다. 쉬운 개념으로서 지하철 역세권의 일정폭 이상의 도로의 연장은 역 주변의 공간구조를 정량화 하는 기법 중 하나이다. 앞서 검토한 Space Syntax의 Total Depth 또한 공간 구조를 정량화하는 기법 중 하나이다. 이에 역세권 도로의 연장과 역세권의 Total Depth 자료를 구축하였다. 이때 작은 골목길은 이용에 역세권 공간에 큰 영향을 끼치지 않을 것이라는 판단 하에 5m이상의 도로만을 대상으로 자료를 구축하였다.

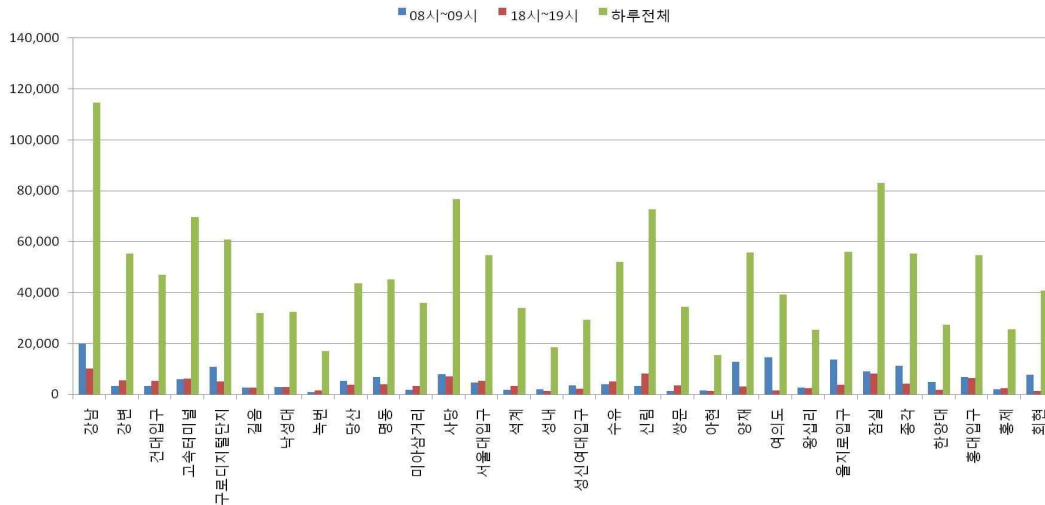
4. 지하철 역별 버스노선수 자료 구축

30개 지하철 역 주변 연계버스에 관한 자료는 인터넷을 이용하여 조사를 하였다. 네이버에서 제공하는 지역

정보-역정보-주변교통에서 제공하는 자료를 이용하였다. 역 주변 버스노선은 출구별/정류장별로 구분되어 있으며, 버스는 일반버스, 좌석버스, 광역버스(Red), 간선버스(Blue), 지선버스(Green), 순환버스(Yellow)로 구분되어져 있다. 버스노선 자료 중 유사노선은 중복노선이라는 판단하에 한 개의 노선으로 판단하여 자료를 구축하였다. 예를 들어 1005번 노선과 1005-1번 노선의 경우 전체 운행 노선은 조금 상이하지만 기종점이 같고 중복되는 구간이 대부분이므로 동일한 노선으로 판단되므로 1개 노선으로 정의하여 자료를 구축하였다.

5. 지하철 역별 시간대별 하차 자료 구축

서울메트로, 도시철도공사, 한국철도공사 등에서는 수집한 자료(2006년)를 바탕으로 시간대별/역별 승하차 자료를 구축하였다. 구축한 자료 중 본 연구에 사용하기 위해서 선정된 30개 지하철 역에 관하여 오전첨두시



<그림 5> 지하철 역별 시간대별 하차 자료

<표 3> 지하철 하차인원과 상관관계 분석

구분	토지이용자료														버스노선수	DEPTh	거리연장계
	단독주택	공동주택	근린상업	일반상업	위락시설	상업계	숙박시설	업무	의료시설	교육문화	공업	거주인구	사업체수	종사자수			
하차오전첨두	0.3	0.1	0.3	0.2	0.4	0.3	0.1	-0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.5	0.4	0.3
하차오후첨두	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3
하차계	-0.2	0.0	0.5	0.4	0.7	0.6	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	-0.2	0.2	0.3	0.6	0.5	0.3

(08~09시), 오후첨두시(18시~19시), 하차계(하루전체)에 대한 하차 인원 자료를 <그림 5>와 같이 구축하였다. 강남역의 경우 하루 하차 인원이 114,734인/일로 가장 많은 것으로 나타났다.

IV. 모형 구축 및 검증

1. 모형의 구축

1) 상관관계 분석

모형 구축을 위해서 종속변수와 독립변수간의 상관관계 분석을 수행하였다. 종속변수로는 오전첨두시 하차인원, 오후첨두시 하차인원, 1일 하차인원으로 설정하였으며, 독립변수로는 앞에서 구축한 토지이용계획 자료, 버스노선수, Total Depth, 역 주변 거리연장의 계로 설정하였다. 이때 토지이용계획 자료의 경우 속성이 비슷한 항목을 한 개로 묶은 분석 또한 함께 수행하였다. 예를 들어 단독주택과 공동주택은 주택계라는 한 개의 항목으로 묶었으며, 근린상업, 일반상업, 위락시설은 상업계라는 한 개의 항목으로 묶어 추가분석 하였다.

상관관계 분석 결과 전반적으로 지하철 하차인원과 근린상업시설, 위락시설, 상업시설계, 버스노선수, Depth 간의 상관관계가 0.4이상으로 상관성이 높게 분석되었다. 특히 오후 첨두시 하차인원과 상관관계를 살펴보면 위락시설, 상업시설계, 버스노선 수, Depth의 상관성이 높게 분석되었다.

2) 모형의 구축

상관분석 결과를 기반으로 모형을 구축하였다. 모형 구축을 위해서 사용할 수 있는 독립변수로는 오전첨두시 하차인원, 오후첨두시 하차인원, 1일 하차인원 중 오후 첨두시 하차인원을 설정하였다. 모든 경우에 대한 모형 구축이 가장 바람직하지만 오전첨두시 하차인원은 다른 독립변수들과 상관관계가 부족하며, 하루전체 하차인원은 모형 구축 후 검증 데이터가 부족하여 오후첨두시 하차인원을 독립변수로 설정하였다. 상관분석 결과 지하철 하차 인원은 상업지역 연상면적, 버스노선수, 공간의 정량화 지표인 Total Depth와 상관성이 높으므로 이를 사용하여 회귀분석모형을 구축하였다. 모형구축결과 수정된 결정계수의 값은 0.825로 나타나 모형의 적합성을 보였으며, 그 결과는 <표 4>와 같다. 유의수준 분석결과

(P-값 참조) 모든 변수들은 90%의 신뢰수준에서 유의한 것으로 분석되었다.

그에 따라 구축된 회귀모형식은 식(3)과 같다.

$$\text{오후첨두시 하차인원} = 4.793X_{\text{상업계}} + 6.195X_{\text{버스노선수}} + 10.738X_{\text{TM}} \quad (3)$$

2. 모형의 검증

구축한 모형의 검증은 강남역과 양재역을 대상으로 수행하였다. 모형 구축은 30개 지하철 역을 기반으로 수행하였으나, 모형의 검증은 강남역과 양재역의 각 출구를 대상으로 검증을 수행하였다. 구축된 모형은 지하철 하차인원과 주변토지이용 등과의 상관성을 나타내는 모형으로서 출구선택에서도 같은 행태를 지닌다는 가정하에 모형 검증을 수행하였다.

1) 검증대상지역 현장조사

모형의 검증을 위해서는 지하철 역 각 출구별 보행량이 필요하다. 모형의 종속변수가 지하철 하차인원인 점을 고려하여 현장조사는 각 출구별 유출 보행량을 기준

<표 4> 출구 선택 모형 구축 결과

R ²	R ² _{adj}	비표준화계수			T 통계량	P-값
		변수	계수	표준오차		
.872	.825	상수	0	-	-	-
		상업계	4.793	2.395	2.001	0.056
		버스노선수	6.195	3.419	1.812	0.081
		Total Depth	10.738	6.169	1.740	0.093

<표 5> 강남역 및 양재역 시간대별 출구별 유출보행량 (단위 : 인)

구분	강남역		양재역
	오전 첨두시 (08시 ~ 09시)	오후 첨두시 (18시 ~ 19시)	오후 첨두시 (08시 ~ 09시)
1번출구	260	364	132
2번출구	389	264	174
3번출구	427	262	210
4번출구	177	122	221
5번출구	117	255	157
6번출구	452	599	105
7번출구	363	621	42
8번출구	216	290	63

주: 조사 여건상 양재역은 오후 첨두시 보행량만 조사함

<표 6> 출구역세권 설정방법에 따른 상업지역 연상면적에 따라 세 가지 대안

구분	대안 1	대안 2	대안 3
	균등한 영향권 설정	보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정1	보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정2
특성	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 도시계획법상 지하철 역의 역세권은 역반경 500m로 설정 · 강남역과 양재역의 경우 사거리 형태에 각 두 개씩의 출구가 존재하므로 이를 균등하게 분할 	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 도시계획법상 지하철 역의 역세권인 역반경 500m를 보행 가능 범위를 고려하여 영향권을 설정 · 일부 겹치는 면적이 있으며 이는 어느 근접한 두 개의 출구 중 어느 출구를 선택해도 비슷한 시간에 도달할 수 있는 경우를 반영할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 대안 2와 마찬가지로 보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정 방법 · 주요 간선도로를 넘어서서 겹치는 영향권을 제외한 점이 대안2와의 차이점 · 일반적인 보행자의 행태를 볼 때 횡단보도의 이용을 꺼리기 때문에 횡단보도를 건너 목적지를 선택하려하지 않다는 점을 반영하여 영향권을 설정
개념도			

으로 조사를 수행하였다.

앞서 언급한 것과 같이 강남역과 양재역을 대상으로 조사를 수행하였으며, 조사일시는 두 개 역에서는 다소 차이가 있지만 모두 금요일인 평일에 조사를 수행하였다. 오전첨두시(8시~9시)와 오후첨두시(18시~19시) 조사를 수행하였으며, 유출보행량과 지하철 역사의 기하구조를 조사하였다. 조사결과 출구별 유출보행량은 <표 5>와 같다.

2) 검증대상지역 기초자료 구축

모형의 검증을 위해서는 구축된 모형식의 독립변수에 해당하는 Data가 필요하다. 그에 따라 강남역과 양재역 각 출구별 상업지역 연상면적, 버스노선수, Total Depth 자료를 구축하였다.

모형의 검증은 출구역세권 설정방법에 따른 상업지역 연상면적에 따라 세 가지 대안으로 구분하여 수행하였다 <표 6>. 첫 번째 대안은 균등한 영향권 설정에 의한 방법이며, 두 번째 대안은 보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정을 통하여 분할하는 방법1, 세 번째 대안은 보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정을 통하여 분할하는 방법2이다. 이러한 세 가지 대안으로서 상업지역 연상면적을 산출하여 모형의 검증에 사용하였다. 이때 기 구축된 GIS Data를 이용하였으며 GIS 프로그램인 ArcGIS 9.2를

<표 7> 검증대상지역 출구별 상업지역 연상면적

(단위 : 1,000m²)

구분	강남역 상업면적			양재역 상업면적		
	대안1	대안2	대안3	대안1	대안2	대안3
1번출구	64	88	86	33	44	43
2번출구	46	52	48	34	40	38
3번출구	21	24	22	49	53	52
4번출구	21	22	21	52	57	59
5번출구	47	67	62	42	48	46
6번출구	118	133	128	23	24	24
7번출구	153	163	154	4	7	6
8번출구	58	71	69	15	17	16

활용하여 분석을 수행하였다.

세가지 대안별 검증대상지역 출구별 상업지역 연상면적은 <표 7>, 출구별 Total Depth 및 버스노선수는 <표 8>과 같다.

3) 모형의 검증

모형의 검증은 앞에서 언급한 것과 같이 출구역세권 설정방법에 따른 상업지역 연상면적에 따라 세 가지 대안으로 구분하여 수행하였다.

대안 1. 균등한 영향권 설정

대안 2. 보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정1

대안 3. 보행 가능 범위를 고려한 영향권 설정2

<표 8> 출구별 Total Depth 및 버스노선수

구분	강남역		양재역	
	Total Depth	버스정류소	Total Depth	버스노선수
1번출구	10	9	6	3
2번출구	8	22	7	31
3번출구	9	36	12	24
4번출구	9	2	14	9
5번출구	7	3	8	9
6번출구	11	33	7	9
7번출구	11	31	3	8
8번출구	9	5	6	2

<표 9> 모형 검증 결과(오차율 및 RMSE)

구분	강남역			양재역			
	1안	2안	3안	1안	2안	3안	
오차율	1번출구	-0.14	-0.04	-0.04	-0.18	-0.07	-0.08
	2번출구	0.10	0.06	0.07	0.10	0.10	0.09
	3번출구	0.05	-0.02	0.02	0.09	0.05	0.05
	4번출구	0.14	0.06	0.12	-0.08	-0.10	-0.07
	5번출구	-0.17	-0.02	-0.06	-0.02	-0.02	-0.03
	6번출구	-0.02	-0.04	-0.06	0.03	-0.03	-0.02
	7번출구	0.11	0.05	0.04	0.07	0.14	0.11
	8번출구	-0.07	-0.03	0.00	0.05	0.04	0.02
RMSE	11.59%	5.18%	4.42%	11.04%	8.78%	7.50%	

모형의 검증을 위해서 RMSE(Root Mean Squared Error) 값을 이용하였으며 계산 방법론은 아래의 식(4)와 같다.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum (V_o - V_m)^2}{C - 1}}}{\frac{\sum V_o}{C}} \times 100 \quad (4)$$

- V_o : 관측보행량
- V_m : 모형보행량
- C : 조사출구수

검증 결과 세가지 영향권 설정 대안 중 대안3이 가장 좋은 결과를 나타냈다. 이는 대안3이 다른 대안에 비해 지하철 역사의 출구 영향권을 이용하는 보행자의 특성을 잘 반영하였기 때문인 것으로 판단된다. 전체적으로 RMSE값은 검증 대상 역별로 다르지만 강남역 대안3의 경우 RMSE 값이 4.42%로 높은 정확도를 보였다. 결과적으로 여러 변수로 구축한 회귀 모형식의 검증결과 출구의 영향권 설정에 따라 그 결과가 조금씩 다르지만 어느 정도의 정확도는 보이고 있는 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 지하철역 주변의 토지이용계획, 버스노선수, Total Depth등의 변수를 활용하여 지하철 하차인원과의 상관관계를 바탕으로 지하철 역사에서의 출구 선택 모형 개발을 목표로 하였다. 연구의 수행을 위해서 본 연구에서는 최근 들어 많이 사용되고 있는 GIS 데이터와 Space Syntax 이론을 사용하였다. 우선 서울시내의 30개 지하철역을 선정하여 해당 역과 관련된 정보를 수집하였다. 이때 지하철역세권은 도시계획법의 지구상세계획지침에 따라 지하철 역사 반경 500m로 설정하여 분석을 수행하였다.

지하철 역세권의 토지이용계획 자료 수집을 위해서 서울시에서 구축한 필지별 재산세 과세자료 중 용도별 연상면적/주민등록인구/사업체기초 통계조사 자료 등의 GIS Data를 활용하였다. 또한 지하철 역세권 GIS Map을 기반으로 Axial Line을 그려 역별 Total Depth를 산출하였다. 역 주변 버스노선수의 경우 인터넷 자료를 활용하여 비슷한 노선을 중복노선이라는 판단 하에 역별 버스노선수 자료를 구축하였다. 위의 변수들의 종속변수에 해당하는 지하철 역별 하차인원은 서울시에서 구축한 지하철 역별 수송실적 자료를 바탕으로 시간대별/역별 승하차 자료를 구축하였다. 이렇게 구축된 변수들을 바탕으로 상관분석 수행 후 회귀분석 모형을 구축하였다. 회귀분석 모형은 자료의 한계로 인하여 지하철 오후침두시 하차인원을 종속변수로 설정하여 구축하였으며, 그 결과 상업지역 연상면적, 주변 버스노선수, Total Depth를 독립변수로 하는 회귀모형식을 구축하였다. 이때 독립변수들은 신뢰수준 90%내에서 유의한 것으로 분석되었다. 마지막으로 구축된 회귀모형식을 강남역과 양재역을 대상으로 검증을 수행하였다. 이때 구축된 회귀모형식은 지하철 하차인원과 주변토지이용등과의 상관관계를 나타내는 모형으로서 출구선택에서도 같은 행태를 지닌다는 가정 하에 모형 검증을 수행하였다.

모형 검증을 위해서 각 출구별 상업지역의 연상면적을 어떻게 설정 할 것인가에 대한 출구 영향권 설정 문제를 보완하기 위하여 세 가지 방법으로 분석을 수행하였다. 첫째는 전체 역세권인 반경 500m 범위를 출구 개수로 균등하게 분할하는 방법이고, 두 번째는 보행 가능 범위설정을 통하여 분할하는 방법이며, 세 번째는 두 번째 방법을 보완한 방법이다. 강남역과 양재역 각 출구별 토지이용자료 등의 주변자료와 출구 유출 보행량을 기준으로

로 검증결과 세 번째 설정 방법에 따른 모형의 정확도가 높게 나타났다. 결론적으로 본 연구 결과에 따르면 지하철 출구선택은 주변 상업지역 연상면적, 버스노선수, Total Depth와 높은 연관성을 보인다. 이러한 결과를 바탕으로 향후 신규 지하철 역사에서의 출구 위치 및 크기 결정에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구의 가장 큰 한계점으로는 모형구축 및 검증에 사용된 데이터의 수가 적다는 것이다. 30개 역의 데이터를 이용하여 모형을 구축하였으며, 2개 역을 대상으로 검증을 수행하였다. 향후 서울시 및 수도권에 있는 수백여개의 지하철역을 대상으로 연구를 수행한다면 보다 신뢰성 있는 모형 구축이 가능할 것이며, 모형의 검증 또한 여러 지하철역을 대상으로 수행하는 것이 모형의 신뢰성 검증절차로 바람직할 것이다.

또 하나의 한계점으로는 출구별 에스컬레이터와 엘리베이터의 유무를 전혀 고려하지 못한다는 점이다. 현재 검증을 수행한 강남역과 양재역 같은 경우는 에스컬레이터가 없으며, 엘리베이터는 있지만 고려하지 않았으나 이러한 이용자 편의시설들은 이용자의 출구 선택에 적게나마 영향을 미칠 것이므로 향후 연구에서는 이러한 시설들을 변수로 사용가능한지에 대한 추가적인 분석이 필요할 것이다. 향후 연구 수행 시 지하철 이용객의 시간대별 이용특성과 주변의 토지이용등과 연관 지어 분석이 이루어진다면 보다 새로운 특성이 발견될 것으로 예상된다.

참고문헌

1. 김대웅·유영근·최한규(2002), “지하철 도보역세권 설정방법과 적용에 관한 연구”, 대한국토·도시계획학회지 『국토계획』, 제37권 5호, 대한국토·도시계획학회.
2. 류승규(2006), “Kalman Filter와 Space Syntax를 이용한 GIS 기반 다중경로제공 시스템 개발”, 서울시립대학교 석사학위 논문.
3. 성현곤·김태현(2005), “서울시 역세권의 유형화에 관한 연구 (요일별 시간대별 지하철 이용인구를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제23권 제8호, 대한교통학회, pp.19~29.
4. 성현곤·권영중(2005), “강남역세권으로의 고용입지 변화가 주거입지 및 통근통행패턴에 미치는 영향”, 대한국토·도시계획학회 2005 정기학술대회.
5. 이병욱(2006), “Space Syntax를 이용한 대중교통 Serviceability 평가 방법론 개발 및 버스 노선망 설계”, 서울시립대학교 석사학위 논문.
6. 이인성(1998), “의사결정분석기법을 이용한 도시 주거지의 보행경로 선택모형에 관한 연구”, 한국과학재단.
7. Hiller, B. and Hansom, J(1984). “The Social Logic of Space”, Cambridge University Press.
8. Jiang B. and Claramunt C(2002), “Integration of Space Syntax into GIS: New Perspectives for Urban Morphology”, Transaction in GIS, Blackwell Publishers Ltd, Vol.6, no.3.
9. Tim Ormsby et al(2006), “Getting To Know ArcGIS”, ESRI PRESS.

✉ 주 작성자 : 박지훈

✉ 교신저자 : 이승재

✉ 논문투고일 : 2009. 4. 23

✉ 논문심사일 : 2009. 6. 18 (1차)

2010. 1. 25 (2차)

✉ 심사판정일 : 2010. 1. 25

✉ 반론접수기한 : 2010. 6. 30

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필