

# 공간구문론(Space Syntax)를 적용한 도시교통량 배분 연구: 여의동을 중심으로

윤진성, 고승욱, 이승일\*  
서울시립대학교 도시공학과

## A study on urban traffic distribution applying Space Syntax: Focusing on Yeoui-dong

Jinsung Yun, Seung-Wook Go, Seung Il Lee\*  
Dept. of Urban Planning & Design, University of Seoul

**요약** 이 연구에서는 기존 거시적 공간단위(교통존, 간선도로 이상) 중심으로 수요추정된 교통량을 도시부의 미시적 내부 공간단위인 이면도로까지 확대 추정하기 위한 배분 방법을 제시하고 검증하였다. 도시 내부에서 공간 상호작용이 커짐에 따라 도시 공간의 형태를 분석할 수 있는 공간구문론(이하 Space Syntax)의 정량적 접근성인(이하 Integration) 지표를 적용하여 미시적 공간단위 도로망의 교통량을 추정하는 방안을 모색하였다. 교통량 수요추정을 위한 방법으로 서울시 Integration 비율 적용(방법1), 교통량 추정지역 Integration 비율 적용(방법2), 서울시와 추정지역의 Integration 합산 비율 적용(방법3) 등을 수행하였다. 적용 결과, 방법1과 방법3은 동일한 교통량 추정값이 나타났으나, 방법2은 지역의 도로망 기능에 따라 다르게 분포하였다. 추정 교통량의 검증을 위해 관측교통량 데이터를 활용하였으며, 검증 방법으로 RMSE%와 허용오차식을 적용하여 오차기준을 검토하였다. 검증 결과, 방법2의 추정 교통량이 검증의 신뢰성 기준에 부합하는 것으로 나타났다. 이를 통해 Space Syntax 분석값을 적용한 미시적 공간단위의 교통량 추정이 가능한 것으로 판단되며, 이는 향후 도시 내부 미시공간 단위에서의 보행, 자전거, 공유전동킥보드 등 다양한 교통수단에 대한 실질적 정책수립에서의 활용성이 클 것으로 기대한다.

**Abstract** In this study, a distribution method for estimating the traffic volume based on the existing macroscopic spatial units (traffic analysis zone, major road above, etc.) to side streets, and the microscopic internal spatial unit was presented and verified. In this method of estimating traffic volume demand, the Seoul integration ratio was applied in Method 1, the integration ratio of the traffic volume estimated area was applied in Method 2, and the integration ratio of Seoul and the estimated area aggregate was applied in Method 3. From the results of the study, we find that Methods 1 and 3 showed the same traffic volume estimate, but the Method 2 was distributed differently depending on the road function. The observed traffic volume data were used to verify the estimated traffic volume, and the error criteria were reviewed by RMSE% and Allowable Error Formula. From the result of the verification, it was found that the estimated traffic volume of Method 2 was reliable. Therefore, it is judged that it is possible to estimate the amount of traffic in microscopic spatial units by applying the space syntax analysis value. In the future, it is expected that the utility will be great in the establishment of practical policies for various means of transportation such as walking, bicycle, and Shared E-scooter in the microscopic spatial unit within the urban region.

**Keywords** : Microscopic Traffic Volume, Space Syntax, Estimation of Traffic Volume Distribution, Traffic Volume Estimation, Microscopic Spatial Traffic Estimation

본 논문은 2021년 한국연구재단 중견연구지원사업(NRF-2021R1A2C1012039)과 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술촉진연구사업(21CTAP-C163604-01)의 지원을 받아 수행되었음.

\*Corresponding Author : Seung Il Lee(University of Seoul.)

email: silee@uos.ac.kr

Received August 26, 2021

Revised September 27, 2021

Accepted October 1, 2021

Published October 31, 2021

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 탄소 배출량의 증가로 지구온난화의 가속화에 영향을 미쳐 환경문제의 심각성과 해결방안 마련이 시급하다. 국내의 경우에도 다양한 부문에서 탄소저감을 위한 대안책이 요구되고 있다[1]. IPCC(2014)에 따르면 수송부문이 전체 탄소 배출량 중 14%이며, 이 중 72%가 도로에서 발생하고 있어 감소의 노력이 필요하다[2]. 우리나라 부문별 최종에너지소비량 중 수송부문은 연 1.9%로 증가하고 있으며, 이 증가세는 선진국들에 비해 높은 수준('00→'15 증가율로 OECD 평균 0.7%, 우리나라 2.4%)으로 '14년 이후 저유가와 차량 대형화에서 비롯되었다고 할 수 있다[3]. 김영국 등(2011)의 차종별 이산화탄소 배출량 연구에서는 전국 기준으로 승용차와 화물차 간의 일배출량이 71,000톤으로 비슷한 결과를 도출하였으나, 수도권을 기준으로 승용차의 배출량이 화물차보다 약 1.4배가 높았다고 하였다[4]. 이는 서울시 1당 수단별 탄소 배출량이 승용차(택시 포함) 이용으로 인해 높은 것으로 예상된다[2]. 이를 저감하기 위한 정책을 마련하는데 있어서 통행량을 추정과 관리가 중요하다. 이를 통해 친환경적 대안 교통수단의 도입을 모색할 수 있기 때문이다. 이에, 도시교통분야서는 국가차원에서 교통량을 추정하고 현황을 파악하는 법(국가통합교통체계효율화법 제1조)과 다양한 관점에서 연구가 진행되고 있다.

현재까지 진행된 교통량 수요추정은 전통적으로 통행발생-통행분포-수단선택-통행배정의 4단계 수요추정법을 활용하고 있으며, 4단계 수요추정법의 정확성 및 신뢰도를 향상하기 위해 각 단계를 개선 또는 발전시키는 연구들이 진행되고 있다[5-7]. 이들 연구는 통행발생단계에서 기존 요인을 포함한 사회경제지표, 시간적 요소 등의 요인 추가 또는 세분화로 정확성을 높이거나, 추정방식의 변경 및 적용으로 신뢰성의 기준값을 제시에 그쳤다. 그러나 현대 도시는 군집 형성으로 공간 간의 상호작용에 따라 집적의 이익을 극대화하고 있으며, 공간적 접근성이 높아짐으로써 도시활동을 유발하기 때문에 통행발생과 공간의 접근성은 밀접한 관계가 있다[8]. 이러한 공간적 관계성을 바탕으로 공간통계기법을 적용한 교통량 추정연구에서는 추정의 정확도가 높아짐을 확인할 수 있다[9, 10]. 그러나 기존 연구에서는 조사된 지점의 교통량을 크리깅 분석으로 공간적 추세에 따라 교통량을 추정하는 것으로 도시공간에 직접적으로 적용하기에는 한

계가 있다.

기존 연구에서는 교통량 수요추정에 있어, 거시적 공간단위인 교통존별(동 단위) 또는 도시고속화도로 등 주요 도로(간선도로)만을 적용하고 있어, 도시부의 미시적 공간단위의 교통량을 적용에도 한계가 있다. 이에 기존 연구의 한계를 극복하고자 도로망의 형상으로 분석이 가능한 Space Syntax를 적용하여 교통량 수요추정에서의 미시적 공간 여건을 반영하고자 한다. 이에 이 논문의 목적은 Space Syntax의 정량적 접근성인 Integration 지표를 적용한 미시적 공간단위 도로구간의 교통량 배분의 적용 가능성을 검증하는 데 있다.

### 1.2 연구의 범위

이 연구는 현재까지 거시적 공간에서 교통존 O/D 또는 주요 도로에서만 이루어진 교통량 수요추정을 도시민들의 활동과 밀접한 미시적 공간인 이면도로까지 확대하여 교통량을 추정하고 검증하는 연구이다. 공간적 범위는 서울시 여의동으로 한정하였다. 여의동은 서울시의 3도심 중 하나에 속하며, 고용중심지로서 교통량의 패턴이 매우 일정한 지역이며, 도로망의 구조가 정형화된 격자로 되어있기 때문이다.

교통량 수요추정을 위한 시간적 범위는 첨두시간으로 한정하였다. 첨두시간은 개인이 고용장소로 이동하기 위한 통행으로 교통량의 최대 수치를 보이는 시간이기 때문이다[11]. 비첨두시간의 경우 도시민들의 여가/쇼핑/친교 등의 통행 자유성이 높아 이 연구에서는 제외하였다.

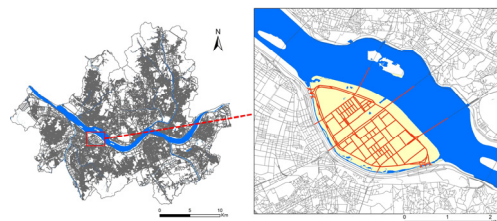


Fig. 1. Research Site: Yeoui-dong

이 연구는 다음 3단계의 과정을 통해 수행되었다. 첫 번째, 이론적 고찰과 선행연구 고찰로 Space Syntax의 방법론과 이론을 고찰하고, 교통량 수요추정 선행연구를 검토하였다. 두 번째, 서울시와 여의동을 Space Syntax를 이용하여 분석했으며, 분석을 위해 QGIS를 활용했다. 세 번째, Space Syntax 분석 결과인 Integration 값을 기준으로 교통량을 배분하고, 실측교통량과 추정교통량의 비교검증을 위해 RMSE%(Root Mean Square Error)

와 국토교통부의 「교통시설 투자평가지침」에서 제시하고 있는 허용오차식을 사용하였다[12].

*MD* : Mean Depth  
*n* : Number of steps from origin  
*m* : Maximum number of steps from origin  
*S* : number of nodes  
*k* : Total number of nodes in space

## 2. 이론 및 선행연구 고찰

### 2.1 Space Syntax

Hilier와 Hanson이 제안한 Space Syntax[13]는 건물 내부, 도시공간 등에서 공간의 속성 또는 공간과 공간 간의 관계를 네트워크 특성으로 분석하는 방법인데 건축물의 벽과 벽사이, 도시공간에서의 건축물과 건축물 사이 등 공간을 인식하는 사람들의 시선에 따라 공간의 위계를 정의할 수 있다[14-17]. 이는 도시와 건물(건축물 내부 동선)에서 사람들의 이동 특성을 분석하는 것이다. 공간 내 이동에 있어서 출발지와 목적지가 존재하며, 최소한의 경로로 각도의 편차를 최소화하며 접근하는 것에 착안하여, 전체 공간에서 특정 공간의 위계를 계산하여 접근성을 분석한다[15].

Space Syntax에서 공간 간의 접근성 분석에 기초가 되는 것은 깊이(Depth)이고, 이를 산정하기 위해서 시선에 해당하는 축선도(Axial Line)를 작성해야 한다. 축선도는 [Fig. 2]와 같이 분석대상의 물리적 공간 사이를 일직선으로 교차하여 나타내는 것으로, 시작점에서 측정할 수 있는 최대 연장선이 된다[17]. 축선도를 기초로 하여 분석에 대한 깊이의 산정은 일반적인 물리적 거리와 다른 개념으로 특정 공간으로 도달할 수 있는 공간의 동선수를 나타내는데[17], 이를 활용하여 각 공간에서 도달할 수 있는 평균깊이(Mean Depth)를 산정할 수 있다. 평균깊이는 아래의 식과 같이 계산할 수 있으며, 값이 작을수록 접근성이 우수함을 의미한다[17].

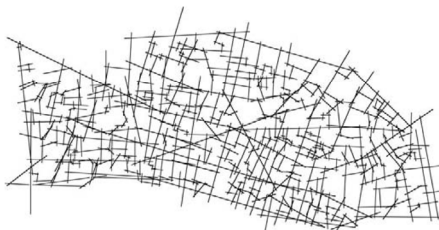


Fig. 2. Axial Map (Axial Line)[13]

$$MD = \frac{\sum_{n=1}^m n \times S}{(k-1)} \quad (1)$$

Integration은 평균깊이를 역수로 한 값으로 평균깊이와 상반되는 의미를 가진다[18]. 이는 전체의 공간에서 다른 공간으로 접근하기 위한 접근성 지표로 활용되는 값이며, 값이 클수록 접근성이 우수하다는 것으로, 이 연구는 미시적 공간단위까지 접근이 가능한 도로구간에 대하여 Integration 분석을 수행하였다.

### 2.2 교통량 수요추정

교통량 수요추정을 위해 전통적인 4단계 수요추정법이 전 세계적으로 사용되고 있으며[11], 도시의 확장성, 도시계획, 교통계획, 도시정책, 도시 간의 연계성 등의 핵심적인 부분을 차지하고 있어[5, 19], 교통량 추정의 정확성과 신뢰도를 높이기 위한 많은 연구가 진행되고 있다.

4단계 교통수요추정법의 첫 번째 단계인 통행발생모형의 회귀식에서 사회경제지표 변수 외에 토지이용 특성을 반영한 통행발생모형을 구축하여 기존 모형식과의 비교 분석으로 지역별 교통량 추정 오차를 감소시켰다[6]. 이승재 등(2008)은 교통수요추정에서의 회귀분석의 점 추정방식을 구간추정방식으로 전환하여 구간추정값에 의한 4단계 수요추정을 진행한 후, 각 단계에서의 변화패턴과 변화를 분석하고, 통행배정교통량의 신뢰성 기준값을 제시하였으나, 구간의 속성에 따라 신뢰성이 다르며, 값의 차이가 크게 발생할 수 있다고 하였다[5]. 앞선 연구에서는 첫 번째 단계의 통행발생모형의 개선을 연구하였다면, 장진영(2019)은 두 번째 단계인 통행분포 단계의 중력모형을 개선하고자 Space Syntax를 적용한 결과, 기존 마찰인자(통행시간, 최단거리)보다 Space Syntax를 적용한 신규 마찰인자를 이용한 정산결과와의 검증이 뛰어난 것으로 분석하였다[7].

4단계 수요추정방법 외에 현대 도시는 도시 내부에서 공간 간의 이동 자율성이 높아짐에 따라 통행발생에서 공간 간의 상호관계성을 고려하여 공간적 통계기법인 회귀크리깅 및 공간가중회귀분석을 적용하여 추정량의 정확도가 상승하는 것을 도출하였으나[8-10], 회귀크리깅 적용에서 교통량이 매우 적은 지점에 대한 추정력이 다소 떨어지며, 공간가중회귀분석은 공간적 상관관계가 존재할 때 효과적임을 확인하였다.

그러나 지금까지 Space Syntax를 활용한 교통량 배분 연구는 미비한 것으로 나타났다. Space Syntax의 이론이 건축물 내부에서 보행자의 시선 처리와 이동 특성에 따라 공간구조를 분석[14-17]하는 방법론이기 때문이다. 장진영(2019)이 통행분포 단계에서 적용했다면, Yoav 등(2014)과 송유미 등(2016)은 Space Syntax 지표 값의 교통량 추정 가능성을 연구하였다. Yoav 등(2014)은 Space Syntax의 Integration, Intensity(공간 네트워크의 상대적 비대칭성 측정 지표[20]), Betweenness(매개 중심성, 무작위로 선택된 최단 경로를 선택할 확률을 수량화한 척도[20]), Connectivity(연결성, 연결이 가능한 공간의 수[20])가 보행자 이동의 특성을 설명할 수 있는 공간 변수라 하였으며, 추가적으로 도로를 사용하는 보행자, 자전거, 대중교통, 자동차에 대한 예측이 가능할 것으로 예상하였다[21]. 송유미 등(2016)은 차량 및 도로에 적용하는 도로혼잡구간에 대한 예측 연구에서 차량의 통행량 및 통행속도 데이터와 Integration, Angular Connectivity(각도 연결성, 누적 회전 각도[20])를 비교하여, 차량 통행 예측 적용이 가능하며, 도로망 구조를 통해 교통혼잡이 반복적으로 발생하는 도로구간 예측이 통계적으로 유의한 것을 확인하였다[14].

기존 연구를 살펴본 결과, Space Syntax를 활용한 미시적 공간단위의 교통량 추정 및 배분에 대한 연구는 미비한 것으로 나타났다. 차량의 통행량 및 통행속도 교통혼잡 구간 예측과 가능성 제시를 하고 있으나, 교통량이 많이 발생하는 주요 도로에 대한 연구로 한정되어 있다. 또한 교통량 수요추정 연구에서는 방법론을 개선하여 추정오차를 확인하기 위한 연구가 중심을 이루고 있으며, 거시적 차원의 교통준별 O/D 연구로 한정되어 있어, 도시 내부의 교통량을 추정하기에는 한계가 있다. 특히 미시적 교통량은 도로의 공간적 특성을 반영해야 하므로[22], 이 연구에서는 각 도로의 공간적 특성을 반영할 수 있는 Space Syntax를 적용하여 미시적 공간단위 도로구간의 교통량을 산출한다는 점에서 기존 연구와의 차별성이 있다.

### 3. 데이터 구축과 검증방법

#### 3.1 데이터 구축방법

이 연구에서는 Space Syntax 분석으로 도출된 개별 도로구간의 Integration[7, 15]을 기준으로 KTDB의

2015년 기준 수도권 현행화 O/D 교통량 데이터(이하 O/D 교통량)를 배분하는 것이다. 도로망은 국가교통 DB(Korea Transport Data Base, 이하 KTDB)에서 2009년 기준으로 구축된 레벨1 도로망(레벨1 도로망은 차량통행이 가능한 모든 포장도로이며, 레벨2 도로망은 2차선 이상의 포장도로로 도시내 이면도로와 건물이나 마을 진입도로 등을 제외한 도로망임[23])을 2015년 기준으로 업데이트한 네트워크를 활용하였다. KTDB 레벨1 도로망은 2009년 한정적으로 서울시 대상 이면도로를 포함하는 미시적 공간단위까지 구축된 것이며, 이 연구에서 2015년 기준 도로명 전자지도와 매칭하여 구축하였다. Space Syntax 분석은 일반적으로 활용되고 있는 depthmapX를 QGIS 3.16과 연계하여 분석하였으며, 데이터 구축은 다음과 같이 진행하였다.

- 1단계: 서울시 전체와 연구대상지인 여의동의 도로망을 Space Syntax 분석하여, 개별 도로구간의 Integration 값을 도출하였다.
- 2단계: 1단계에 도출된 Integration 값을 기준으로 각 도로구간에 교통량을 배분하기 위한 비율을 설정하였다.
- 3단계: KTDB O/D 교통량을 2단계에서 설정한 비율로 각 도로구간에 교통량을 배분하고, 관측교통량인 교통영향평가 데이터를 이용하여 조사한 첨두 시간 교통량 자료와 추정 교통량 자료를 비교 분석하였다.

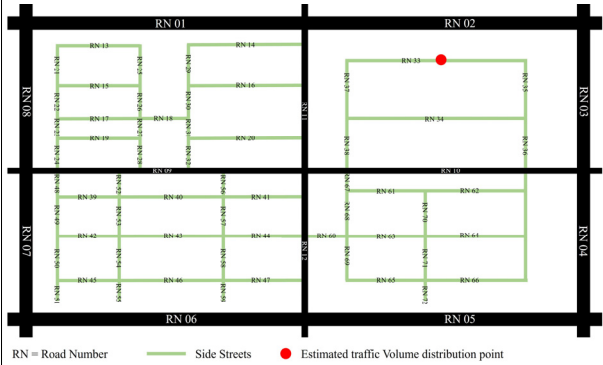
#### 3.2 Integration을 고려한 교통량 배분

O/D 교통량은 2010년 가구통행실태조사를 기반으로 수요예측을 한 행정동 단위 O/D 교통량으로 평일 평균치 교통량이며, 오전첨두, 오후첨두 데이터를 Integration 비율로 도로구간별로 교통량을 배분하여 추정하였으며, 배분 비율에 따라 다음 세 가지 방법을 사용하였다 (<Table. 1> 참조).

방법 1 (서울시 전체 Integration 적용 배분 방법): 서울시 전체의 Space Syntax 분석값인 Integration 총합에서 여의동 각 도로구간의 Integration 지표값이 차지하는 비율을 사용한 방법

방법 2 (여의동 Integration 적용 배분 방법): 여의동을 대상으로 분석한 Space Syntax 분석값인 Integration 총합에서 각 도로구간의 Integration 지표값이 차지하는 비율을 사용한 방법

Table 1. Distribution Method & Example

Method 1	Method 2	Method 3
$LTV = \frac{L_i}{\Sigma AD_i} \times ADTV$ <p><i>LTV</i> : Road Section Traffic Volume  <i>L</i> : Road Section  <i>AD</i> : Administrative Dong  <i>i</i> : Integration Index  <i>ADTV</i> : Administrative Dong O/D Traffic Volume</p>	$LTV = \frac{L_i}{\Sigma YAD_i} \times ADTV$ <p><i>LTV</i> : Road Section Traffic Volume  <i>L</i> : Road Section  <i>YAD</i> : Yeoui-dong  <i>i</i> : Integration Index  <i>ADTV</i> : Administrative Dong O/D Traffic Volume</p>	$LTV = \frac{L_i}{\Sigma SAD_i + \Sigma YAD_i} \times ADTV$ <p><i>LTV</i> : Road Section Traffic Volume  <i>L</i> : Road Section  <i>SAD</i> : Yeoui-dong integration among the overall integration results of Seoul  <i>YAD</i> : Yeoui-dong  <i>i</i> : Integration Index  <i>ADTV</i> : Administrative Dong O/D Traffic Volume</p>
<p>Example</p> 	$LTV = \frac{RN33_i}{\Sigma RN^{n^i}} \times ADTV$ <p><i>LTV</i> : Road Section(RN33) Traffic Volume  <i>RN33</i> : Estimated Traffic Volume Road Section  <i>RN<sup>n</sup></i> : RN 01~72  <i>i</i> : Integration Index  <i>ADTV</i> : Administrative Dong O/D Traffic Volume</p>	

방법 3 (서울시와 여의동 Integration 적용 배분 방법): 서울시 전체를 대상으로 Space Syntax 분석 결과 중 여의동의 각 도로구간 Integration 지표값과 여의동을 대상으로 한 각 도로구간 Integration 지표값의 총합에서 각 도로구간의 Integration 지표값이 차지하는 비율을 사용한 방법

### 3.3 추정 교통량 결과 검증 방법

이 연구에서 도로구간별로 추정된 교통량을 검증하기 위해 교통영향평가에서 조사된 관측교통량을 기준으로 비교 검증을 했다. 검증 결과를 도출하기 위해 RMSE% 값을 제시하였으며, 제시된 값이 낮을수록 추정량의 신뢰성이 높음을 나타낸다[6].

$$RMSE\% = \frac{\sqrt{\frac{\Sigma(TV_{Obs} - TV_{Est})^2}{N}}}{TV_{Obs} \text{ Average}} \times 100 \quad (1)$$

*TV<sub>Obs</sub>* : Observed Traffic Volume  
*TV<sub>Est</sub>* : Estimated Traffic Volume  
*N* : Number of Analysis Targets  
*TV<sub>Obs</sub> Average* : Observed Traffic Volume Average

추가적으로 국토교통부의 「교통시설 투자평가지침」에서 제시하고 있는 허용오차식을 적용하여 허용오차기준

을 검토하였다[12].

$$\epsilon(\%) = \frac{TV_{Est} - TV_{Obs}}{TV_{Obs}} \times 100 \quad (2)$$

*TV<sub>Obs</sub>* : Observed Traffic Volume  
*TV<sub>Est</sub>* : Estimated Traffic Volume

허용오차 기준은 <Table 2>에서 제시하고 있는 일교통량 5천대 미만의 기준인 기타 30%를 적용하였다.

Table 2. Settlement Branch Point Allowable Criteria (Allowable Error Formula)

Spec.	Allowable Error	
Total Traffic Volume	Cordon/Screen Sum	within 15%
	Cut Line Sum	
Traffic Volume by Point	Less than 5,000 Traffic Volume Day	Cut Lin 20%, Major Traffic Volume Change Points 20%, Other 30%
	More than 5,000 Traffic Volume Day	Cut Lin 15%, Major Traffic Volume Change Points 15%, Other 20%



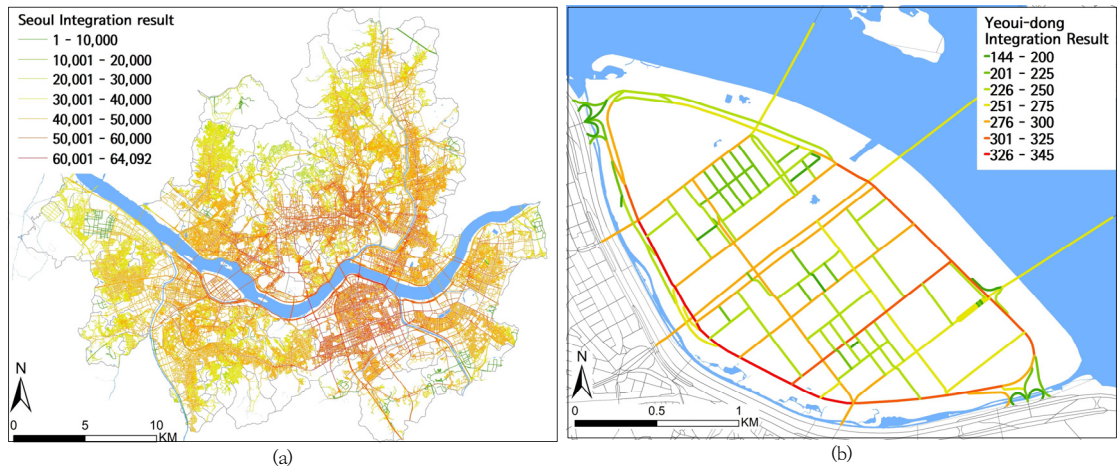


Fig. 3. Integration (a) Seoul (b) Yeouido-dong by Space Syntax Analysis Result

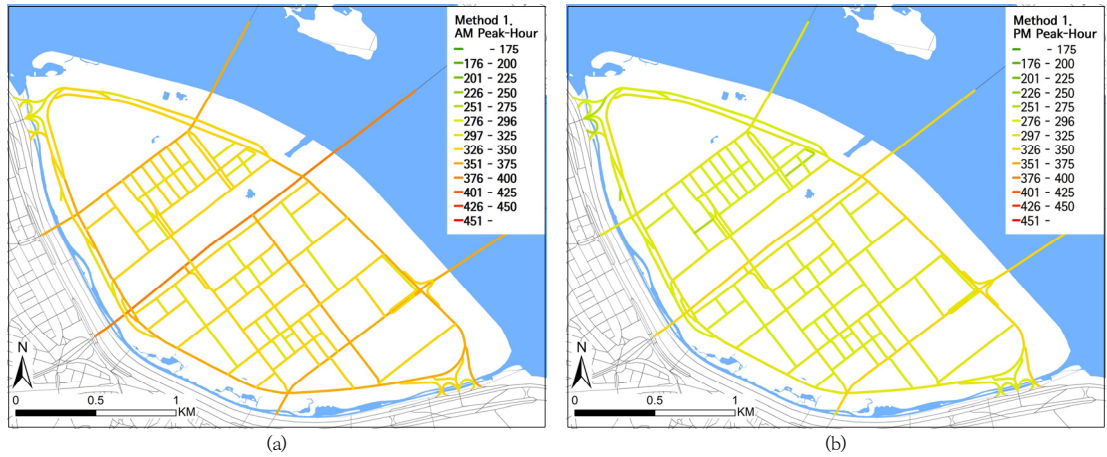


Fig. 4. Estimated Result of Traffic Volume Distribution (a) AM Peak-Hour (b) PM Peak-Hour by Method 1

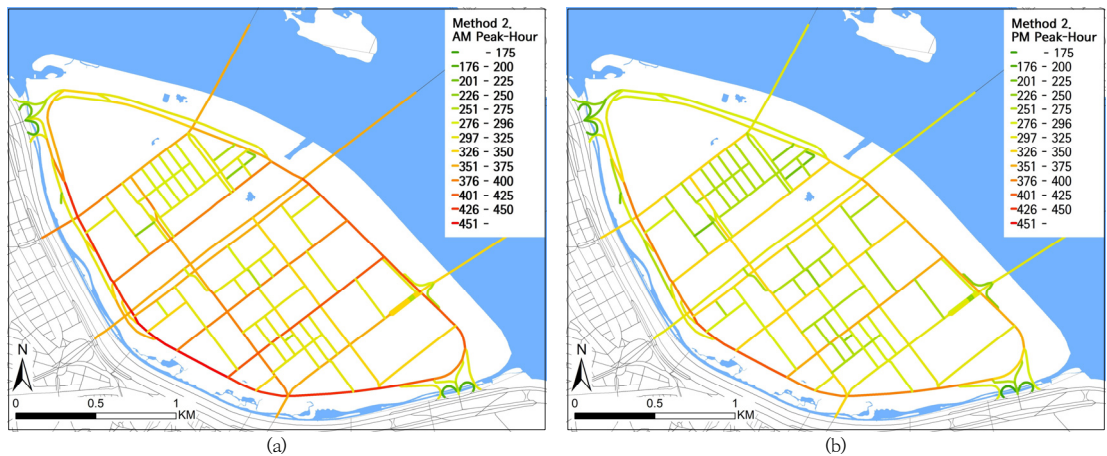


Fig. 5. Estimated Result of Traffic Volume Distribution (a) AM Peak-Hour (b) PM Peak-Hour by Method 2

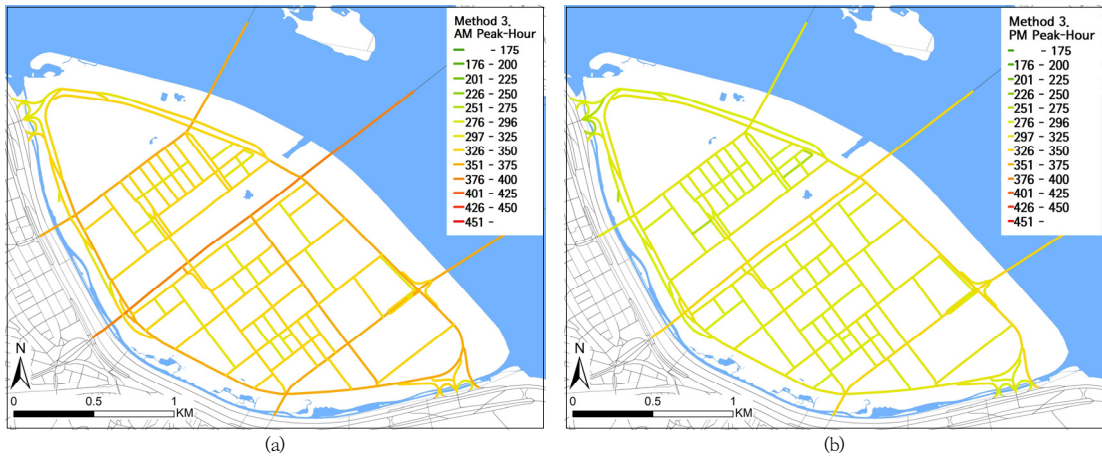


Fig. 6. Estimated Result of Traffic Volume Distribution (a) AM Peak-Hour (b) PM Peak-Hour by Method 3

#### 4. 분석결과

##### 4.1 Space Syntax 분석결과

Space Syntax 분석에서 교통분야에서는 교통주제도를 활용하고 있어[7], KTDB 도로망을 Segment Map으로 설정하여 분석하였다.

서울시 전체 도로구간의 수는 124,195개이며, Integration 최소 1, 최대 64,092, 평균 43,464, 표준편차 7,228이다. 여의동의 분석 도로구간의 수는 267개이며, Integration 최소 144, 최대 345, 평균 259, 표준편차 39로 나타났다.

Table 3. Space Syntax Analysis Integration Basic Statistics

Spec.	Integration				
	Count	Min	Max	Mean	Std.Dev
Seoul	124,195	1	64,092	43,464	7,228
Yeoui-dong	267	144	345	259	39

서울시 도로구간 분석결과는 [Fig. 3-(a)]과 같다. 서울 3도심인 사대문, 여의도, 강남을 중심으로 Integration이 높았으며, 서울시 외부로 갈수록 낮아지는 분석결과가 도출되었다. 여의동을 대상으로 분석한 결과 [Fig. 3-(b)]와 같이 나타났으며, 여의동 중심을 지나는 도로의 Integration 값이 평균치로 분석되었다.

##### 4.2 Integration을 이용한 교통량 배분 결과

앞서 제시한 교통량 배분 방법1~3을 적용하여 여의동 도로구간별 교통량을 추정하였으며, 그 결과는 [Fig. 4]~[Fig. 6]에 제시되었다.

Integration을 기준으로 한 방법1~3에 따라 여의동 O/D 교통량을 배분한 결과, 방법1과 방법3에 따른 교통량 추정값은 동일하며, 도로구간별 교통량이 평균치에 분포해 있다. 방법2는 방법1과 방법3에 비해 넓게 분포하였다. 배분 방법에 따라 추정 교통량의 분포 다르나, 도로구간의 첨두시간별로 평균 교통량은 동일하게 나타났다(Tabel. 4) 참조).

Table 4. Basic Statistics on Traffic Volume Distribution Estimation Results

Spec.	Traffic Volume Distribution Estimation				
	Count	Min	Max	Mean	Std.Dev
Method 1. AM	267	298	391	342	18
Method 1. PM	267	264	347	303	16
Method 2. AM	267	191	456	342	52
Method 2. PM	267	170	405	303	47
Method 3. AM	267	297	391	342	18
Method 3. PM	267	264	347	303	16

##### 4.3 추정 교통량 검증

여의동의 이면도로에 해당하는 관측교통량과 추정교통량을 대상으로 RMSE%와 허용오차식을 적용하여, 비교검증을 실시하였으며, 검증결과는 (Table 5)와 같다.

관측교통량과 추정교통량에 대한 RMSE% 비교검증 결과 정밀도가 높은 것으로 분석되었으나, 허용오차를 동시에 만족하는 배분방법은 방법2이며, 방법1과 방법3은 오전 첨두시간만 만족하는 것으로 나타났다.

Table 5. Verification Results

Spec.		Method 1		Method 2		Method 3	
		AM	PM	AM	PM	AM	PM
1	Obs	328	220	328	220	328	220
	Est	331	294	293	260	331	294
2	Obs	359	218	359	218	359	218
	Est	331	294	293	260	331	294
RMSE%		<b>5.7%</b>	<b>15.1%</b>	<b>15.4%</b>	<b>24.8%</b>	<b>5.7%</b>	<b>15.1%</b>
A.E	1	<b>1.0%</b>	33.6%	<b>10.7%</b>	<b>18.2%</b>	<b>0.9%</b>	33.5%
	2	<b>7.7%</b>	34.9%	<b>18.5%</b>	<b>19.1%</b>	<b>7.7%</b>	34.8%

(Obs) Observed Traffic Volume  
(Est) Estimated Traffic Volume  
(A.E) Allowable Error

#### 4.4 소결

서울시 전체의 Space Syntax Integration 지표와 연구대상지인 여의동에 한정된 Space Syntax Integration 지표를 배분 방법에 따른 추정된 교통량은 상이하게 분석되었다.

서울시 전체의 Integration 지표값이 포함된 방법1, 방법3은 추정교통량과 검증결과가 동일한 양상을 나타냄으로써, 서울시 전체의 Integration 값에 대한 영향력이 높다. 여의동을 한정된 Integration 적용이 추정교통량의 분포에서 넓은 분포형태로 나타났으며, 검증결과 방법1과 방법3에 비해 정밀도와 허용오차를 동시에 만족함으로써 타당성을 확보하였다.

분석결과에 따라, 이면도로의 교통량 추정방법에서 있어, 거시적 공간단위를 적용하는 것 보다는 미시적 공간 단위를 기준으로한 교통량 추정의 방법을 확보하였다.

### 5. 결론

이 연구는 거시적 공간단위까지의 교통량 추정에서 나아가 미시적 공간위의 도로까지의 교통량 배분 추정을 검증하는데 목적이 있다. 배분을 위한 비율을 도출하기 위해 공간을 대상으로 접근성을 산출할 수 있는 Space Syntax를 활용하여 Integration을 도출하였다.

Space Syntax 분석결과, 서울 3도심인 사대문, 여의

도, 강남을 중심으로 Integration이 높고, 여의동은 중심 도로의 Integration 값이 평균치로 분석되었다. Space Syntax의 Integration을 기준으로 배분 방법 1~3에 따라 교통량을 추정한 결과, 방법1과 방법3에 따른 교통량 추정값이 동일하며, 방법2는 넓은 분포로 교통량이 추정되었다. 추정된 교통량의 검증 결과, 방법 2가 비교 검증에서 방법 1과 방법 3보다 신뢰성이 좋은 것으로 나타났다.

연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 서울시 전체를 대상으로 도출한 Integration을 적용한 비율 적용 방법의 신뢰성은 높게 나타났으나, 실무에서 우선적으로 적용하는 허용오차기준에는 못미치는 것으로 판명되었다. 둘째, 미시적 공간단위 교통량 추정을 위한 지역만을 대상으로 한 비율 적용 방법의 비교검증에서는 RMSE%와 허용오차기준의 신뢰성을 동시에 만족하였다. 이는 기존 연구[9, 10]와 동일한 결과로, 서울시 교통존 O/D 전체 통행과의 관계가 아닌 해당 교통존 내부만 반영하였기 때문에 공간 간의 상호작용이 커져서 나타난 결과로 사료 된다. 이 연구에서 제시한 방법2와 같이 미시적 공간단위의 교통량 추정에 있어서 지역별 Space Syntax 분석의 적용에 타당성을 입증하였다. 이는 향후 지역도시 내부의 도로별 교통량의 추정으로 도시의 정책 방향, 도시 환경 개선 등에 활용성이 높을 것으로 기대된다.

이 연구로 도로구간의 미시적 단위인 이면도로까지 확대하여 교통량 수요추정을 적용할 수 있으나, 다음과 같은 한계점이 있다. 이면도로의 관측교통량 데이터가 미비하여, 다양한 지역을 대상으로 검증을 진행하지 못한 것에 있다. 또한, 도시 교통의 흐름에는 각 지역의 기능에 따른 통행의 행태가 다르기 때문에, 교통량 배분 요소에서 공간적 요인뿐만 아니라 기능적 요인을 적용할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

### References

- [1] Ministry of Environment (ME), "Towards a sustainable and green society 2020 Carbon Neutral Strategy of the Republic of Korea", Korea, pp.1-119.
- [2] J. H. Ko, "Carbon Emission Reduction Trend in Transportation Sector 'Distinct', Transportation Demand Management Policy Needs to be Continuously Promoted", The Seoul Institute, Korea, pp.1-26.
- [3] Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), "The 3rd Energy Master Plan", Korea, p.1-117.



- [4] Y. K. Kim, S. K. Wu, S. J. Park, M. J. Kim, D. H. Han, "A Study on Evaluation Methodology of Greenhouse Gas and Air Pollutant Emissions on Road Network : Focusing on Evaluation Methodology of CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Emissions from Road", The Korea Transport Institute, Korea, 2011, pp.1-106.  
DOI: <https://doi.org/10.23000/TRKO201300014649>
- [5] S. L. Lee, Y. H. Kim, "An Interval Travel Demand Estimation Method", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.26, No.2, pp.81-88, Apr. 2008.  
UCI: G704-000134.2008.26.2.002
- [6] J. I. Song, S. W. Na, S. H. Choo, "Developing Trip Generation Models Considering Land Use Characteristics", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol.10, No.6, pp. 126-139, Dec. 2011.  
UCI : G704-001937.2011.10.6.009
- [7] J. Y. Jang, "A Study on Improvement of Gravity model Decay Function of Transporting Demand Forecasting Considering Space Syntax", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.3, pp.617-631, Mar. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.3.617>
- [8] J. H. Kim, I. S. Park, J. H. Chung, "Trip Generation Model based on Geographically Weighted Regression", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.29, No.2, pp.101-109, Apr. 2011.  
UCI : G704-000134.2011.28.2.007
- [9] J. A. Ha, S. C. Oh, T. Y. Heo, "A Study on Performance Evaluation of Various Kriging Models for Estimation AADT", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.32, No.4, pp.380-388, Aug. 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2014.32.4.380>
- [10] D. H. Hong, J. H. Kim, D. I. Jang, T. W. Lee, "The Study for Estimating Traffic Volumes on Urban Roads Using Spatial Statistic and Navigation Data", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.35, No.3, pp.220-233, Jun. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.3.220>
- [11] J. M. Won, Urban traffic theory:Transit oriented development(TOD), Pakyounsa, 2015, p.1-607.
- [12] H. Y. Kim, "A Geostatistical Approach for Improved Prediction of Traffic Volume in Urban Area", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol.13, No.4, pp.138-147, Dec. 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.11108/kagis.2010.13.4.138>
- [13] B. Hillier, Space is the machine : Aconfigurational theory of architecture, Space Syntax, United Kingdom, 2007, p.1-355.
- [14] Y. M. Song, S. A. Kim, "Traffic Congestion Prediction System Using the Urban Data and Space Syntax", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & design*, Vol.32, No.12, pp.91-100, Dec. 2016.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.5659/JAIK\\_PD.2016.32.12.91](http://dx.doi.org/10.5659/JAIK_PD.2016.32.12.91)
- [15] Y. O. Kim, "A Study on the Relationship between Properties of Spatial Configuration and Patterns of Space Use using Space Syntax", *Journal of Korea Planning Association*, Vol.38, No.4, pp.7-17, Aug. 2003.  
UCI : G704-000338.2003.38.4.008
- [16] Y. W. Kim, M. S. Kim, "A Study on Changes in the Urban Spatial Structure of Gwangju Metropolitan City Due to 2<sup>nd</sup> Ring Road Using Space Syntax", *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol.18, No.1, pp.59-67, Feb. 2016.  
UCI : G704-001715.2016.18.1.021
- [17] Y. H. Kim, S. W. Yang, "An Empirical Research on the Vitalization Factors of the Commercial Street with the Walking Population Data : Focused on Seoul city Jongno-gu Samcheong-dong Road", *Journal of The Urban Design Institute of Korea*, Vol.18, No.79, pp.63-77, Feb. 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.38195/judik.2017.02.18.1.63>
- [18] C. M. Jun, "Public Transport Network Connectivity using GIS-based Space Syntax", *Journal of Korea Spatial Information System Society*, Vol.9, No.3, pp.25-33, Dec. 2007.  
UCI : G704-001397.2007.9.3.002
- [19] J. Y. Yeon, C. S. Kim, E. M. Kim, "Current Status, Problems and Improvement Strategies of Traffic Counting & Speed Data in Korea", *Journal of Transport Research*, Vol.19, No.3, pp.105-118, Sep. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.34143/jtr.2012.19.3.105>
- [20] <https://www.spacesyntax.online>, 2021.08.25.
- [21] L. Yoav, R. Yodan, O. Itzhak, "Using Space Syntax to Model Pedestrian Movement in Urban Transportation Planning", *Geographical Analysis*, Vol.46, pp.392-410, Oct. 2014  
DOI: <https://doi.org/10.1111/gean.12063>
- [22] J. A. Ha, T. Y. Heo, S. C. Oh, S. H. Lim, "Annual Average Daily Traffic Estimation using Co-Kriging", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol.12, No.1, pp.1-14, Feb. 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.12815/kits.2013.12.1.001>
- [23] 2009 Transportation Theme Map Explanation Material, The Korea Transport Institute, Korea, 2010, p.1-21.

윤진성(Jinsung Yun)

[정회원]



- 2010년 2월 : 목원대학교 도시공학과 (도시공학사)
- 2014년 2월 : 목원대학교 산업정보대학원 부동산학과 (부동산학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 도시공학과 박사과정

<관심분야>

토지이용-교통통합모델, 미시단위 통행

고승욱(Seung Wook Go)

[정회원]



- 2017년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 도시공학과 (도시공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 도시공학과 박사과정

<관심분야>

도시교통, 도시환경, 도시공간구조

이승일(Seung Il Lee)

[정회원]



- 1983년 3월 : 서울대학교 농과대학 조경학과 (조경학사)
- 1993년 6월 : 독일 도르트문트대학교 공간계획학부 (도시계획학석사)
- 1998년 11월 : 독일 도르트문트대학교 공간계획학부 (도시계획학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 서울시립대학교 도시공학과 교수

<관심분야>

토지이용-교통모델, 도시에너지소비, 탄소저감