

공간분석기법을 이용한 Car-sharing 서비스 위치선정

Site Selection of Carsharing Service by Spatial Analysis Method

도 명 식* 노 윤 승**
(Do, Myungsik) (Noh, Yun Seung)

요 약

본 연구에서는 대전광역시를 대상으로 향후 카셰어링 서비스를 제공할 경우를 가정하고 위치 선정방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 GIS Arc/Info 10 소프트웨어를 활용하여 대전광역시 전역을 500m×500m 크기의 셀로 구분하고 카셰어링 서비스에 영향을 미칠 것으로 예상되는 요인들을 선정하고 각 요인들의 값을 표준화하는 과정을 거쳤다. AHP 기법을 도입하여 각 요인별 가중치를 전문가 설문을 통해 결정하고 모든 셀(500m×500m 크기)별로 적합도 지수를 산정하였으며, 네트워크 분석(Network Analysis)모듈에 내장되어있는 입지배분모델(Location-allocation Model)을 이용하여 서비스 시설의 위치를 30개의 권역으로 선정하는 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제안한 카셰어링 서비스 위치선정을 위한 방안은 향후 카셰어링 서비스가 도입될 때 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 적절한 수요의 추정과 경제성 검토 등에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

핵심어 : 카셰어링, AHP, 입지배분모델, 공간분석기법

Abstract

This study aims to propose the location selection method of car-sharing services in Daejeon Metropolitan city. In order to select locations for car-sharing, Daejeon area was divided in 500m×500m cell size using GIS Arc/Info 10, and input factors which may affect car-sharing service were determined, and then each input factor was standardized for analysis. The weight for each input factor was determined through experts' survey and index of goodness of fit was estimated in each cell (500m×500m size) using AHP method. Also, This study proposed the method to select 30 service facility location using Location-allocation Model in Network Analysis module. The proposed method for the location selection of car-sharing service in this study can be used for preliminary data for initial car-sharing introduction. Henceforward, appropriate demand forecasting and economic evaluation for the location selection of car-sharing service are needed for the further study.

Keywords : Car-sharing Service, AHP, Location-allocation Model, Spatial Analysis Method

† 본 논문은 한국교통학회 제69회 학술대회에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

* 도명식 : 한밭대학교 도시공학과 교수

** 노윤승 : 한밭대학교 대학원 석사과정

† 논문접수일 : 2013년 10월 17일

† 논문심사일 : 2013년 11월 01일

† 게재확정일 : 2013년 11월 02일

I. 서 론

급속한 자동차 시대(motorization)의 도래로 개인 승용차의 증가로 인해 도로의 혼잡은 더욱 가속화되어 주차 공간의 부족, 대기오염 발생 등 많은 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 정부는 전기 자동차 지원 확대 계획 등 친환경 교통수단 도입을 위한 노력을 기울이고 있고 지자체에서는 대중교통 활성화를 통해 개인차량의 운행을 억제시키는 노력을 병행하고 있다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 자동차 보유 대수는 매년 증가하고 있는 실정이며, 추가적인 도로 인프라의 확충으로는 혼잡 등 교통문제를 해결할 수 없게 되어 선진국을 중심으로 새로운 교통수요관리 방안을 모색하고 있는 실정이다. 특히 미국, 캐나다 등의 북미 대륙과 유럽국가 등에서 카셰어링(Car-sharing)을 도입하여 운영하고 있다.

카셰어링은 일반적으로 시간단위로 차량을 렌트하는 개념으로 인터넷이나 전화로 예약을 하고 근처 주차장에 세워져있는 차량을 전자카드로 이용하는 개념으로 1948년 스위스의 Zurich에서 처음 도입되었다.

국내에서는 현재 서울을 중심으로 민간사업분야에서 서비스가 시행되고 있었으며 2013년 9월말부터 투지주택공사(LH)에서 임대주택 거주자만을 대상으로 한 비개방형 서비스를 시작하였으며, 향후 전국적으로 확대 시행될 예정이다. 그러나 차량의 소유에 대한 문화의 차이와 서비스에 대한 홍보 부족과 서비스 지역의 한계 등으로 외국에 비해 활성화 되어있지 못한 실정이다. 따라서 국내의 카셰어링 시스템 활성화를 위해선 우선 많은 사람들이 손쉽게 이용할 수 있는 공간 확보와 함께 지방정부의 행·재정적인 지원도 절실하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 대전광역시를 대상으로 GIS Arc/Info 10 소프트웨어를 활용하여 향후 카셰어링 서비스가 시행될 경우 주차장 입지선호도에 가장 큰 영향을 미치는 요인을 선정하고 공간분석기법을 이용하여 전문가를 대상으로 한 요인별 가중치 산정에 기반한 서비스 위치선정 방안을 제시하는 것

을 목적으로 한다.

II. 관련 연구 고찰

최근 미국, 캐나다 등 북미지역과 유럽 등에서 카셰어링 사업이 활성화 되어있어 지역별 운영사례 및 이용자 만족도와 관련된 연구는 많이 발표되고 있으나 서비스 입지선정과 이용수요의 추정 등에 대한 이론적인 연구는 거의 없는 실정이다.

국내에서도 카셰어링 서비스의 도입의 의미와 도입으로 인한 환경적인 편익 등에 대한 연구를 중심으로 선행연구가 이루어졌다. 이재영 등(2007)은 카셰어링 도입에 따른 효과로 불필요한 주행이 감소하고 연료소비량 감소를 통해 경제적 이익을 얻을 것이라 예상하였다[1]. 또한 윤병운 등(2010)은 카셰어링 서비스가 친환경 교통서비스임을 강조하고 차량감소에 의해 교통속도가 빨라지고, CO₂ 저감효과를 통한 환경개선효과가 있다고 밝혔다[2].

Shaheen et al.(2006)은 북미에서의 카셰어링의 현황과 장래 전망 그리고 지속가능한 발전을 위한 대안제시 등 정책적 연구를 전문가 설문문을 통해서 밝혔으며[3], Katzev(2003)은 미국의 Portland에서의 카셰어링 도입에 따른 이용자의 통행특성의 변화와 환경에 미치는 영향 등에 대한 효과분석을 통해 이용자들이 대중교통, 자전거, 도보 등 친환경적인 교통행태로 전환되는 변화도 있음을 밝혔다[4].

한편 입지이론에 대한 연구는 주로 은행, 주유소 등 민간부문의 서비스뿐만 아니라 병원, 소방서, 행정기관 등 공공부문의 입지에 대한 연구를 중심으로 많은 연구가 이루어져 왔다.

Kek et al.(2009)은 싱가포르 카셰어링 자료를 이용하여 시뮬레이션 기법을 이용한 차량 재배치 연구에서 인건비와 운영비 절감효과에 대한 연구 성과를 밝힌바 있으며[5], Celsor and Millard-Ball(2007)은 미국의 13개 지역을 대상으로 GIS를 이용한 연구에서 카셰어링 서비스는 토지이용 및 교통특성이 중요한 요인임을 밝혔다[6].

국내에서는 이희연·김은미(1997)는 서울시 강남구를 중심으로 GIS기법을 활용하여 은행입지분석에

관한 연구를 수행하였으며[7], 김민(2004)는 GIS Arc/Info를 이용하여 주요소의 입지유형별 특성 분석에 대한 연구를 수행하였으며[8], 김숙희 등(2005)은 공공기관 입지선정에 관한 연구에서 실제교통량을 고려한 통행시간 최소화를 목적함수로 도입한 연구방안을 제시하였다[9].

Ⅲ. 연구 방법

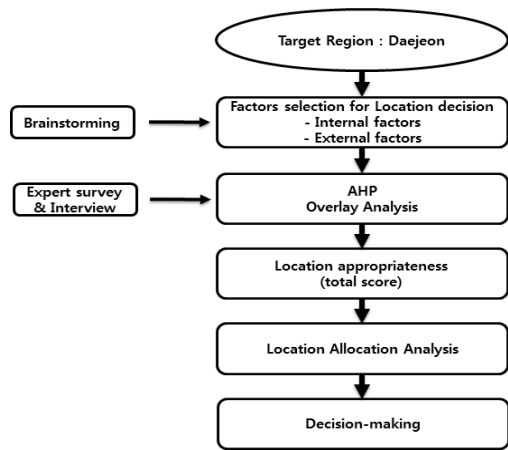
1. 인자선정 및 자료구축

카셰어링 서비스의 효율적인 입지선정에 영향을 주는 요인을 선정하기 위한 사전단계로 문헌조사와 다양한 계층의 의견을 청취(brainstorming)하는 과정을 거쳤다. 이 과정에서 일반적인 시설물 혹은 기관의 입지에서 중요한 요인인 지리적 혹은 환경적인 제약(경사, 기상조건 등)은 카셰어링 서비스 입지에는 큰 장애요소가 아님을 확인하였으며, 그림 1에는 연구 흐름도를 나타내고 있다.

카셰어링 서비스의 입지선정을 위해 대상지역 내부 및 외부로부터의 특성을 반영하기 위해 내부와 외부요인으로 나누었는데 내부요인으로는 잠재수요, 경제력, 내부 접근성으로 나누었으며, 외부요인으로는 광역철도와 고속, 시외버스터미널에서의 접근성으로 선정하였다. 그리고 각 요인별 특성을 GIS에 구현할 수 있도록 도보로 5~10분내에 도달할 수 있는 범위인 500m×500m를 하나의 셀(cell)로 지정하고 공간데이터(Spatial data)와 속성데이터(Attribute data)를 구축하였다.

GIS공간데이터를 얻기 위해 우선 KTDB의 전국 행정구역 및 도로망 자료를 바탕으로 카셰어링 대상지역인 대전지역의 행정구역과 도로망 GIS공간데이터를 구축하였다. 공간데이터에 들어갈 속성데이터로 내부요인의 잠재수요는 교통량과 행정동별 인구밀도를 사용하였다. 교통량자료로는 대전광역시 교통조사 및 분석보고서(2012년 기준)의 첨두시간 교통량자료(대/시)를 이용하여 주요교차로와 도로의 교통량을 산정하였다. 인구밀도는 각 구청의 행정동별 인구밀도(명/km²)자료를 이용한다.

그리고 경제적 요인을 대표할 수 있는 지표로 대전광역시 필지별 지가자료를 사용하였으며 접근성 지표의 경우 각 셀에서 역, 터미널 등 시설물까지의 최단거리 데이터를 이용하였으며, 이때 각 셀에서 지하철역, 광역철도 및 고속, 시외버스터미널까지의 최단거리는 ArcGIS의 네트워크 분석(Network Analysis)모듈을 이용하여 실제 도로네트워크 상에서의 최단거리로 산정하였다.



〈그림 1〉 연구흐름도
〈Fig. 1〉 Flow-chart for Study

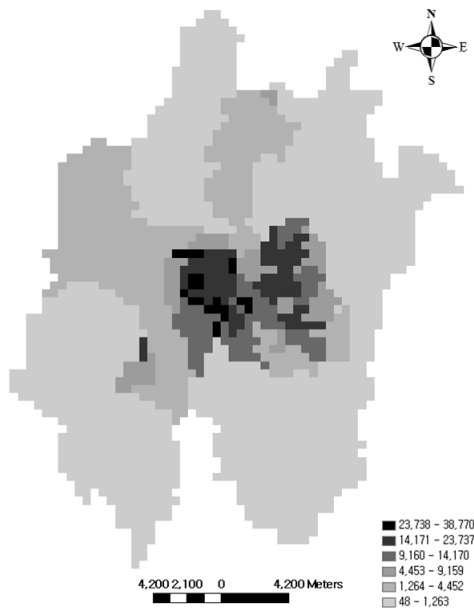
2. 표준화

카셰어링 서비스 위치에 영향을 미칠 것으로 선정된 각 요인별 데이터의 경우 각 셀의 대표값을 산정해야 하며, 이때 각 요인별 단위가 모두 달라 그대로 합산할 수가 없으므로 단위를 표준화하는 과정을 거쳐야 한다. 즉, 각 셀(500m×500m)이 가지는 요인별 값의 크기가 <그림 2>에서 보는 바와 같이 군집의 개수뿐만 아니라 군집별 범위에도 상당한 차이를 가지므로 식 (1)에서 보는 바와 같이 평균50, 표준편차 10인 T score로 환산하여 각 인자별 단위들을 통일하였다.

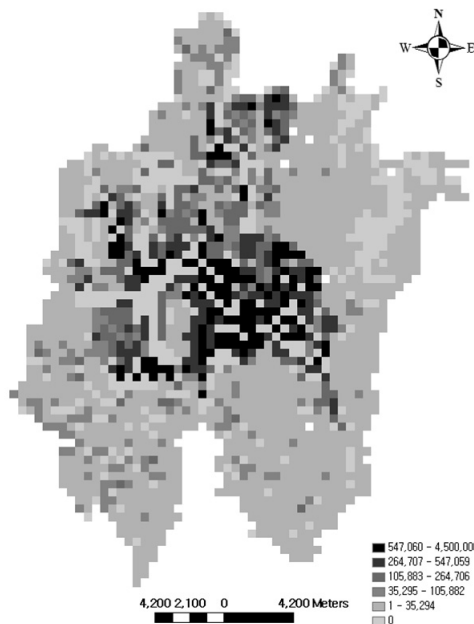
$$T_i = \frac{10(x_i - \mu)}{\sigma} + 50 \tag{1}$$

여기서, x_i : 각 요인 값

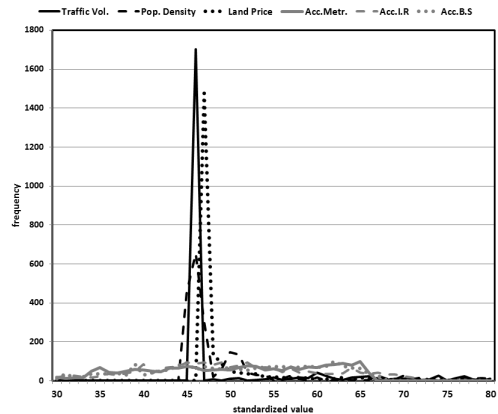
μ : 평균, σ : 표준편차



〈그림 2〉 인구밀도
〈Fig. 2〉 Population density



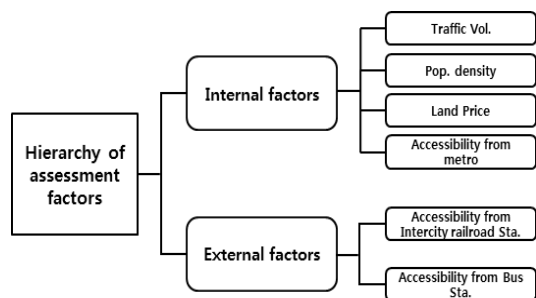
〈그림 3〉 지가
〈Fig. 3〉 Land price



〈그림 4〉 표준화 값의 빈도분포
〈Fig. 4〉 Frequency dist. of standardized value

3. 가중치산정

카셰어링 서비스의 입지에 영향을 미치는 요인들 가운데 상대적 중요도의 차이를 반영한 입지선정을 위해 본 연구에서는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용한 전문가 설문조사를 실시하여 가중치를 산정하였다. AHP 기법은 복잡한 문제를 계층화 하고 쌍별 비교함으로써 요인들의 중요도를 도출할 수 있으며, 정보를 정량적·정성적으로 비교할 수 있을 뿐만 아니라 일관성 검증을 통해 신뢰도를 높일 수 있는 장점이 있다.



〈그림 5〉 설문조사 평가 요소
〈Fig. 5〉 Evaluation factors of Survey

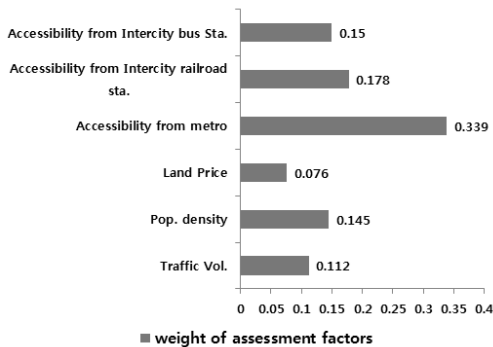
〈그림 6〉은 일관성이 떨어지는, 즉 일관성 지표 $CR \geq 0.15$ 인 설문지 4부를 제외한 20명의 전문가들의 의견을 기준으로 가중치를 산정한 결과이며, 여

기서 일관성지수(C.I. : consistency index)와 일관성비(C.R.= Consistency ratio)값은 식 (2), (3)과 같다.

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} \quad (2)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (3)$$

여기서, λ_{max} : 최대 고유값
 N: 행렬의 크기
 R.I.: 무작위 지수



<그림 6> 가중치 산정 결과
 <Fig. 6> Results of weight assessment

4. 대안지점우선순위결정

대전광역시를 500m×500m 크기의 셀로 구분하고 각 요인들의 값을 표준화하여 전문가 설문을 통해 구한 요인별 가중치를 모든 셀에 적용하여 셀별 적합도 지수를 산정하게 된다. 여기서 적합도 지수는 식 (4)에서 보는 바와 같이 모든 셀에서 표준화된 값에 가중치를 곱한 것을 합산하여 산정하였다.

$$\text{적합도 지수} = a_1A + a_2B + cC + dD + eE + fF \quad (4)$$

여기서, a_1, a_2, c, d, e, f : 요인별 가중치
 A: 인구밀도, B: 교통량
 C: 지가, D: 지하철역까지의 거리
 E: 광역철도역까지의 거리
 F: 고속, 시외버스터미널까지의 거리

<표 1>에는 셀(500m×500m)별로 산정한 적합도 지수의 결과를 내림차순으로 정리한 것으로 계통로 네거리, 피정중학교앞 사거리 순으로 나타났으며, 내부 및 외부로부터의 접근성이 양호하고 인구밀도가 높은 지역이 높은 점수를 받은 것을 알 수 있다. 한편 계통로 네거리가 1순위와 3순위로 선정된 것은 셀의 크기를 500m×500m으로 산정한 때문으로 인근 셀의 경우에 해당한다.

<표 1> 우선순위 산정결과
 <Table 1> Priority results

Rank	ID	Priority results
1	Gyeryong Intersection	80.8
2	Goejeong Mid Int.	75.6
3	Gyeryong Int.	75.3
4	Parangsae Int.	74.1
5	Chungnam G. Mid. 3-way Int.	73.8
6	Goejeong Mid. Int.	73.5
7	Hongdo Yukgyo 5-way Cros	73.2
8	Sujeong 3-way Int.	72.4
9	Bora 3-way Int.	72.4
10	Galma 3-way Int.	72
⋮	⋮	⋮
199	D.J. Centralxi 1,2 Danji	65.2
100	D.J. Regional Tax Office	65.2

5. 입지배분모델(Location Allocation)

입지배분모델(Location - Allocation: LAM)은 네트워크상에 위치한 다수의 시설물의 입지에 대한 잠재적 수요에 대해 서비스를 공급하기 위해 시설물의 수와 위치를 추정하는데 사용된다. GIS 네트워크 분석에서 제공하는 입지-배분 모델의 유형으로는 포함영역의 최대화를 목적함수로 하는 Maxcover와 수요의 최대화를 목적함수로 하는 Maxattend 그리고 Mindistance 등이 있다.

본 연구에서는 이들 중 Mindistance model을 적용하여 카쉐어링 서비스 위치(범위)를 선정하였는데, 이 모델은 i 개의 지역에 있는 이용자가 가장 가까운

시설물을 이용한다는 가정 하에 시설물과 이용자 간의 거리를 최소화하는 지점에 j 개의 공공시설을 입지시키는 P-median모형으로 거리(통행비용)을 최소화하기 위한 입지문제에 주로 적용된다[10].

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} f_i d_{ij} x_{ij}$$

여기서,

$$\text{s.t. } \sum_{j \in I} x_{ij} \geq 1, \forall i \in I$$

$$\sum_{j \in I} x_{jj} = p$$

I : 지점의 수

p : 시설의 수

f_i : i 지점에서 배분되는 빈도

d_{ij} : i 지점과 j 지점간의 거리

$x_{ij} = 1$: j 지역 시설물이 i 시설에 배분되는 경우

$= 0$: 그렇지 않은 경우

(5)

<그림 7>에는 GIS Arc/Info의 네트워크 분석 모듈의 입지배분모델(Location-allocation Model)을 이용하여 30개의 입지를 선정한 결과를 나타내고 있다.



<그림 7> 입지배분모델에 의한 서비스 권역 결정
<Fig .7> Service areas' determination by LAM

<그림 7>에서 알 수 있는 바와 같이 대전광역시 전역을 대상으로 카셰어링 서비스 시설의 위치를 결정한 결과, 제 2치수교앞 사거리, 대전역네거리, 동서로사거리, 도마사거리, 동부사거리, 정부청사사거리, 노은네거리, 유성사거리, 도룡삼거리, 신탄진역 등이 대안지역으로 선정되었으며, 대안지역의 개수의 결정은 향후 서비스의 제공시 재정 및 서비스 목적에 따라 달라질 수 있다.

한편 이 가운데에는 적합도 지수에서 우선순위가 낮은 셀인 신탄진역이 선정되기도 하였는데 이는 잠재적 수요로는 적합도가 낮지만 대전시 전역을 서비스 권역에 모두 포함시킬 수 있도록 형평성 측면이 고려된 것으로 판단된다. 이러한 결과는 장래 카셰어링 서비스 시설이 효율성 보다는 형평성을 중요시하는 공공사업으로 시행될 경우 의사결정에 고려할 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 대전광역시 전역을 대상으로 향후 카셰어링을 도입할 경우를 가정하여 GIS와 공간분석기법을 이용한 서비스(주차장)의 위치선정 방안을 제시하였다.

특히 카셰어링 입지에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인을 문헌조사와 다양한 계층의 의견을 수렴하여 결정하고 요인별로 상이한 값들을 표준화하는 과정을 거쳤다. 나아가 AHP기법을 이용하여 가중치를 부여한 후 500m×500m 크기의 셀로 구분하여 적합도를 산정하였으며, 입지배분모델을 이용하여 30개의 서비스 권역을 선정해 보았다.

본 연구에서 제안한 카셰어링 서비스 위치선정을 위한 방안은 향후 카셰어링 서비스가 도입될 때 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 적정한 수요의 추정과 경제성 검토 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J.W. Lee, G.J. Choi and W.H. Jung, Car-sharing in Overseas and Introduction to Korea, *J. of Korean Society of Transportation*, vol. 57, pp.180-187, 2007
- [2] B. Y. J. R and J. K., "A Methodology of Analyzing Effects of an Environmentally Friendly Transportation Service", *J. of Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 23, no. 4, pp.295, 2010.12
- [3] S.A. Shaheen, A.P. Cohen, and J.D. Robert, "Carsharing in North America: Market growth, current developments, and future potential" *J. of the Transportation Research Board*, no. 1986, pp.116-124, 2006
- [4] R. Katzev, "Car Sharing: A New Approach to Urban Transportation Problems," *Analyses of Social Issues and Public Policy*, vol. 3(1), pp.65-86, 2003
- [5] A.G.H. Kek, R.L. Chen, Q. Meng, and C.H. Fung, "A decision support system for vehicle relocation operations in carsharing systems," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 45(1), pp.149-158, 2009
- [6] C. Celsor, and A. Millard-Ball, "Where does carsharing work?: Using geographic information systems to assess market potential," *J. of the Transportation Research Record*, no. 1992, pp.61-69, 2007
- [7] H.Y. Lee, E.M. Kim, "An application of GIS Technique to Analyze the Location of Bank Branch Offices", *J. of GIS Association of Korea*, vol. 5, no. 1, pp.11-26, 1997.4
- [8] M. Kim, "An application of GIS Technique to Analyze the Sales Area and the Location of Gas Stations in Tae-jeon City", *J. of GIS Association of Korea*, vol. 12, no. 2, pp. 211-228, 2004.7
- [9] S.H Kim, K.J Lee, K, Choi, "Research About the Determination of Location of Public Institutions", *J. of Korean Society of Civil Engineers*, vol. 24, no. 4, pp.583-589, 2005.7
- [10] Y. Chan, *Location Transport and Land-use*, Springer, 2004.

저자소개



도 명 식 (Do, Myungsik)

1994년 : 영남대학교 토목공학과 토질 및 도로공학 전공 졸업(석사)
 2000년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 교통계획 전공 졸업(박사)
 2000년 ~ 2002년 : 한국건설기술 연구원 토목연구부 선임연구원 근무
 2002년 ~ 현 재: 한밭대학교 도시공학과 교수
 e-mail : msdo@hanbat.ac.kr
 연락처 : 042-821-1992



노 윤 승 (Noh, Yun Seung)

2013년 : 영남대학교 학사 졸업(건설시스템공학전공)
 2013년 : 한밭대학교 석사 과정(도시공학 전공)
 e-mail : nys0713@naver.com
 연락처 : 042-821-1663