한국ITS학회논문지
J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.
15(3): 94~104 (2016)
ⓒ 2016. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.
pISSN 1738-0774, eISSN 2384-1729
DOI http://dx.doi.org/10.12815/kits.2016.15.3.094

요인 및 군집분석을 이용한 기초 행정단위별 통행특성 분석: 인천광역시를 중심으로

A Study on the Travel Characteristics of Administrative Unit by Factor and Cluster Analysis: Focused on Incheon Metropolitan City

이 슬 기* 최 은 진** 김 응 철***
(Seul-gi Lee) (Eun-jin Choi) (Eung-cheol Kim)
(Incheon National University) (Korea Road Traffic Authority) (Incheon National University)

요 약

본 연구는 인천광역시의 행정동을 특성에 따라 요인분석과 군집분석을 통하여 유형화 하였다. 그리고 유형별로 통행특성을 분석하여 교통계획의 방향성을 제시하였다. 그 결과 인천광역시의 행정동은 5개의 군집으로 유형화 되었으며 그 특징은 다음과 같다. 첫째, 공업이 발달한 행정동은 승용차를 이용한 출근통행량이 많고 장거리통행이 높게 나타나 출근 시차제 및 신호운영정책이 필요한 것으로 분석되었다. 둘째, 상업이 발달한 행정동은 대중교통 이용율이 높고, 장거리의 출근 및 쇼핑 통행량이 많은 특징이 있어 도로의 인프라 개선이 필요한 것으로 분석되었다. 셋째, 인구가 밀집된 행정동은 출근 및 등교통행의 비율이 높고 통행시간이 긴 특징이 있어 출퇴근 시간의 교통개선정책이 필요한 것으로 분석되었다. 넷째, 도시의 특성이 복합적인 행정동은 도보를 이용한 행정동 안에서의 통행이 높은 특징이 있어 보행환경개선정책이 필요한 것으로 분석되었다. 마지막으로 전철역과의 접근성이 높은 행정동은 자전거 이용이 높고 쇼핑 및 등교통행이 많은 특징이 있어 접근성 강화를 위한 계획이 필요한 것으로 분석되었다.

핵심어 : 요인분석, 군집분석, 일원분산분석, 통행특성, 교통계획

ABSTRACT

In this study, factor and cluster analysis are used to classify characteristics of the administrative basic unit, “Dong”, of the Incheon Metropolitan City. Travel characteristics of the classified groups are then analyzed through databases to provide directions of urban transportation planning. First, industrially developed administrative-dong show a high commuting volume by using cars. Thus the analysis indicated the need to staggering work-hour system and signal operating system policy. Second, commercially developed administrative-dong show heavy use of public transportation and long distance commute as well as high volume of shoppers. The analysis indicated the need to improve road infrastructure. Third, densely populated administrative-dong show a high rate of commute to work and school as well as long hours of commuting. Thus the analysis indicated the need to improve road transportation policies during rush hours. Fourth, administrative-dong with multiple characteristics feature heavy pedestrian traffic thus the study analyzed the need to improve pedestrian environment policies. Lastly, administrative-dong in close proximity to train stations feature extensive use of biking as well as high volume of shoppers and students commuting. Thus the study analyzed the necessity to have plans to enhance accessibility.

Key words : Factor analysis, Cluster analysis, One way ANOVA, Travel characteristics, Transportation planning

† 본 연구는 인천녹색환경지원센터의 2015년도 연구개발사업비 지원(15-04-01-90-92)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.
† 본 논문은 한국ITS학회의 2015년도 추계학술대회에 게재되었던 논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.
* 주저자 : 인천대학교 건설환경공학과 석사과정
** 교신저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 연구원
*** 공저자 : 인천대학교 건설환경공학과 교수
† Corresponding author : Seul-gi Lee(Incheon National University), E-mail sglee9316@naver.com
† Received 23 November 2015; reviewed 23 December 2015; Accepted 14 April 2016

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

녹색교통의 활성화는 도심의 교통문제로 인한 오염물질 배출, 교통부문의 자원절약에 기여할 수 있는 교통정책 중 하나이다. 그러나 동일 행정동 내 이동에서조차 승용차의 수단분담률이 높은 현실에서, 무조건적인 인프라의 확충이 녹색교통 활성화로 이어지기는 어렵다고 판단된다.

녹색교통의 활성화 정책을 제시하기 위해서는 각 지역별 특성의 파악과 더불어 해당 교통수단의 이동범위나 이동목적에 대한 파악이 매우 중요하다. 하지만 도시는 매우 다면적인 측면을 가지고 있어 특성을 파악하는 것은 매우 어렵다[1]. 따라서 기초 행정단위인 행정동 내 특성을 대표할 수 있는 다양한 변수를 선정하여 유의한 수준의 특성차이를 분석해 보고자 한다.

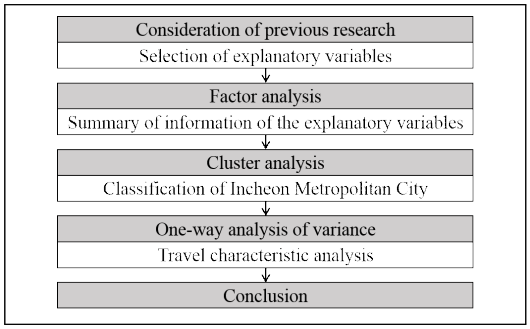
즉, 선정된 변수를 이용해 통행에 영향을 미치는 도시특성을 동별로 세분화하여 행정동별 특성에 맞는 인프라의 확충 및 정책을 수립하는 것이 녹색교통의 활성화 방안이라 판단된다. 하지만 통행특성 분석을 위해 기초행정단위인 행정동의 경계를 사용하는 것은 왜곡된 결과를 가져올 수 있으므로 실질적인 인프라 투자의 근거 자료로 이용되기 위해서는 행정동 단위의 분석에 더해 세밀한 분석이 필요할 것이다.

본 연구의 목적은 여건이 유사한 행정동을 요인분석과 군집분석으로 분류한 후 행정동 내 특성에 따른 통행의 특성을 분석하는 것이다. 그리고 통행분석결과를 토대로 유형에 맞는 교통계획의 방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

인천광역시의 도시적 특성에 따른 통행특성을 분석하기 위해 2010년 지역기초통계자료와 수도권 가구통행실태자료 그리고 GIS분석자료를 사용하였다. 분석단위는 행정동을 기준으로 하였으며 인천광역시의 도서지역을 제외한 120개 행정동을 대상으로 분석하였다.

연구의 방법은 <Fig. 1>과 같이 선행연구고찰에서 도시의 특성을 유형화하기 위해 특성을 대표할 수 있는 다양한 지표를 선정한다. 그다음 선정된 지표들을 요인분석 하여 고유치가 큰 소수의 요인 점수를 군집분석을 실시하였다. 그리고 그 결과를 기초로 행정동의 특성에 따른 통행의 특성을 분석을 하였다.



〈Fig. 1〉 Study Process

Ⅱ. 선행연구고찰

인천광역시의 행정동별 특성을 유형화시키기 위한 설명변수를 선정하기 위하여 도시형태와 통행특성에 대한 선행연구 고찰을 하였다. Cho(2014)은 전라남도의 읍면동을 대상으로 지역의 특성을 분석하기 위하여 시가지면적변화율, 인구밀도변화율, 가구밀도변화율, 고용밀도변화율, 도로변화율 등의 변수를 사용하여 난개발 수준을 연구하였다[2]. Kwak et al.(2013)은 토지이용 패턴 특성을 중심으로 교통량과의 영향관계를 분석하기 위하여 연면적, 개발밀도, 토지이용복합지수, 토지이용분포도의 변수를 사용하여 통행량과 회귀분석을 수행하였다[3]. Kim(2012)은 고밀복합 토지이용과 관련된 평가지표 개발 및 중요도 분석을 하였다. 그 결과 토지, 교통, 환경, 경제의 측면에서 16개의 최종적인 변수를 도출하였다[4]. Choi et al.(2009)은 수도권의 난개발지수를 산출하기 위하여 밀도, 다양성, 설계, 접근성의 변수를 사용하였다. 그리고 난개발지수와 통행

패턴과의 연관성을 분석하였다[5]. Kim(2008)은 인구변화율 대비 시가지변화율, 주거밀도, 인구변화율 대비 도로면적변화율, 승용차이용자 소요시간 등 우리나라 실정에 적합한 난개발 지표를 도출하였다[6].

지역의 특징을 이용하여 통행특성을 분석한 기존의 연구들은 공간적 연구대상이 대부분 시·군·구 단위로 진행되어왔다. Cho(2014)의 연구에서 행정동을 공간적 기준으로 행정동의 특징을 분석하였으나 추가적으로 행정동별 통행특성분석은 수행되지 않았다. 본 연구는 행정동 단위의 통행특성분석이 녹색교통정책수립에 주요한 요인으로 판단되여 행정동별 특징을 반영한 통행분석을 시도했다는 차별성이 있다.

Ⅲ. 요인분석

1. 분석방법

선행연구고찰을 통해 추출된 변수의 수를 줄여 몇 개의 핵심적인 요인만으로 구성하고 설명하기 위하여 요인분석을 하였다. 본 연구에서는 요인분석의 방법 중 입력변수들의 총 분산을 이용한 주성분분석을 사용하였다.

주성분분석은 정보의 손실을 줄이고 변수들이 가지고 있는 총 분산을 가능한 한 많이 설명할 수 있는 요인을 효과적으로 추출할 수 있다. 또한 추출된 요인의 축을 적당히 회전시켜 추출된 요인들과 입력변수들 간의 관계를 보다 명확하게 파악하고 이해하기 위하여 베리맥스(Varimax) 회전방법을 사용하였다[7].

먼저 요인분석을 통해 공통성이 낮은 변수는 분석에서 제외하였다. 공통성이란 추출된 요인이 변수가 가지는 분산의 몇 퍼센트를 설명할 수 있는가를 나타낸 값으로 일반적으로 요인분석에서 공통성이 0.4 이하인 변수는 제외하는 것이 좋다[8]. 분석결과, 2개의 변수가 제외되었다. 먼저 토지이용복합도의 경우 용도지역이 복합적으로 존재하는지 여부를 나타낸 것으로, 요인분석 결과 용도지역별 면적의 밀도를 이용하는 것이 공통설명력이 높게 나타났다. 대중교통평균 접근시간의 경우 공통성이 0.24로 다른 변수들과의 상관관계가 매우 낮아 제외하고 분석하였다.

선행연구 고찰결과 최종적으로 선정된 설명변수는 <Table 1>과 같이 인구밀도, 주거밀도, 고용밀도, 고용규모, 직주균형지수, 주거지역면적, 상업지역면적, 공업지역면적, 도로밀도, 도로경사도, 자전거도로밀도, 전철역밀도이다.

<Table 1> Based on statistical analysis

Variables	Calculation(unit)	N	Average	Standard Deviation
Population density	Populations/Area(person/km^2)	120	17,870	11,742
Residential density	Households/Area(household/km^2)	120	5,281	3,577
Employment density	Employees/Area(person/km^2)	120	4,198	3,221
Employment scale	Employees/Companies	120	4.62	2.42
Jobs-Housing balance	Employees/Households	120	1.08	1.05
Residential area	Residential area/Area(%)	120	51.78	28.41
Commercial area	Commercial area/Area(%)	120	9.97	17.24
Industrial area	Industrial area/Area(%)	120	11.50	22.38
Road density	Road length/Urban area(km/km^2)	120	25.34	14.58
Road gradient	Average road gradient	120	5.92	3.52
Bicycle road density	Bicycle road length/Area(km/km^2)	120	2,597	2,891
Subway density	Subway stations/Area(station/km^2)	120	0.18	0.45

2. 요인분석 결과

요인분석의 결과로 얻은 요인적재량을 이용해 연관성이 높은 변수들을 묶어주었다. 그 결과 4개의 요인을 얻었고 요인의 특성을 파악하였다. 또한 요인분석을 통해 얻은 요인점수를 활용하여 군집분석에 사용하였다.

1) KMO와 Bartlett의 검정

입력변수들 간에 충분한 상관관계가 존재함을 밝히고 요인분석을 실시하는 것이 의미가 있는지를 파악하기 위해 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)검정과 바틀렛(Bartlett)의 구형성 검정을 하였다. KMO검정은 변수들 간의 편상관관계를 나타내는 편상관계수가 얼마나 작은지를 검정하는 것이다. KMO값이 일반적으로 0.5 이상이면 준비된 자료가 요인분석으로 분석하기에 적절하다고 판단할 수 있다[7].

바틀렛의 구형성 검정은 요인분석에 사용될 입력변수들 간의 상관계수 행렬을 도출하여 이 행렬이 단위행렬에 준하는 행렬인지 여부를 검증하는 것으로 유의수준을 나타내는 p값이 0.1이하면 요인분석을 수행해도 괜찮은 정도의 상관관계가 존재한다고 판단하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 KMO값이 0.649, 유의확률이 0.00으로 요인분석을 실시하는 것이 의미가 있다고 판단되었다[7].

〈Table 2〉 KMO and Bartlett's test

Kaiser-Meyer-Olkin test		0.649
Bartlett's Sphericity test	χ^2	1059.427
	df	66
	p	0.000

2) 고유값과 설명된 분산

고유값(eigenvalue)은 한 요인이 몇 개의 변수들이 가지고 있는 양만큼의 분산을 설명하고 있는가를 나타내는 값이다. 본 연구에서는 요인이 적어도 입력변수 1개 이상의 변동을 설명할 수 있는 요인들만을 추출하도록 고유값 1을 기준으로 하였다.

〈Table 3〉 The total variance explained

Factor	Rotation sum of squares load capacity		
	All	% Variance	Accumulate %
1	3.52	29.35	29.35
2	2.37	19.76	49.12
3	1.87	15.59	64.71
4	1.59	13.25	77.96

추출된 요인들에 의해 설명되는 총분산의 크기는 추출된 요인들의 고유값들의 합이 전체 고유값들의 합에서 차지하는 비율로써 추출된 요인들이 입력변수 전체 분산 중 얼마만큼을 설명하는가를 의미한다[7]. 그 결과 <Table 3>과 같이 4개의 요인이 추출되었다. 회전이후 요인1은 29%로 가장 설명력이 높게 나타났으며, 요인2는 20%, 요인3은 16%, 그리고 요인4는 13%로 나타나 추출된 요인들이 전체분산의 78%를 설명하는 것으로 분석된다.

3) 요인행렬과 공통성

회전된 요인적재량 행렬은 어느 변수가 어떤 요인에 의하여 주로 설명되고 있는지를 파악할 수 있게 해준다. 또한 요인적재량으로 요인구조를 결정하고 이를 이용해 해석할 수 있다.

〈Table 4〉 Rotated factor loadings matrix and commonality

Variables	1	2	3	4	C.
Population density	**.94**	.05	.20	.11	.94
Residential density	**.94**	.06	.17	.07	.92
Residential area	**.90**	-.03	-.13	.06	.84
Jobs-Housing balance	**-.55**	.52	.44	-.02	.76
Road density	-.22	**-.79**	.02	-.03	.68
Industrial area	-.49	**.74**	-.04	-.13	.81
Road gradient	-.22	**-.67**	-.22	-.32	.64
Employment scale	-.48	**.59**	.08	.14	.60
Commercial area	-.05	-.11	**.91**	-.03	.84
Employment density	.24	.30	**.83**	.19	.85
Subway density	.11	-.03	-.09	**.85**	.75
Bicycle road density	.01	.18	.16	**.83**	.74

C. Commonality

일반적으로 각각의 변수는 요인적재량이 가장 큰 요인에 할당되는 것으로 해석한다. 공통성은 행렬상의 계수값들을 제곱하여 각 변수의 행별로 더해준 값으로 추출된 요인에 의하여 설명되는 변수의 분산크기를 나타낸다[7]. 본 연구에서 분석한 12개의 변수는 모두 0.6 이상의 값을 가지고 있어 추출된 4개의 요인에 의해서 12개의 변수가 모두 일정수준 이상의 설명력을 갖는다고 분석되었다.

4) 결과분석

분석 결과 12개의 변수는 4개의 요인으로 분류되었다. 먼저 요인 1은 인구 특성을 반영하는 요인으로 볼 수 있다. 자세히 살펴보면 인구밀도, 주거밀도 그리고 주거지역비율이 (+)요인으로 작용하였고 직주균형지수가 (-)요인으로 작용하였다. 특이할 만한 사항은 가구당 종사자수를 의미하는 직주균형지수가 요인 2와 3에 (+)요인으로 높은 적재량 값을 갖고 있다는 것이다. 이는 요인 2와 3으로 분류된 변수들이 종사자수와 관련이 깊다는 것을 의미하며 요인 1은 가구수와 관련성이 높은 것을 의미한다.

요인 2는 공업지역의 종사자특성과 도로특성을 반영하는 요인으로 공업지역비율과 고용규모가 (+)요인으로 작용하고, 도로밀도와 도로경사도가 (-)요인으로 작용하였다. 종사자 특성을 보면 고용규모가 (+)요인으로 작용하였다. 이는 한 사업체당 고용하고 있는 종사자수가 많다는 것을 의미하며 공업지역비율이 (+)요인으로 작용하는 것과 연관성이 높다. 도로특성을 보면 도로밀도가 (-)요인으로 작용하는 것을 볼 수 있다. 공업지역은 특성상 면적이 넓어 상대적으로 도로밀도가 낮게 나타나는 경향이 있어 같은 요인으로 분류된 것으로 해석된다. 그리고 도로경사도가 (-)요인으로 나타나는 것은 도로경사도가 완만하다는 것을 의미한다. 요인 2로 분류된 변수들은 공업지역비율을 기준으로 해석을 해보았으며, 공업지역의 특성을 나타낸다고 볼 수 있다.

요인 3은 상업지역의 종사자 특성을 반영하는 요인으로 상업지역비율과 고용밀도가 (+)요인으로 작용하였다. 고용밀도는 행정구역면적대비 종사자수를 의미하므로 상업지역의 특성을 잘 반영하는 변수라고 볼 수 있다.

요인 4는 대중교통이용환경의 특성을 반영하는 전철역밀도와 자전거도로밀도의 변수가 (+)요인으로 작용하였다.

따라서, 도시형태와 통행특성을 나타내는 12개의 변수들은 인구특성요인, 공업지역의 종사자 및 도로특성요인, 상업지역의 종사자특성요인, 대중교통이용환경 영향요인의 4개 요인으로 분류되었다.

Ⅳ. 군집분석

1. 분석방법

요인분석에서 얻은 요인점수를 이용하여 인천광역시의 120개 행정동을 유사한 속성을 나타내는 몇 개의 군집으로 그룹화한 다음, 군집별로 통행행태를 비교해 보기 위해 군집분석을 수행하였다. 군집분석에서는 분석대상 간의 유사성을 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 이용해 서로 가까운 거리에 있는 것들끼리 그룹화하여 분석대상을 몇 개의 집단으로 분류하는 방법이다. 군집화 방법에 따라서 군집분석은 크게 계층적 군집분석과 비계층적 군집분석 그리고 중복군집분석으로 분류된다[7].

본 연구에서는 개별 대상 간의 거리를 기준으로 나무모양의 계층구조를 상향식(bottom-up)으로 형성해가는 방식인 계층적 군집분석을 이용하여 군집의 수를 정하였다. 이때 거리 산정방법은 유클리디안 제곱거리를 이용하는 와드(Ward)방식으로 하여 군집의 수를 5개로 정하였으며, 이렇게 정한 군집의 수를 군집의 중심에 가장 가까운 개체를 하나씩 포함해가는 비계층적 군집분석으로 분석하였다[7].

2. 군집의 영향력 분석

군집별 요인의 영향력 분석 결과는 <Table 5>와 같다. 총 120개의 행정동은 모두 5개의 군집으로 분류되었고 군집은 각각 18, 10, 35, 42, 15개의 행정동으로 이루어졌다.

〈Table 5〉 Factor scores of the cluster

Factor	Cluster				
	1(18)	2(10)	3(35)	4(42)	5(15)
Factor 1	-1.18	-.09	1.08	-.51	.39
Factor 2	1.66	-.33	.09	-.74	.09
Factor 3	-.11	2.74	-.13	-.47	-.08
Factor 4	-.23	-.09	-.50	-.19	2.03

제 1군집은 공업지역의 특성을 잘 반영하는 군집으로 공업도시형으로 이름을 지정하였다. 이 군집에는 대표적으로 논현고잔동과 만석동이 소속되어 있으며 이 행정동들은 대규모 공업단지가 형성되어 있다. 다른 군집과는 달리 2개 요인의 영향력이 높게 나타났는데, 영향력이 가장 높게 나타난 요인은 공업지역의 종사자 및 도로특성 요인으로 이 군집은 공업면적의 비율이 높고 고용규모가 큰 특성을 가지고 있다. 그리고 도로의 연장이 공업지역면적에 비해 상대적으로 적고 도로의 경사는 완만한 군집으로 이루어 졌다. 두 번째로 영향력이 높은 요인은 인구특성요인으로 이 요인의 영향력은 음의 값으로 높게 나타나 이 군집은 면적 대비 인구와 가구 수가 낮은 것을 의미한다.

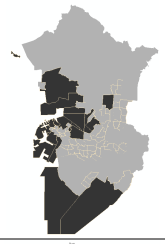
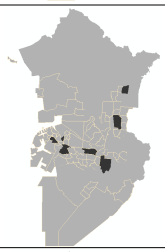
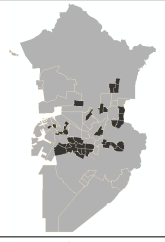
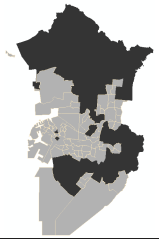
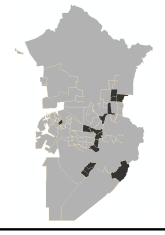
제 2군집은 상업지역의 종사자 특성요인이 높은 양의 영향력을 가지고 있는 군집이다. 대표적으로 구월1동, 부평4동과 5동, 그리고 동인천동이 소속되어 있는 군집으로 상업도시형으로 이름을 지정하였다. 이 군집은 상업면적의 비율이 높고 고용밀도가 높게 분석이 되었다.

제 3군집은 인구특성요인의 영향력이 높게 나타나는 군집으로 인구밀집형으로 지정하였다. 이 군집은 대표적으로 송월동, 학익2동, 용현5동 등이 소속되어 있는 인구와 주거밀도가 높고 주거면적비율이 높은 군집이라고 할 수 있다.

제 4군집은 요인들의 영향력이 크게 차이가 나지 않으므로 일반도시형으로 이름을 지정하였다. 이 군집은 대표적으로 선학동, 청학동, 계산1동 등이 소속되어 있는 인구특성과 토지이용 그리고 대중교통의 인프라의 복합적 정도가 평균인 군집이다.

제 5군집은 대중교통 이용환경 영향요인이 다른 군집에 비해 높은 영향력을 가지고 있는 군집으로 교통시설형으로 이름을 지정하였다. 이 군집은 대표적으로 연수2동, 동춘3동, 논현동이 소속되어 있는 전철역밀도가 높고 자전거도로 밀도가 높은 특성을 가지고 있다. 군집별로 행정동의 위치와 특징은 다음 <Table 6>과 같다.

〈Table 6〉 Location of administrative-dong by cluster

Cluster	Location	Characteristic
Cluster1(18)		Industrial area Employment scale Jobs-Housing balance
Cluster2(10)		Commercial area Employment density
Cluster3(35)		Population density Residential density Residential area
Cluster4(42)		Multiple characteristics
Cluster5(15)		Subway density Bicycle road density

따라서 군집의 이름을 지정해 줌으로써 군집의 특성을 더욱 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 군집별 요인의 영향력을 바탕으로 공업도시형, 상업도시형, 인구밀집형, 일반도시형, 교통시설형으로 지정하여 인천광역시의 특성을 5가지로 분류하였다[9-10].

3. 군집별 통행특성 분석

군집별로 통행특성을 분석하기에 앞서 군집별로 이동수단의 수단분담률을 일원분산분석을 통해 분석하였다. 그 다음 유출입 통행율과 목적통행별로 통행비율 및 통행시간을 분석하여 사후검증을 통해 군집별로 통행특성을 유형화 하였다. <Table 7>과 같이 0.05수준에서 통계적인 유의성을 검증하였다.

승용차와 대중교통 그리고 녹색교통수단인 보도와 자전거의 수단분담률을 <Table 8>과 같이 군집별로 분석하였다. 먼저 승용차는 공업도시형이 36.6%로 제일 높게 나타났으며 대중교통의 수단분담률은 상업도시형이 32.3%로 제일 높게 나타났다. 도보는 일반도시형이 31.3%로 가장 높았으며, 자전거의 경우 교통시설형이 1.85%로 가장 높게 나타났다.

〈Table 7〉 Posteriori tests

Dependent Variables			(I) group	(J) group	Mean Different (I-J)	Std. Error	P-value	95% CI	
								Lower Bound	Upper Bound
Traffic flow rate	Other Gu		Cluster 1	Cluster 4	8.143*	2.413	.009	1.450	14.830
	Intra-zonal trips		Cluster 3	Cluster 4	-8.276*	2.292	.004	-14.630	-1.930
Travel purpose rate	Work	Destination	Cluster 1	Cluster 2	12.473*	3.720	.009	2.162	22.784
				Cluster 3	18.509*	2.736	.000	10.926	26.092
				Cluster 4	22.266*	2.657	.000	14.901	29.631
				Cluster 5	17.096*	3.298	.000	7.956	26.235
			Cluster 2	Cluster 1	-12.473*	3.720	.009	-22.784	-2.162
				Cluster 4	9.792*	3.319	.031	.594	18.991
	School	Origin	Cluster 4	Cluster 1	6.024*	1.591	.002	1.610	10.430
				Cluster 2	8.924*	1.987	.000	3.420	14.430
				Cluster 3	3.724*	1.292	.037	.140	7.310
			Cluster 5	Cluster 2	7.400*	2.305	.015	1.010	13.790
		Destination	Cluster 1	Cluster 3	-14.488*	2.910	.000	-22.554	-6.422
				Cluster 4	-18.230*	2.827	.000	-26.064	-10.395
				Cluster 5	-11.113*	3.508	.017	-20.835	-1.390
			Cluster 2	Cluster 3	-10.015*	3.598	.048	-19.987	-.044
				Cluster 4	-13.757*	3.530	.002	-23.543	-3.972
	Shopping	Origin	Cluster 1	Cluster 4	1.841*	.650	.043	.040	3.640
		Destination	Cluster 1	Cluster 2	-4.067*	1.279	.016	-7.613	-.521
				Cluster 3	-2.642*	.941	.045	-5.230	-.034
				Cluster 5	-4.350*	1.134	.002	-7.493	-1.207
			Cluster 4	Cluster 5	-2.727*	.976	.047	-5.431	-.023
Commuting travel time	Work	Destination	Cluster 1	Cluster 3	3.831*	1.073	.005	.859	6.804
	School	Origin	Cluster 2	Cluster 1	5.281*	1.791	.031	.318	10.245
				Cluster 3	5.522*	1.628	.008	1.009	10.034
				Cluster 4	5.670*	1.598	.005	1.242	10.099
		Destination	Cluster 3	Cluster 4	4.677*	1.276	.003	1.140	8.214
				Cluster 5	4.875*	1.721	.042	.106	9.644
			Cluster 4	Cluster 1	-4.584*	1.571	.034	-8.938	-.231
				Cluster 3	-4.677*	1.276	.003	-8.214	-1.140

Std. Error. Standard Error, CI. Confidence Interval, *. P<0.05

〈Table 8〉 Mode share by cluster(%)

Cluster	Car	Public	Walk	Bicycle
Cluster 1	36.6	28.9	27.6	1.26
Cluster 2	32.3	32.3	29.6	1.59
Cluster 3	33.7	30.1	30.7	1.44
Cluster 4	36.1	27.9	31.3	1.20
Cluster 5	34.2	31.2	30.9	1.85

1) 군집별 유출입통행율

〈Table 9〉와 같이 군집별로 유출입통행율을 인천 외 수도권으로의 유출입통행, 구에서 다른 구로의 통행, 동에서 다른 동으로의 통행 그리고 서로 같은 동내에서의 통행의 4가지 유형으로 나누어서 분석하였다. 〈Table 7〉에서 제시한 것과 같이 군집별 유출입 통행율의 사후검증 결과는 다음과 같다.

다른 군구로의 통행율은 공업도시형과 일반도시형 간의 차이가 0.05수준에서 유의적인 것으로 나타났다. 즉, 공업도시형은 일반도시형보다 다른 군구로의 통행율에 있어서 평균 8.2만큼의 유의적인 높은 결과를 가져왔다. 외부로의 유출통행은 적고 유입통행이 많은 공업도시형은 다른 군구로의 통행율도 공업도시형이 33.2%로 높게 분석이 되어 공업도시형은 출근통행이 주인 군집으로 보이며, 출근통행은 타 통행에 비하여 이동범위가 넓어 공업이 발달된 군집이 다른 군집에 비해 높은 값을 가지는 것으로 분석되었다.

동일동내에서의 통행율은 인구밀집형과 일반도시형 간의 차이가 0.05수준에서 유의한 것으로 나타나 일반도시형은 일구밀집형에 비해 동일동내에서의 통행율에 있어서 평균 8.3만큼의 유의적인 높은 값을 보여준다.

〈Table 9〉 Traffic flow rate by cluster(%)

Cluster	Others Incheon		Others Gu	Others Dong	Intra-zonal trips
	O.	D.			
Cluster 1	12.3	9.3	33.2	34.1	20.7
Cluster 2	17.1	7.7	30.3	38.5	14.2
Cluster 3	15.3	7.7	29.1	41.1	14.5
Cluster 4	16.2	6.8	25.0	36.0	22.8
Cluster 5	16.4	7.6	28.2	38.3	17.1

O. Origin, D. Destination

2) 군집별 통근, 통학, 쇼핑의 통행비율

〈Table 10〉과 같이 목적통행별로 통행비율을 분석하였다. 통행유형은 출근, 등교, 쇼핑이며 각 군집별로 출·도착지 기준의 통행의 차이를 비교해보고자 하였다. 차이는 〈Table 7〉의 사후검증결과를 이용하였으며 목적통행 비율의 분석결과는 다음과 같다.

출근통행은 도착지기준의 비율 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다. 가장 큰 차이를 보인 군집은 공업도시형으로 출근하는 통행의 비율과 나머지 4개 군집으로 출근하는 통행의 비율 간의 차이가 0.05수준에서 유의한 것으로 분석되었다. 즉, 공업도시형은 다른 군집보다 출근통행의 비율이 통계적으로 유의한 수준으로 높다고 할 수 있다.

그 중 일반도시형은 상업도시형과도 유의하게 차이가 있는 것으로 나타나 일반도시형으로 출근하는 통행은 상업도시형으로 출근하는 통행의 비율보다 높은 것으로 나타났다.

〈Table 10〉 The travel purpose rate by cluster(%)

Cluster	Work		School		Shopping	
	O.	D.	O.	D.	O.	D.
Cluster 1	45.7	60.5	27.5	21.6	8.1	4.7
Cluster 2	49.0	48.1	24.6	26.1	8.0	8.8
Cluster 3	49.1	42.0	29.8	36.1	6.5	7.3
Cluster 4	47.8	38.2	33.5	39.9	6.2	6.3
Cluster 5	47.5	43.4	32.0	32.7	6.0	9.0

O. Origin, D. Destination

등교통행의 경우 출발지와 도착지기준 모두 유의하게 나타났다. 먼저 출발지기준의 등교통행 중 일반도시형과 유의한 차이를 보인 군집은 공업도시형, 상업도시형, 인구밀집형이다. 이 군집들은 일반도시형에 비해 각 군집에서 출발하는 등교통행의 비율이 유의적으로 낮다고 할 수 있다. 또한 상업도시형은 교통시설형에 비해 출발지기준의 등교통행의 비율에 있어서 통계적으로 유의적인 낮은 값을 보였다. 따라서 상업도시형은 일반도시형과 교통시설형에 비해 출발지 기준의 등교통행 비율이 낮은 것으로 분석된다.

도착지기준의 등교통행비율의 차이가 통계적으

로 가장 두드러지게 나타나는 군집은 공업도시형이다. 공업도시형은 인구밀집형, 일반도시형, 교통시설형에 비해 도착지기준의 등교통행의 비율이 평균 14.6만큼의 유의적으로 낮게 분석되었다.

또한 상업도시형은 인구밀집형과 일반도시형에 비해 도착지 기준의 등교통행 비율의 차이가 있는 군집으로 평균 11.9만큼의 유의적인 낮은 값을 보여준다.

쇼핑통행의 비율은 출발지와 도착지 기준 모두 유의적으로 나왔다. 공업도시형은 일반도시형에 비해 출발지기준의 쇼핑통행 비율의 차이가 높게 나타났다. 도착지기준의 쇼핑통행 비율은 공업도시형의 경우 상업도시형, 인구밀집형, 교통시설형과 유의적으로 낮았으며, 일반도시형은 교통시설형과 비교했을 때 유의적으로 낮은 값을 나타냈다.

3) 군집별 통근, 통학의 통행시간

<Table 11>과 같이 군집별로 통행시간을 분석하였다. 통행유형은 출근, 등교이며 각 군집별로 출·도착지 기준의 통행의 차이를 비교해보고자 하였다. 차이는 <Table 7>의 사후검증결과를 이용하였으며 목적통행 시간의 분석결과는 다음과 같다.

출근통행의 경우 공업도시형으로 도착하는 통행시간이 인구밀집형으로 도착하는 통행시간보다 유의적으로 높게 나타났다. 즉, 공업도시형은 인구밀집형 보다 도착지기준의 출근통행시간이 더 긴 것으로 분석되었다.

〈Table 11〉 Commuting travel time to work and school by cluster(min)

Cluster	Work		School	
	O.	D.	O.	D.
Cluster 1	37.7	36.7	36.3	24.8
Cluster 2	40.1	34.6	31.6	23.6
Cluster 3	40.2	33.0	26.1	24.9
Cluster 4	40.2	34.2	25.9	20.2
Cluster 5	39.7	33.3	27.5	20.0

O. Origin, D. Destination

등교통행의 경우 상업도시형은 공업도시형, 인구밀집형, 일반도시형에 비해 출발지기준의 등교통행시간이 유의적으로 높은 값을 보여 통행시간이 더 긴 것으로 분석되었다. 또한 인구밀집형은 일반도시형, 교통시설형에 비해 도착지기준의 등교통행시간이 유의적으로 높은 값을 보여 통행시간이 더 긴 것으로 분석되었다.

추가적으로 목적통행별 통행시간 분석결과의 이해도를 높이기 위해 출근 및 등교통행의 첨두시간대를 분석하였다. 출근통행은 5시부터 10시에 대부분의 통행이 발생했으며, 첨두시간대(1시간)는 오전 7시 15분부터 8시 15분사이로 나타났다. 등교통행의 경우 출근통행보다 6시부터 10시에 대부분의 통행이 발생하였으며 첨두시간대는 7시 30분부터 8시 30분으로 출근통행의 첨두시간대 보다 15분 늦게 나타났다[11].

Ⅴ. 결론

기존에는 시·군·구 단위가 교통인프라 계획과 실행의 기본단위가 되어왔지만 행정동 단위의 통행특성분석이 녹색교통정책수립에 주요한 요인으로 판단된다[12]. 더불어 교통문제 해결을 위해 각 지자체별로 도입되어온 ITS서비스의 체계적이고 효율적인 도입을 위해서는 각 행정동의 특성을 파악하고 이에 맞는 서비스를 제공할 필요가 있다[13].

본 연구에서는 행정동의 형태에 따라 5개의 군집으로 나누고 군집별로 통행특성을 분석해 보았다. 그리고 통행분석결과를 토대로 유형에 맞는 교통계획의 방안을 제시하였다.

먼저 공업도시형은 승용차를 이용한 출근통행량이 많은 통행특성을 가지고 있었다. 특히 서울과 경기로의 외부 유입 통행율이 높았고 인천 내부 통행율은 동단위의 통행보다는 군구단위의 통행율이 높아 주로 장거리 통행이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 공업도시형은 출근시차제 및 실시간신호제어시스템이 필요하다고 판단이 된다.

상업도시형은 대중교통의 수단분담률이 높고 다른 군집에 비해 인천 내·외부의 유출입 통행율이 높게 분석되었다. 이는 주로 출근과 쇼핑을 위한 통행으로 보인다. 특히 이 군집은 통행시간이 길게 분

석되었다. 따라서 상업도시형은 대중교통이용자를 위한 버스정보제공시스템 및 보행환경개선사업과 장거리 통행을 위한 도로 인프라의 개선이 필요하다고 판단된다.

인구밀집형은 출근 및 등교통행이 높고 통행시간은 길게 분석되었다. 유출입 통행율의 경우 행정동 내 통행보다는 행정동 외부로의 통행율이 높게 분석되었다. 또한 상업도시형인근에 위치해 인접 주요 상업지역간의 접근성을 향상시켜야 할 것으로 분석되며, 출퇴근시간의 교통개선정책과 더불어 주요 대중교통시설까지의 보행 및 자전거 이용환경 개선이 필요하다고 판단된다.

일반도시형은 도보의 수단분담률이 높고 동내에서의 통행율이 큰 군집으로 분석되었다. 하지만 행정동 외부로의 통행율은 다른 군집에 비해 낮게 분석되어 이 군집은 도보를 이용한 단거리 통행이 높다고 할 수 있다. 또한 등교통행의 비율이 출발지와 도착지 기준 모두 다른 군집에 비해 높아 등교를 위한 통행의 특성이 잘 나타나는 군집으로 보인다. 따라서 일반도시형은 근거리 보행환경에 특화된 계획과 더불어 주요 전철역까지의 자전거 네트워크 구축이 필요하다고 판단된다.

교통시설형은 도보 및 자전거 수단분담률이 높고 쇼핑 및 등교통행율이 높게 분석되었다. 따라서 교통시설형은 순환버스, 공공자전거와 같은 접근성 강화를 위한 계획이 필요하며, 자전거와 관련된 시설에 대한 구축이 필요하다고 판단이 된다.

위와 같이 각 행정동은 각 유형별로 다른 통행특성을 가지고 있어 차별화된 교통서비스 지원정책이 필요하다. 승용차 이용이 높은 행정동은 구나 시 외부로의 유출입 통행량이 높은 특성을 보였으며, 보행과 자전거이용의 녹색교통이용율이 높은 행정동은 근거리의 이동이 높은 특성을 보였다. 따라서 외부로의 유출입 통행이 많은 지역은 상대적으로 통근시간에 교통혼잡이 잦고 대중교통이용율이 저조하다. 따라서 실시간 신호제어 시스템으로 교통혼잡을 완화시킴과 더불어 승용차 이용자들을 대중교통으로 전환시킬 수 있도록 간선급행버스와 같은 대중교통제도의 도입이 필요하다. 반면 근거리 통행이 많은 지역은 순환버스, 공공자전거, 보행환경 개선사업 등을 이용하여 녹색교통의 수담분담률을 증진시킬 수 있다[12].

본 논문은 인천광역시의 기초행정단위인 행정동의 공간적인 특성을 이용해 통행특성을 분석한 것이다. 따라서 추후 연구과제로 행정동 단위의 공간적인 분석에 더해 해당 공간 안에서 개인 간의 특성차이를 고려한 연구가 진행된다면 더욱 합리적인 결과를 이끌어 낼 수 있을 것이라 판단된다.

REFERENCES

[1] Lee J. S.(2002), “A Study on the Classification of regional Patterns by Cluster Analysis Utilizing Factor Scores,” *Journal of Korea Planning Association,* vol. 37, no. 4, pp.191-199.

[2] Cho J. B.(2014), “The Leval and Tendency of Over-Development in Depopulation Area: Based on the Eup · Myon · Dong Areas of Jeollanam-do,” *Journal of Korea Regional Development Association,* vol. 26, no. 4, pp.15-34.

[3] Kwak E. M., Eom S. Y. and Lee M. H.(2013), “The Study on the Effect of Land Use Pattern on Traffic Volume,” *Journal of Korea Planning Association,* vol. 48, no. 5, pp.7-21.

[4] Kim S. W.(2012), “The Application and Development of Evaluation Items for the High-Density · Mixed-Land Use,” *Journal of Korea Regional Development Association,* vol. 24, no. 1, pp.105-120.

[5] Choi E. J., Heo H. B., Sung H. G. and Kim E. C.(2010), “A Study on the Estimation of Sprawl Index and its Relationship With Travel Pattern in the Capital Region,” *Journal of Korea Spatial Planning Review,* vol. 64, pp.97-112.

[6] Kim J. I.(2008), “Measuring Regional Sprawl with Macro Level Indices,” *Journal of Korea Regional Development Association,* vol. 20, no. 2, pp.127-148.

[7] Lee Y. H.(2000), Research Methodology ver.2, Cheog-Ram Books, pp.447-567.

[8] Kwon M. J.(2008), "Development of Traffic Accident prediction Model using Cluster analysis method based on the type of city," *Paper of Masters Degree, Ajou University,* pp.33-45.

[9] Choi H. H. and Kim S. B.(2006), "The Characteristics and Types of Urban Zoning Areas by Factor Analysis and Cluster Analysis in Korea," *Journal of Korea Urban Geographical Society,* vol. 9, no. 1, pp.127-136.

[10] Song M. C. and Chang H.(2010), "Characterization of Cities in Seoul Metropolitan Area by Cluster Analysis," *Journal of Korea Society For Geospatial Information System,* vol. 18, no. 1, pp.83-88.

[11] Kwon S. J.(2013), "Analysis of Weekly Variations of Travel Behaviors for Commuting Trips -Focused on Seoul Metropolitan Area in Korea-," *Paper of Masters Degree, Hanyang University.* pp.33-43.

[12] Bin M. Y., Lee W. D., Moon J. B. and Joh C. H.(2013), "Integrated Equity Analysis Based on Travel Behavior and Transportation Infrastructure: In Gyeonggi-Do Case," *Journal of Korea Society of Transportation,* vol. 31, no. 4, pp.47-57.

[13] Lee Y. J., Oh Y. T., Nam B. and Kim D. Y.(2012), "The ITS Construction and Operation Plan of Hwaseong City," in Proc. *KITS int. Commun 2012 (KITS ICC 2012),* pp.275-279, Gyeonggi-do, Korea.

저자소개

이 슬 기 (Lee, Seul-Gi)
2015년 3월～현재 : 인천대학교 석사과정 재학(건설환경공학전공)
2011년 3월～2015년 2월 : 인천대학교 공학사(건설환경공학전공)
e-mail : sglee9316@naver.com

최 은 진 (Choi, Eun-Jin)
2016년 6월～현재 : 도로교통공단 교통과학연구원 연구원
2014년 9월～2016년 6월 : 인천대학교 공학기술연구소 연구교수
2010년 3월～2014년 8월 : 인천대학교 공학박사(건설환경공학전공)
2008년 3월～2010년 2월 : 인천대학교 공학석사(토목환경공학전공)
2004년 3월～2008년 2월 : 인천대학교 공학사(토목환경시스템공학전공)
e-mail : toryjin1532@naver.com

김 응 철 (Kim, Eung-Cheol)
2004년 3월～현재 : 인천대학교 건설환경공학부 교수
2002년 11월～2004년 2월 : 한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원
1997년 8월～2001년 12월 : 미국메릴랜드대학교 공학박사(교통전공)
1990년 3월～1991년 2월 : 서울대학교 공학석사(도시계획학 교통전공)
1985년 3월～1990년 2월 : 한양대학교 공학사(도시공학전공)
e-mail : eckim@inu.ac.kr