

■ 論 文 ■

탐색적 요인분석을 이용한 도로특성분류에 관한 연구

A Study on Road Characteristic Classification using Exploratory Factor Analysis

조 준 한

김 성 호

노 정 현

(한양대학교 교통공학과 박사과정)

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

(한양대학교 도시대학원 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 기존연구검토
 - 1. 도로기능분류 개념 및 평가항목
 - 2. 도로기능분류의 보완점
- III. 도로특성분류의 개념 정립
 - 1. 도로특성분류의 개념
 - 2. 도로특성분류의 필요성
 - 3. 도로특성분류와 요인분석의 관계
 - 4. 도로분류체계를 위한 요인분석 사례
- IV. 탐색적 요인분석
 - 1. 자료수집 및 변수선정
 - 2. 탐색적 요인분석의 설계
- V. 요인분석의 결과제시
 - 1. 시나리오 및 평가기준 제시
 - 2. 시나리오별 결과 비교분석
 - 3. 적정 설명변수 및 요인 수 결정
- VI. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 도로특성분류, 상시조사, 탐색적 요인분석, 주성분분석, 적정 요인 수

Road characteristic classification, Permanent traffic counters, Exploratory factor analysis, Principal component method, Optimal number of component

요 약

본 연구는 기존의 도로기능 분류체계를 보완하면서 유형화된 도로구간들의 교통특성을 규명하기 위해 새로운 관점에서 도로특성분류 개념을 정립하였다. 도로특성분류는 교통계획, 교통운영관리 등의 교통전반으로 설계 및 정책을 수립하고 지침을 마련하는데 중요한 판단자료로 이용될 것으로 기대된다.

또한, 도로특성분류를 위해 일민국도 상시지점 조사자료를 토대로 12개의 설명변수를 산출하였으며, 이 설명변수들간의 상호상관을 통한 잠재구조 및 다중공선성 검토, 요인점수를 추출하는 탐색적 요인분석을 수행하였다. 연구 방향은 탐색적 요인분석의 각 실행단계별 접하게 되는 의사결정 문제를 세밀하게 검토하였으며, 각 논점별로 올바른 평가기준 방법을 제시하여 최종적인 종합결론을 도출하였다. 적정 설명변수와 요인 수를 결정하기 위해 10개의 시나리오를 비교분석한 결과, 처음 제시한 12개의 설명변수를 모두 포함한 경우가 가장 우수한 것으로 분석되었으며, 4개의 요인이 가장 적절한 것으로 나타났다. 본 연구결과는 추후에 다양한 분석방법(군집분석, 회귀분석, 판별분석 등)에 있어서 객관적인 입력자료로 사용됨에 따라 보다 정확한 연구결과가 도출될 것으로 기대된다.

This research is to the establishment of a conceptual framework that supports road characteristic classification from a new point of view in order to complement of the existing road functional classification and examine of traffic pattern. The road characteristic classification(RCC) is expected to use important performance criteria that produced a policy guidelines for transportation planning and operational management.

For this study, the traffic data used the permanent traffic counters(PTCs) located within the national highway between 2002 and 2006. The research has described for a systematic review and assessment of how exploratory factor analysis should be applied from 12 explanatory variables.

The optimal number of components and clusters are determined by interpretation of the factor analysis results. As a result, the scenario including all 12 explanatory variables is better than other scenarios. The four components is produced the optimal number of factors. This research made contributions to the understanding of the exploratory factor analysis for the road characteristic classification, further applying the objective input data for various analysis method, such as cluster analysis, regression analysis and discriminant analysis.

1. 서론

교통시설 투자사업은 교통정책의 큰 기조아래 수립되고 계획되어야 한다. 21세기의 교통시설 투자는 이전의 일괄적인 교통인프라 구축보다는 보존과 지속가능한 개발을 고려한 정책 수립이 필요하다. 즉, 사회적, 경제적인 여건이 다양하게 변화되고 있어 이에 합리적이고 신속하게 대응할 수 있는 교통계획이 필수적이다.

도로사업의 계획, 설계, 건설 등 일련의 사업과정은 교통여건변화에 따라 해당 도로의 기능이 변화되기 때문에 교통소통 및 도로용량의 효율성을 증대시키기 위해서 도로의 역할을 명확히 파악하는 지속적이고 체계적인 도로분류가 중요하다.

건설교통부(1999), FHWA(1989, 2001)에서는 전체 도로망에서 해당도로가 수행하는 기능을 분류하고 각 기능별 세부시설기준을 정립하였다. 이는 도로사업에 대한 체계적이고 종합적인 사업우선순위를 수립하여 도로망의 균형적인 정비 및 도로사업의 효율적인 투자방안을 마련하는데 중요한 자료로 활용된다.

본 연구는 기존의 도로기능 분류체계를 보완하면서 유형화된 도로 구간들의 교통특성을 규명하기 위한 1차적인 방법론을 제시하였다. 따라서, 도로기능분류(road functional classification)의 목적과 성격이 구별되는 도로특성분류(road characteristic classification) 개념을 새롭게 정립하였다. 도로특성분류는 교통 및 도로 계획 수립뿐 만 아니라 교통운영관리 방안 수립에도 중요한 판단 자료로 사용될 것이다.

또한, 도로특성분류와 요인분석의 관계를 설명하고 요인분석단계별 주요 논점사항, 적정 설명변수와 요인수 결정, 요인점수 도출 등을 분석하였다. 본 연구의 결과는 도로특성분류를 위한 2차적인 분석(군집분석, 회귀분석, 판별분석 등)의 입력자료로 제공됨에 따라 보다 객관적인 연구수행을 진행할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 기존 연구 검토

1. 도로기능분류 개념 및 평가항목

도로기능분류는 해당도로가 위계적 도로체계에서 제 역할을 수행할 수 있도록 도로를 계획하는데 중요한 판단 기준이 된다. 다음은 우리나라와 미국의 도로기능분류에 대해 살펴보았다.

1) 우리나라의 도로기능분류

국내에서 도로의 분류에 관한 것은 도로법, 도시계획 시설기준에 관한 규칙, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 등에 규정되어 있다. 도로법에서는 도로를 관리주체별로 구분하고 있으며, 도시계획시설기준에 관한 규칙에서는 폭원별, 사용 및 형태별, 도시계획상 기능별로 구분하고 있다. 도로의 구조·시설에 관한 규칙에서는 기능별로 구분하고 있으며 일반적인 도로기능분류는 여기에 해당한다.

『도로의 구조·시설기준에 관한 규칙』해설 및 지침에서는 소재하고 있는 지역에 따라 도시지역과 지방지역으로 구분하고, 이용자의 출입제한 정도에 따라 고속도로, 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로로 구분하고 있다.

건설교통부(1999)는 전반적인 일반국도 확충사업의 계획, 설계, 건설 등 일련의 사업과정을 보다 체계적이고 효율적으로 수행하기 위하여 국도기능분류 및 시설기준을 정립하였다. <표 1>은 국도기능분류를 위한 평가항목 및 내용을 나타내고 있다.

<표 1> 국도기능분류를 위한 평가항목 및 내용

평가항목	평가 내용
장거리통행처리 비율	- 해당구간의 장거리 통행처리 비율
고속도로와 연계성	- 고속도로와 국도간의 연계성분석 (이동성 위주의 통행처리)
도로간격	- 도로망 체계상 상위도로와 동급도로와의 적정 간격
도로요구수준	- 도로시설수준 및 국책사업 지원여부

2) 미국의 도로기능분류

미국의 도로기능분류는 이동성(travel mobility)과 접근성(access to property)에 따라 구분한다. 즉, 도로가 이용자에게 제공하는 서비스의 성격에 따라 주간선도로(principal arterial), 보조간선도로(minor arterial), 집산도로(collector), 국지도로(local)로 구분한다. 이는 도로밀도와 주변 토지이용상황에 따라 도시부와 지방부로 구분하고 도로의 이동성과 접근성의 성격에 따라 도로를 구분하는 도로의 기능적 위계구조를 설정하였다.

위싱턴 교통국(2002)에서는 통행단계, 도로망체계 특성, 토지이용변화에 따라 기존 도로의 기능 역할이 변화되기 때문에 새로운 도로건설계획이나 기존의 도로기

〈표 2〉 도로기능분류를 위한 평가항목

평가항목	
1	통행발생의 형태와 규모 (Type and magnitude of travel generators)
2	경로선택의 유용성 (Route feasibility and directness of travel)
3	교통특성과 통행거리 (Traffic characteristics and trip length)
4	도로망체계에서의 도로간격 (Spacing between types of functional classes)
5	상·하위도로체계의 연속성 (Continuity of various functional classes)
6	다양한 교통수단을 수용할 수 있는 경로의 용량 (Multiple service capability)
7	장래교통계획과 노선의 관계 (Relationships of functional classes to transportation plan)
8	거리와 통행에 따른 균형적인 도로분류 기준 (Miles and travel classification control values)
9	인접 행정관할구역과 도로분류체계의 일관성 (Integration of classification of adjoining jurisdictions)

능분류 재정립을 위해 보다 세밀한 평가기준을 〈표 2〉와 같이 제시하고 있다.

2. 도로기능분류의 보완점

건설교통부(1999)에서는 도로위계의 기능별 정립에 있어서 통행단계(이동, 전환, 접근, 분산 등)와 통행특성(거리, 교통량)을 고려하여 도로기능에 의한 위계를 정립하여야 한다고 제시하고 있다. 이를 통해 구간선, 보조 구간선도로로 구분된 국도의 수행기능을 도로망체계, 평균 통행거리, 시설수준 측면에서 세분화함으로써 통행수요를 효율적으로 분담하고 각급 도로간 연계성을 향상시킬 수 있어야 한다.

FHWA(1989, 2001)에서는 보다 체계적인 도로기능분류를 위해 도시부 지역의 확대, 기존 도로망의 교통특성 패턴, 교통유발시설의 영향, 지형조건 등에 따른 장래 토지이용 변화를 고려하여야 한다고 제시하고 있다. 또한 구간선도로와 보조구간선도로, 도시부와 지방부에 대한 합리적인 경계기준(boundary criteria)에 대해서도 명확한 지침이 필요하다고 제시하고 있다.

위에서 제시한 보완점을 해결하기 위해서는 해당 노선의 교통특성이 매우 중요한 요소로 작용한다. 즉, 건설교통부(1999), FHWA(1989)에서 제시하는 통행단계

요소, 통행특성요소, 토지이용요소는 시간대별, 요일별, 계절별, 이용차량별 교통패턴과 직결되기 때문이다.

건설교통부(1999)에서는 교통특성요소 평가항목으로 차량통행처리지수(volume trip length index, VTLI), 주야율, 대형차 혼입율을 설정하고 있으며, FHWA(1989)에서는 교통량, 워싱턴 교통국(2002)에서는 O/D조사 기반의 통행목적(trip purpose)을 각각 평가항목으로 설정하였다. 하지만 여기서 제시한 평가항목으로는 다양한 교통특성 패턴을 분석하는데 많은 한계가 뒤 따른다.

따라서 정확한 교통특성 분석을 위해 보다 다양하고 합리적인 평가지표 및 기준(performance measurement and criteria)을 새롭게 정립할 필요가 있다.

III. 도로특성분류의 개념 정립

1. 도로특성분류의 개념

도로기능분류(road functional classification)는 도로위계구조에 따른 도로등급 설정, 도로등급별 세부시 설기준 정립, 종합적인 투자사업 우선순위수립, 도로망 체계의 균형적인 정비 및 도로사업의 효율적 투자방안 마련 등을 위한 목적으로 시행하고 있다. 즉, 상위계획단계에서 교통 및 도로시설 투자계획 수립에 중요한 자료로 이용하게 된다.

반면에, 본 연구에서 새롭게 개념을 정립하고자 하는 도로특성분류(road characteristic classification)는 해당 도로구간에 대해 시간대별, 요일별, 월별, 계절별, 이용차량별 등 다양한 교통특성과 패턴을 파악하고, 동질한(homogeneous) 특성을 가지는 도로구간은 하나의 그룹으로 묶고(clustering), 그 그룹에 대해 도로특성을 부여하며(characterization), 특정 도로구간의 특성을 예측하여 분류하는(classification) 일련의 과정을 의미한다.

따라서, 도로특성분류는 거시적인 관점에서 체계적인 도로망 계획수립 등 도로기능분류의 보조적인 역할을 담당하고, 미시적인 관점에서 지역유형 및 기준(land area types and boundary criteria), 도로설계 및 기준(road design and criteria), 도로관리 및 유지보수(road operation and maintenance) 등에 중요한 판단기준으로 활용할 수 있다.

2. 도로특성분류의 필요성

기존의 '도로기능분류'라는 상위개념이 정립되어 있는데도 불구하고 '도로특성분류'라는 일반적인 용어를 사용해서 새롭게 개념을 정립한 이유는 다음과 같다.

첫째, 도로기능분류에 하나의 항목으로 포함되어 있는 교통특성요소만으로는 다양하게 변화되는 교통패턴을 분석하는데 많은 한계가 있다. 따라서 도로기능분류의 목적과 구별되는 다양한 교통특성분석을 위해서는 보다 다양한 평가항목(지표)을 개발하고, 새로운 개념의 분류 체계 정립이 필요하다.

둘째, 도로 기능은 도로를 이용하는 특성에 따라 교통 기능, 접근기능, 공간기능으로 나누는데, 이 중에서 가장 중요한 기능인 교통기능은 기하구조 및 운영특성(geometric and operational features), 사회경제적 특성(socio-economic characteristics), 토지이용패턴(land use pattern) 등에 따라 가장 민감하게 변화되는 부분이다. 따라서 교통량의 시간변동, 차종구성 등과 같은 교통특성을 나타내는 지표를 지속적으로 모니터링 하면서 도로특성별로 재분류하여 향후 장·단기적 교통량 예측, 도로기능 변화에 따른 도로사업의 효율적인 투자방안 등을 마련하는데 큰 도움이 된다. 또한, 현재 해당도로가 수행하는 기능과 향후에 수행하여야 할 기능을 파악하고, 그 기능에 적합한 시설 수준이 되도록 설정하는데도 중요한 자료로 활용된다.

셋째, 지능형교통체계(ITS), 위치기반서비스(LBS), 지리정보시스템(GPS) 등의 첨단시스템이 도로망에 구축되면서 도로운영관리의 중요성이 대두되고 있다. 이러한 시스템에서 수집되는 교통패턴을 토대로 동질한 도로 또는 구간으로 그룹핑(grouping)하여 도로특성분류를 하면 교통혼잡관리(traffic congestion management), 포장설계(pavement design), 대기오염평가(air quality estimation) 등에 필요한 분석자료를 제공할 수 있다.

3. 도로특성분류와 요인분석의 관계

요인분석은 기본적으로 모든 관찰변수(observed variable)가 그에 수반되는 잠재적이고 가설적인 구성 개념(요인 혹은 차원)을 가지고 있다고 가정하며, 관찰 변수들의 상호상관을 통해 잠재적인 구조를 추출해내는 과정이다. 추출된 요인은 관찰변수들의 특성을 요약한 잘 정제되고 축약된 형태의 개념이므로 원래의 관찰변수

보다 훨씬 효율적인 설명이 가능하다(양병화, 2006)

도로특성분류에 사용되는 기본적인 교통자료는 차량 수집장치에서 검지되는 지점별 교통량, 점유율, 속도자료 등을 통해 산출된다. 이러한 기본적인 교통자료를 통해 다양한 통행특성을 반영하는 설명변수(지표)를 도출하게 된다. 요인분석은 여러 설명변수들의 요인구조를 추출하고 다중공선성(multicollinearity)이 높은 변수들을 하나의 요인으로 그룹핑하여 준다. 이를 통해 산출된 요인점수(factor score)는 다중공선성과 극단치 문제 등이 해결됨에 따라 군집분석, 회귀분석, 판별분석 등의 입력자료로 활용되면서 객관적인 결과를 도출할 수 있다. 또한 설명변수에 대해 각 요인별 상대적 중요도를 알 수 있으며, 요인에 대한 교통특성을 파악할 수 있다.

따라서 본 연구는 앞에서 언급한 도로특성분류의 3가지 필요성 중에서 도로사업의 계획 및 설계단계에 중요한 첫 번째 항목에 초점을 두었으며, 요인분석의 각 단계에서 방법론적 논점을 체계적으로 정리하고 과학적인 분석을 통해 도출된 요인점수를 추후 도로특성분류 연구에 활용할 수 있도록 정확한 결과물을 도출하고자 한다.

4. 도로분류체계를 위한 요인분석 사례

도로분류체계에 대한 연구는 국내외가 많이 이루어져 왔으나 주된 분석을 수행하기 전에 요인분석과 같은 입력자료의 객관성을 높이기 위한 심도깊은 연구는 미흡한 것으로 나타났다.

국내에서는 다양한 교통특성변수를 토대로 요인분석을 거쳐서 도로분류가 수행되어졌다. 정현영과 권정철(1996)은 부산시 도로를 중심으로 도로의 구조 및 이용실태분석을 통해서 도로기능 유형화에 대해 연구하였고, 김주현 외 2인(2002)은 국토 기능분류를 위한 그룹핑 방법론에 대해 연구하였다. 또한 임성한 외 2인(2005)은 관광부 도로의 판별과 교통특성에 대해 연구를 하였으며, 임성한과 오주삼(2005)은 일반국도 유형 분류와 유형별 교통특성에 대해 연구하였다. 하지만 이들의 연구는 요인분석의 각 단계에서 적용된 기법이나 최종 요인 수의 결정 방법 등 세밀한 분석은 언급되지 않았다.

국외에서는 대부분 도로분류 연구에 있어 1~2개의 설명변수만을 가지고 분석하였기 때문에 별도의 요인분석이 수행되지 않았다. 가장 많이 사용한 변수는 Monthly traffic factor(월평균일교통량/연평균일교통량)로 Sharma and Werner(1981), Sharma and Allipuram (1993),

Flaherty(1993), Faghri and Hua(1995), Lingras (1995), Aunet(2000) Lingras(2001), Li(2004)의 연구에서 사용되어졌다.

IV. 탐색적 요인분석

1. 자료수집 및 변수선정

1) 자료수집

본 연구에서는 도로교통량 통계연보에서 제공하고 있는 일반국도 2002년~2006년 상시조사지점의 교통량을 사용하였으며, 결측치 및 통계연보와 일치하지 않는 자료를 제외한 총 1,730개 지점을 분석에 적용하였다.

상시 교통량 자료는 도로를 이용하는 각종 통행차량의 통과대수를 종류별, 방향별 및 시간대별로 관측한 자료이다.

〈표 3〉 연도별 조사지점 수

연도	2002	2003	2004	2005	2006	합계
지점수	347	332	353	359	339	1,730

2) 설명변수 선정

도로특성분류를 위해 분석에 적용될 설명변수는 〈표 4〉에 제시된 바와 같이 주간변동계수, 첨두시간대변동계

수, 주중주말비율, 주말계수, 휴가변동계수, 월변동계수, 요일변동계수, K30, D30, K200 summation value, D200 summation value, 트럭비율로 총 12개로 선정하였다.

설명변수선정에 있어서는 상시조사지점 교통량자료를 토대로 시간대별, 요일별, 계절별, 이용차량별 통행패턴을 반영할 수 있는 변수를 나열하고, 분석과정의 신뢰성과 해석의 용이성을 위해 변수들간의 단위(dimension)와 규모(scale)를 고려하여 최종 결정하였다.

일반적인 시간교통량 특성변수로는 주간변동계수, 월변동계수, 요일변동계수, K30, K200 summation value를 선정하였다. 특히 출퇴근 통행 특성을 반영하기 위해 추가로 첨두시간대변동계수를 선정하였다. 이변수들은 첨두시간대별, 요일별 및 월별 교통량 통행패턴을 잘 반영해준다.

여가통행 특성변수로는 휴가변동계수, 주중주말비율, 주말계수를 선정하였는데, 이 변수들은 국민의 소득수준 향상에 따른 여가시간 증가와 주5일제 근무로 인한 관광 수요의 증가 등의 주말 및 계절별 통행패턴을 잘 반영해준다.

또한, 일반적으로 도시부, 지방부, 관광부 등의 도로 특성에서 보다 세밀하고 정확한 분류를 위해 방향별 특성변수인 D30, D200 summation value를 선정하였고, 해당도로의 이용차량특성을 반영하기 위해 트럭비율

〈표 4〉 설명변수 정의

변수	정의	비고
주간변동계수(Daytime variation factor)	$ADHV^{(1)}/AADT$	시간교통량특성
첨두시간대변동계수(Peak period variation factor)	$APPV^{(2)}/AADT$	시간교통량특성
주중주말비율(Weekday-to-weekend ratio)	$AAWDT^{(3)}/AAWET^{(4)}$	여가통행특성
주말계수(Weekend factor)	$AAWET/AADT$	여가통행특성
휴가변동계수(Summer variation factor)	$SADT^{(5)}/AADT$	여가통행특성
월변동계수(Coefficient of variance in month)	월교통량의 표준편차/월교통량의 평균	시간교통량특성
요일변동계수(Coefficient of variance in day)	요일교통량의 표준편차/요일교통량의 평균	시간교통량특성
K30(Generalized Design hourly factor) ⁽⁶⁾	연중 30번째 시간순위교통량/AADT	시간교통량특성
D30(Generalized Directional distribution factor) ⁽⁶⁾	연중 30번째 시간순위 교통량의 양방향 교통량에 대한 중앙방향 교통량비	방향별특성
K200 summation value	연중 200번째까지의 설계시간계수 합	시간교통량특성
D200 summation value	연중 200번째까지의 중앙방향계수 합	방향별 특성
트럭비율(Truck percentage)	전체 차량교통량 중 트럭비율	이용차량특성

주 : 1) 주간시간교통량(Average Daytime Hour Volume, ADHV) : 주간 12시간(07:00~19:00) 평균교통량
 2) 첨두시간대교통량(Average Peak Period Volume, APPV) : 출·퇴근시간(07:00~09:00, 17:00~19:00) 평균교통량
 3) 연평균주중교통량(Annual Average Weekday Traffic, AAWDT) : 주중(월요일~금요일) 연평균일교통량
 4) 연평균주말교통량(Annual Average Weekend Traffic, AAWET) : 주말(토요일~일요일) 연평균일교통량
 5) 휴가평균일교통량(Summer Average Daily Traffic, SADT) : 여름휴가기간(7월~8월) 평균일교통량
 6) 일반적으로 설계시간계수와 중앙방향계수는 연중 30번째 시간순위 교통량을 가지고 산출하기 때문에 K30, D30을 각각 Generalized design hourly factor, Generalized directional distribution factor로 명명함.

을 설명변수로 추가하였다.

참고적으로 AADT, SADT, AAWET, AAWDT는 다른 변수와의 중복성과 단위문제(dimension)를 고려하여 제외하였으며, 실제적으로 변수값의 규모(scale) 문제로 분석과정에서 일부자료가 결측치(missing data)로 나타났다.

2. 탐색적 요인분석의 설계

1) 요인모델의 결정

요인분석은 크게 탐색적 요인분석(exploratory factor analysis: EFA)과 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis: CFA)으로 나뉘게 된다. 탐색적 요인분석은 발견되지 않은 구성개념을 찾기 위해 데이터를 통해 탐색하는 방법이라면, 확인적 요인분석은 확정된 이론으로부터 현실의 데이터가 이론적 구성개념에 부합되는지를 확인하는 절차이다. 따라서 본 연구는 가장 일반적인 방법인 본 연구목적에 부합하는 귀납적 접근방법인 탐색적 요인분석을 다루고자 한다. 앞으로 '요인분석'은 별다른 언급이 없으면 탐색적 요인분석을 의미한다.

2) 자료의 적합성 검토

요인추출을 하기 전에 표본의 상관행렬이 요인분석을 하는데 적합한지 점검할 필요가 있다. 이영준(2002)과 양병화(2006)는 상관행렬(correlation matrix), 잔영 상관행렬(Anti-image correlation), Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)의 Measure of Sample Adequacy, Bartlett's test of sphericity 등을 점검하는 것이 바람직하다고 제시하고 있다. 본 연구에서 이러한 지표를 설명변수 및 요인 수 결정과정에 중요한 판단기준으로 사용하고자 한다.

자료의 적합성 검토 및 분석과정은 결과물 생성 및 분석의 편의성을 고려하여 SPSS 12.0을 사용하였다.

3) 요인추출방법 결정

요인을 추출하는 방법에는 크게 주성분분석법(principal component analysis)와 공통요인분석법(common factor analysis)으로 나뉜다. 주성분분석법은 많은 변수들로부터 요인의 수를 최소한으로 산출하고자 할 때 사용한다. 반면, 공통요인분석은 초기변수들을 통해 쉽게 파악

되지 않는 잠재적인 공통요인이나 차원을 알고자 할 때 사용한다(양병화, 2006).

본 연구는 측정오차에 따른 분석오류가 적고 공통분(communality)의 추정이 필요없으며 향후 도로분류체계를 위한 군집분석의 입력자료로 사용할 요인점수를 얻는데 용이한 주성분분석법을 요인추출모델로 결정하였다.

4) 요인의 수 결정

요인의 수를 결정하는데 여러 가지 기준들이 제안되고 있다. 각 기준들은 상대적 중요도가 있긴 하지만, 특정 기준이 절대적으로 우위를 인정받지는 못한다. 따라서 여러 기준들을 반복적으로 사용되어 종합적으로 검토되어야 한다(Henson and Roberts 2006; Thompson and Daniel 1996; Tinsley and Tinsley 1987; 조은성 2007).

요인추출을 주성분 분석법으로 하는 본 연구에서는 요인 수를 결정하는 기준으로 Kaiser 규칙, 누적분산비율(cumulative percentage of variance), 스크리 검사법(scree test) 등을 이용하였다.

Kaiser 규칙, 혹은 Kaiser-Guttman 규칙(Kaiser, 1960; Guttman 1954)은 요인의 고유치(eigenvalue)가 1을 넘어야 한다는 기준을 말한다. 고유치는 개별요인의 설명력을 말하며, 이는 곧 개별요인이 전체 요인모델에 얼마나 기여하는지를 알려주는 상대적 기여도이다.

누적분산비율의 경우, Stevens(1996)는 각 요인들이 누적적으로 전체 공통분산의 75% 이상을 설명하는 것이 바람직하다고 제시하였으며, Gorsuch(1983)는 75%~85%의 분산이 누적적으로 설명되면 일반적으로 더 이상의 요인을 추가하지 않는다고 설명한다.

스크리 검사(scree test)는 고유치와 요인의 수에 대한 분포를 그래프로 표시한 것으로서 고유치가 갑자기 작아지는 변화폭이 큰 지점을 의미하는 요인의 수로 판단하게 된다. 스크리 검사는 고유치의 변화가 명확하게 구별되지 않는 경우도 발생할 수 있고, 경계가 두 곳 이상에서 발견될 수 있는 만큼 분석가의 주관적인 판단이 많이 좌우된다. 따라서 스크리 검사는 최종적인 검증단계에서 잠재적인 요인의 수에 대해 통찰하는 판단 기준으로 삼으면 좋을 것으로 판단된다.

5) 요인회전결정

요인회전은 초기요인행렬로부터 명확히 설명되지 않

는 요인들을 단순구조(simple structure)로 만들고 '요인적으로 순수한' 문항들을 얻기 위해 요인 축을 회전하는 과정이다. 즉, 요인회전을 통해 산출된 요인행렬은 한 성분에만 높게 부하되고 다른 성분에는 낮게 부하되어 요인적으로 순수한 문항들을 갖게 된다(양병화, 2006).

요인의 회전은 해석가능성을 높이기 위한 방법으로 크게 직각회전(orthogonal rotation)과 사각회전(oblique rotation)으로 구분된다. 직각회전을 제공하는 방법에는 Varimax, Quartimax, Equimax 등이 있으며, 사각회전에는 Direct oblimin, Promax, Orthoblique 등이 있다.

본 연구에서는 설명변수들간의 사전적인 지식을 가지고 있으며, 설명변수와 요인간의 관계, 요인의 독립성을 충분히 보장할 수 있다. 따라서 각 요인들이 설명하는 분산비율을 합하면 전체 분산비율과 같아지는 즉, 요인간의 상관관이 없다고 가정하는 직각회전을 선택하였다. 또한 직각회전방법은 요인분석을 통해 산출된 요인점수(factor score)를 다른 목적을 위한 분석(예:도로특성 분류를 위한 군집분석)으로 활용할 때 설명변수들간 상관관계 즉, 다중공선성의 문제를 해결할 수 있다.

V. 요인분석의 결과제시

도로특성분류(road characteristic classification)을 위한 요인분석은 궁극적으로 다양한 설명변수를 통해 부적절한 변수를 제거하면서 각 변수들이 요인적으로 순수한 구조를 갖도록 만드는 것인 동시에, 요인점수를 산출하여 추후 연구의 입력자료로 활용하는 것이다.

요인분석의 가장 핵심이 되는 각 단계별 분석방법의 결정에 대해서 4장에서 언급하였으며, 이를 바탕으로 다양한 시나리오를 통해 적정 설명변수 및 요인의 수를 결정하고자 한다.

1. 시나리오 및 평가기준 제시

1) 시나리오 구성

4장에서 12개의 설명변수에 대한 정의 및 특성에 대해 설명하였다. 12개의 설명변수는 도로통계연보에서 제시하는 일반국도 상시지점 조사자료를 바탕으로 다양한 교통특성을 반영할 수 있는 변수들을 산출하였다.

이렇게 산출된 변수들은 요인분석을 통해 설명변수들

〈표 5〉 시나리오 구성

시나리오	분석에 제외되는 설명변수
S1	12개 설명변수 모두 적용 (표준시나리오)
S2	K30 제외
S3	요일변동계수 제외
S4	주중주말비율 제외
S5	D30 제외
S6	트럭비율 제외
S7	요일변동계수, 주중주말비율 제외
S8	D30, D200 summation value 제외
S9	D30, D200 summation value, 트럭비율 제외
S10	D30, D200 summation value, 요일변동계수, 주중주말비율 제외

간의 상관관계, 요인들간의 상관관계, 각 요인에서의 설명변수의 상대적 중요도, 각 요인이 나타내는 특성, 요인적으로 가장 순수한 구조에는 어떠한 설명변수들이 포함되는지에 초점을 두어 〈표 5〉과 같이 시나리오를 작성하였다.

시나리오의 구성을 보면, S1은 12개의 설명변수를 기본적으로 포함하여 분석한 표준 시나리오로 설정하였으며, S2~S10는 표준 시나리오에서 도출된 결과에 따라 추가적인 분석이 필요로 한 변수들을 토대로 시나리오를 작성하였다. 경우의 수에 따라 많은 시나리오가 나오는데 그 중에서 분석목표에 부합하고 논의의 대상이 충분히 있다고 판단되는 9개 시나리오(S2~S10)를 최종적으로 선택하였다.

2) 시나리오에 대한 평가기준 제시

본 연구는 보다 객관적이고 과학적인 접근방법을 도출하고자 분석과정에서 중요하게 검토되는 지표나 척도를 평가기준(performance criteria)으로 삼았다.

시나리오의 평가기준은 크게 표본의 적합성 검토와 요인구조의 적합성 검토로 나누었으며, 표본의 적합성 검토에는 Kaiser-Meyer-Olkin의 표본 적절성 측정치, Bartlett의 구형성 검증(test of sphericity)에 의한 chi-square를 평가기준으로 선정하였으며, 요인구조의 적합성 검토에는 직교회전 후 요인행렬에 대한 최종 요인부하량(factor loading), 요인추출 후 공통분(communality), 요인회전 후 누적분산비율, 재생상관행렬(reproduced correlation)에서의 잔차비율을 평가기준으로 선정하였다.

(1) Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)의 표본 적절성 측정치

Kaiser(1970, 1974)는 단순상관계수와 부분상관계

수의 크기를 비교하여 표본의 적절성(sampling adequacy)을 측정하는 지수를 개발하였는데 이를 Kaiser-Meyer-Olkin의 표본 적절성 측정치(measure of sampling adequacy)라고 한다. 표본의 적합성을 판단하는 가장 기본적인 지표가 된다. KMO는 다음과 같이 계산된다.

$$KMO = \frac{\text{단순상관자승화}}{\text{단순상관자승화} + \text{부분상관자승화}}$$

따라서 단순상관과 비교하여 부분상관이 작다면 KMO 측정치는 1에 접근한다. 즉 KMO값이 1에 가까울수록 표본의 상관은 요인분석하기에 적합하다는 것을 말한다.

(2) Bartlett의 구형성 검증(test of sphericity)

12개의 설명변수들이 선형적 관계성을 갖는다는 것은 변수들의 상관행렬이 독립적이지 않음을 검증하는 것과 동일하다. Bartlett의 구형성 검증(test of sphericity)에 의한 chi-square 값은 분석될 변수들의 상관행렬이 0이 아님을 검증함으로써 변수들의 선형성을 파악하는데 이용된다. Chi-square값이 $p < 0.01$ 이면 상관행렬식이 0이라는 영가설을 기각하고 설명변수들간에 타당한 상관이 존재한다는 것을 의미한다.

(3) 직교회전 후 요인행렬에 대한 최종 요인부하량

직교회전 후 요인행렬에 대한 최종 요인부하량 분석은 실질적으로 요인구조를 확정하고 해석가능한 요인을 제공하기 때문에 요인분석 결과의 가장 핵심이 되는 부분이라 할 수 있다.

하나의 설명변수가 여러 요인에 걸쳐 높은 부하량을 보인다는 것은 요인적으로 순수하지 못하다는 것을 의미하며, 이는 요인구조가 적합하지 않음을 말하는 것이므로 요인구조의 수정(불필요한 설명변수의 제거)이 요구된다.

〈표 6〉 최종 요인부하량에 대한 정성적 평가기준

평가기준	정의
우수(good)	• 대부분의 설명변수가 하나의 요인에 높은 부하량을 보이는 경우
보통(median)	• 2~3개의 설명변수가 두 요인에 고른 부하량을 보이는 경우
불량(poor)	• 4개 이상의 설명변수가 두 요인 이상에 고른 부하량을 보이는 경우 • 전혀 다른 특성변수끼리 같은 요인이된 경우

본 연구에서는 요인부하량 0.3이상의 값을 가지고 각 설명변수들이 요인적으로 순수한 구조를 보이는지 분석하였다. 요인구조의 적절성을 평가하기 위해 우수(good), 보통(median), 불량(poor)으로 나누어 정의하였다.

(4) 요인추출 후 공통분(communality)

공통분이 1.0을 초과한다는 것은 표본의 크기가 너무 작거나 추출된 요인의 수가 잘못되었음을 나타내는 것이고, 반면 너무 작은 공통분은 해당 변수에 극단치(extreme value)가 포함되어 있다는 것을 의미하므로 반드시 살펴보아야 한다.

〈표 7〉 공통분에 대한 정성적 평가기준

평가기준	정의
우수(good)	공통분이 모두 0.6 이상인 경우
보통(median)	공통분이 0.5~0.6의 값이 있는 경우
불량(poor)	공통분이 1.0을 초과하거나 0.5 이하인 경우

(5) 직교회전 후 누적분산비율

누적분산비율은 각 요인들이 누적적으로 전체 공통분산의 몇%를 차지하고 있는지를 나타내는 수치이다. 누적분산비율이 높다는 것은 해당 요인의 설명력이 높다는 것을 말하며, 이는 곧 요인구조가 그 만큼 우수하다는 것을 의미한다.

누적분산비율은 부적절한 설명변수를 제거하는 상대적 평가기준과 그에 따른 요인 수를 결정하는데 활용하면 좋을 것으로 판단된다.

(6) 재생상관행렬에서의 잔차비율

재생상관행렬(reproduced correlation)은 초기 요인 부하량으로부터 재생산되는 예측상관행렬을 말하며, 잔차라는 것은 재생상관행렬과 표본의 상관행렬(correlation matrix)의 차이를 말한다. 잔차가 작을수록 요인구조가 적합함을 의미한다.

본 연구에서 제시한 잔차비율은 절대값 0.05보다 큰 잔차가 전체에서 차지하는 비율을 말하며, 이 비율이 높을수록 요인구조가 적합하지 않으며, 대략 50%를 넘지 않으면 양호한 요인구조로 해석한다(양병화, 2006).

(7) 최종 요인 수

요인의 수를 결정하기 위해 (3)~(6)의 평가기준을 제시하였다. 요인 수는 평가기준이라기 보다는 최종 시

나리오를 결정하기에 앞서 보조적인 검토기준으로 이용하는데 유용할 것으로 판단되어 선정하였다.

2. 시나리오별 결과 비교분석

위에서 제시한 7개의 평가기준에 대한 결과제시는 <표 8>과 같다.

우선적으로 표본의 적합성 검토를 살펴보면, KMO의 표본 적절성 측정치가 시나리오 2를 제외하고는 모두 0.7을 넘는 것으로 나타나 변수들의 요인분석에 대해 적합한 것으로 분석된다. 일반적으로, KMO값이 1에 가까울수록 표본의 상관은 요인분석하기에 적합하다는 것을 말한다. 바꾸어 말하면, KMO값이 작다는 것은 변수들 간의 상관이 지나치게 작다는 것을 의미하는데 이는 공통요인을 갖지 않는다는 것을 말하기 때문에 요인분석을 수행할 의미가 없다는 것을 나타낸다. Bartlett의 구형성 검증은 모든 시나리오가 큰 값을 나타내면서 상관행렬식이 0이라는 영가설을 기각하여 변수들의 상관이 유의미함을 나타내고 있다.

요인모델의 적절성을 평가한다는 것은 부적절한 설명 변수들을 제거하면서 각 설명변수들이 요인적으로 순수한 구조를 갖도록 만들어가는 과정을 포함한다. 따라서 본 연구에서는 가장 합리적인 요인모델을 선택하는 과정에서 필요한 정보들을 '요인구조의 적합성 검토'로 구분하여 분석하였다. 우선 요인분석의 가장 중요한 부분인

직교회전 후 요인행렬에 대한 최종 부하량의 적절성(PC3)을 분석하였다. 결과를 살펴보면, 시나리오 1, 2, 6, 8, 9가 요인적으로 가장 순수하게 나타났다. 요인구조가 순수하게 나왔다는 것은 크게 두 가지 의미로 해석이 가능하다. 첫째는 제외된 설명변수가 실제적으로 합리적인 요인모델을 도출하는데 큰 영향을 미치지 않는 경우로서, 이 때는 과감하게 해당 설명변수를 제외시키는 것이 바람직하다. 둘째는 제외된 변수가 다른 요인과의 상관성이 없어서 독립된 하나의 요인으로 구성하는 경우로서, 이 때는 추가적인 평가기준을 통해 제외여부를 판단하는 것이 바람직하다. 본 연구결과에서는 D30과 D200 summation value, 트럭비를 설명변수는 각각 하나의 독립된 요인으로 판단할 수 있다. 반대로 요인구조가 불량하게 나온 시나리오 3,4,7를 살펴보면, 요일 변동계수와 주중주말비를 설명변수는 요인구조를 결정하는데 중요한 변수로 작용한다는 것을 알 수 있다. PC3의 평가기준은 최적의 시나리오를 결정할 때 다른 평가기준보다 상대적으로 중요하게 고려할 것이다.

두 번째로 요인추출 후 공통분(communality)의 적절성(PC4) 평가는 시나리오 1, 2, 5, 6이 우수한 것으로 나타났다. 공통분은 하나의 설명변수가 가지는 전체 분산 중에 고유분산(개별변수가 가지고 있는 고유한 분산)과 오차분산(데이터를 수집할 때 발생하는 오차를 포함한 알려지지 않은 분산)를 제외한 공통분산(common variance)을 의미한다. 따라서, 공통분은 추출된 요인

<표 8> 시나리오별 요인분석 결과

시나리오	표본의 적합성 검토		요인구조의 적합성 검토				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
S1	0.736	24.066	우수	우수	81.7	31%	4
S2	0.688	19.345	우수	우수	80.9	36%	4
S3	0.714	22.478	불량	불량	75.2	32%	3
S4	0.762	13.800	불량	불량	72.3	45%	3
S5	0.770	23.019	보통	우수	84.3	29%	4
S6	0.742	23.789	우수	우수	79.2	34%	3
S7	0.732	12.401	불량	보통	74.0	44%	3
S8	0.806	21.825	우수	보통	80.5	44%	3
S9	0.808	21.625	우수	보통	77.5	52%	2
S10	0.832	10.187	보통	보통	71.0	64%	2

※ 평가기준(Performance Criteria, PC)

PC1 : Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

PC2 : Bartlett's test of sphericity에 의한 Chi-Square

PC3 : 직교회전 후 요인행렬에 대한 최종 요인부하량의 적절성 (우수/보통/불량)

PC4 : 요인추출 후 공통분의 적절성 (우수/보통/불량)

PC5 : 직교회전 후 누적분산비율

PC6 : 재생상관행렬(reproduced correlation)에서 절대값이 0.05보다 큰 잔차의 비율

PC7 : 최종 요인 수

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,000	41.666	41.666	5,000	41.666	41.666	4,735	39.459	39.459
2	2,109	17.573	59.239	2,109	17.573	59.239	2,218	18.480	57.939
3	1,683	14.027	73.267	1,683	14.027	73.267	1,754	14.617	72.556
4	1,012	8.436	81.702	1,012	8.436	81.702	1,098	9.146	81.702
5	.560	4.670	86.372						
6	.492	4.098	90.471						
7	.441	3.675	94.146						
8	.311	2.592	96.738						
9	.213	1.772	98.509						
10	.145	1.211	99.720						
11	.032	.269	99.989						
12	.001	.011	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

(그림 1) 직교회전 후 누적분산비율 및 요인 수 결정(시나리오1)

에 의해 설명되는 개별 설명변수의 분산비율을 나타내기 때문에 PC3와 함께 요인구조를 결정하는데 중요한 변수로 작용한다. 시나리오 3, 4는 표준시나리오인 시나리오 1과 비교했을 때 한 개의 변수만을 제거했는데 공통분이 크게 낮아지는 경향을 보였다. 이는 요일변동계수와 주중주말비율이 전체적인 요인구조에 크게 영향을 미치는 변수라고 할 수 있다.

세 번째로 직교회전 후 누적분산비율(PC5)은 시나리오 5가 84.3으로 가장 높았으며, 시나리오 1이 81.7, 시나리오 2가 80.9, 시나리오 8이 80.5 순으로 나타났다. 분석결과에서 볼 수 있듯이 D30과 D200 summation value를 제외한 시나리오가 표준시나리오보다 누적분산비율이 높게 나타났으나 PC3와 PC4의 결과와 종합하여 보면, 표준시나리오가 더 우수한 것으로 나타났다. 또한, 요일변동계수와 주중주말비율 설명변수가 제외된 시나리오 3,4,7,10은 누적분산비율이 상대적으로 낮게 나타남에 따라 PC3, PC4의 결과에서도 언급했듯이 이 두 설명변수는 올바른 요인구조를 생성하는데 중요한 설명변수임을 확인할 수 있다.

네 번째로 재생상관행렬에서 절대값이 0.05보다 큰 잔차의 비율(PC6)은 시나리오 5가 29%로 가장 낮았으며, 시나리오 1이 31%, 시나리오 3이 32%로 나타났다. 상대적으로, D200 summation value를 제외한 시나리오 8은 44%로 높게 나타났으며, 시나리오 10은 64%로 가장 좋지 않은 것으로 나타났다. 시나리오 10에서 PC5와 PC6의 결과값이 시사하는 바는 다중공선성을 피하기 위해 설명변수 개수를 줄인다고 해서 반드시 요인구조가 더 순수하게 되는 것은 아니라는 것이다.

마지막으로 최종 요인 수(PC7)는 각 시나리오별로 2~4개의 요인으로 나타났다. 12개의 설명변수들간의 선형성으로 인해 다중공선성이 발생하면서 최대 4개의

요인으로 산출이 가능한 것으로 분석되었다. <그림 1>은 시나리오1에 대해 직교회전 후 요인별(component) 고유치(eigenvalue) 및 설명변량을 나타낸 것이다. 시나리오 1의 고유치가 1.0을 넘는 요인은 4개로 추출되었으며, 이 때 요인모델의 누적분산비율은 81.702로 나타났다.

시나리오별 요인분석 결과를 분석하면서 새로운 사실을 알게 된 것은 분석의 목적, 입력자료(설명변수)의 속성, 요인구조에 따라 특정 시나리오에 대해 모든 평가기준이 우수하게 나오지는 않았으며, 요인추출과정에서 요인부하량, 공통분, 고유치에 따라 평가기준의 값이 크게 달라지는 것으로 나타났다. 이러한 사실이 시사하는 바는 요인분석에서 좋은 요인구조를 형성하면서 적정 설명변수와 적정 요인 수를 결정할 때는 어떤 하나의 평가기준에 의한 일률적인 판단보다는 위에서 제시한 다양한 평가기준을 가지고 종합적인 결론을 내리는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 적정 설명변수 및 요인 수 결정

적정 설명변수 및 요인 수 결정에 대해 7가지의 평가기준을 토대로 종합적인 결론을 도출해보면, 표본의 적합성 검토는 모든 시나리오가 양호한 것으로 나타났다. 요인구조의 적합성 검토에서는 5개의 평가기준 가운데 요인추출과정에서 핵심이 되는 PC3, PC4를 상대적으로 중요하게 고려하였다. PC3와 PC4가 모두 '우수'인 시나리오는 시나리오 1, 2, 6으로 나타났으며, 이 가운데 PC5와 PC6 값을 비교하여 상대적 우위에 있는 시나리오1를 최적의 시나리오로 결정하였다.

도로특성분류를 위한 적정 설명변수는 주간변동계수, 첨두시간대변동계수, 주중주말비율, 주말계수, 휴가변동계수, 월변동계수, 요일변동계수, K30, D30, K200 summation value, D200 summation value, 트럭

Rotated Component Matrix^a

	Component			
	1	2	3	4
K30	.946			
K200SUMMATIONVALUE	.919			
월변동계수	.867			
휴가변동계수	.822			
첨두시간대변동계수	-.767			
주간변동계수	.739			
요일변동계수	.634	.354		
주중주말비율		-.983		
주말계수		.983		
D200SUMMATIONVALUE			.900	
D30			.842	
트럭비율				.948

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 a. Rotation converged in 4 iterations.

〈그림 2〉 직교회전 후 최종 요인부하량(시나리오1)

비율로 초기 변수선정에서 구성한 시나리오1에 해당하는 12개 설명변수를 최종적으로 결정되었다.

또한, 〈그림 1〉에서도 알 수 있듯이, 도로특성분류를 위한 12개의 설명변수에 대한 최종 요인 수는 4개로 분석되었다. 또한 〈그림 1〉에서 최종 4개로 산출된 요인들이 전체 요인모형을 얼마나 설명하는지에 대한 상대적 중요도를 파악할 수 있다. 시나리오1에서 요인1에 대해 요인회전 후 설명변량(% of variance)를 보면 전체비율 중 39.459%로 가장 많이 차지하며, 그 다음으로 요인2, 요인3, 요인4 순서대로 높은 변량비율을 나타내고 있다.

〈그림 2〉는 시나리오1에 대해 직교회전 후 최종 요인부하량을 나타낸 것이다. 각 요인별로 어떤 설명변수끼리 그룹핑(grouping)되어 있는지 살펴보면 다음과 같다. 〈그림 2〉는 12개의 설명변수에 대해 요인부하량 0.3이상의 값을 가지는 경우만 표시한 것이다.

요인 1은 K30, K200 summation value, 월변동계수, 휴가변동계수, 첨두시간대변동계수, 주간변동계수, 요일변동계수 등 7개의 변수가 높게 부하되었다. 즉, 이 7가지 변수는 서로 상관성이 높기 때문에 하나의 요인으로 그룹핑되었다. 다중공선성을 피하기 위해서는 공통의 요인을 측정하는 변수간의 상관성은 높고, 다른 요인을 측정하는 변수와의 상관성은 낮아야 한다. 〈그림 2〉를 보면, 요일변동계수 하나의 설명변수를 제외하고는 모두 해당 요인에 대해서만 높은 값을 보이고 있다. 요인1을 좀 더 자세히 살펴보면, 주로 첨두시간대(출퇴근)별, 요일별 및 월별 교통량 특성을 반영하는 변수들로 그룹핑 되었다. 특이할 만한 사항은 여가통행 특성변수로 선정한 휴가변동계수가 요인2가 아닌 요인1에 포함되었다. 이는 주5일제 근무 및 주말 관광수요의 증가에 따른 통행패턴 변화로 인해 휴가철(7~8월)의 평균교통량이 그 외 해당 월보다 일정 수준 이상 증가하는 구간이 많지 않다는 것

을 의미한다.

요일변동계수의 경우에는 요인1과 요인2에 걸쳐 부하되었으며, 요인2에 상대적으로 적은 0.354의 부하량을 보이고 있다. 이는 주말통행량이 현격히 많은 도로구간은 요일별 표준편차가 크기 때문에 요일변동계수도 함께 커지게 된다. 따라서, 요일변동계수는 첨두시간대, 요일별 및 월별 교통량 특성보다는 상대적으로 비율이 작기는 하지만 여가통행의 성격도 함께 지니는 변수로 분석할 수 있다.

요인 2는 주중주말비율, 주말계수 등 2개의 변수가 높게 부하되었으며, 예상대로 주말 여가통행특성을 반영하는 변수로 그룹핑 되었다. 이 두 설명변수는 시나리오별 결과 비교분석할 때 PC3, PC4, PC5에서 보여주듯이 도로특성분류에 매우 중요하게 작용하는 변수이며, 타 요인과의 상관성은 가장 낮은 것으로 나타났다.

요인 3은 방향별 교통특성을 반영하는 D30, D200 summation value 등 2개의 변수가 그룹핑 되었으며, 요인 4는 장거리통행 및 산업도로의 성향을 반영할 수 있는 이용차량 특성 변수인 트럭비율로 구성되었다.

따라서, 도로특성분류에 대한 최종 도출된 4개의 요인을 정리해보면, 첨두시간대 및 요일별·월별 교통특성 요인, 관광 및 여가통행 교통특성요인, 방향별 교통특성 요인, 장거리통행 및 산업도로 교통특성요인으로 나눌 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 기존의 도로기능분류(road functional classification)의 목적 및 성격과 구별되는 새로운 관점에서 도로특성분류(road characteristic classification)라는 개념을 정립하였다. '도로기능분류'와 마찬가지로 '도로특성분류'도 일반적인 용어이고 통상 유사한 개념으로 혼재되어 사용하고 있기 때문에 이에 대한 명명한 개념적 구별이 필요하다고 판단하였다. 특히, 지능형교통체계(ITS), 위치기반서비스(LBS), 텔레매틱스(telematics), 지리정보시스템(GPS), 현재 지속적인 연구가 추진되고 있는 유비쿼터스 기반 교통체계(u-Transportation) 등과 같은 첨단장비가 구축된 도로체계하에서는 다양한 통행 및 교통패턴에 따른 동질성 지역이나 구간(homogeneous area and section)을 분류하고 그 특성을 지속적으로 모니터링하는 체계적인 도로분류체계가 필요하다.

도로특성분류는 교통계획(transportation planning), 교통운영관리(traffic operation and management) 등의 교통전반으로 설계 및 정책을 수립하고 지침(guideline)을 마련하는데 중요한 판단 자료로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

도로특성분류에 사용되는 기본적인 관찰변수(observed variable)는 차량수집장치(검지기 등)에서 검지되는 교통량, 점유율, 속도 등의 자료이다. 이러한 관찰변수를 토대로 다양한 교통특성을 반영하는 설명변수(explanatory variable)를 개발하고 산출하게 되는데 이러한 설명변수간의 선형성 즉, 다중공선성의 검토와 설명변수간의 상대적 중요도 분석이 필요하다. 본 연구는 이러한 일련의 과정을 수행하기 위해 설명변수들의 상호상관을 통한 잠재적인 요인구조를 추출하고, 도로특성분류를 위한 군집분석 등 추후 분석의 입력자료로 사용할 요인점수를 산출하기 위해 탐색적 요인분석을 수행하였다. 본 연구에서는 요인분석의 각 실행단계별 접하게 되는 의사결정 문제를 세밀하게 검토하였으며, 각 논점별로 올바른 평가기준 방법을 제시하여 최종적인 종합 결론을 도출하였다.

도로특성분류를 위해 주간변동계수, 첨두시간대변동계수, 주중주말비율, 주말계수, 휴가변동계수, 월변동계수, 요일변동계수, K30, D30, K200 summation value, D200 summation value, 트럭비율로 12개의 설명변수를 선정하였으며, 적정 설명변수와 요인의 수를 결정하기 위해 10개의 시나리오를 비교분석하였다. 그 결과, 처음 12개의 설명변수를 모두 포함한 시나리오 1이 가장 우수하게 분석되었으며, 4개의 요인이 가장 적정한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 제시한 12개의 설명변수는 다양한 교통특성을 분석하는데 중요한 변수로 작용하며, 이를 토대로 요인점수를 추출하였을 경우 보다 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

각 요인에 대한 설명변수의 상대적 중요도를 살펴보면, 요인1에는 K30이 가장 높게 나타났고 K200 summation value, 월변동계수, 휴가변동계수, 첨두시간대변동계수, 주간변동계수, 요일변동계수가 같은 요인에 포함되었다. 요인2에는 주중주말비율, 주말계수가 동일한 부하량으로 나타났으며, 요인3에는 방향별 특성변수인 D200 summation value, D30이 포함되었고, 요인4는 이용차량 특성변수인 트럭비율로 구성되었다.

본 연구는 도로특성분류 개념 정립, 요인분석의 필요성 및 분석단계별 평가방법, 적정 설명변수와 요인 수 결

정에 대해 분석하였다. 이러한 연구결과는 분석에 필요한 설명변수의 선정 및 각 요인별 상대적 중요 설명변수를 파악할 수 있으며, 요인적으로 순수한 설명변수들로 구성된 요인을 토대로 객관적인 요인점수를 추출할 수 있다. 요인점수는 추후에 다양한 분석방법(군집분석, 회귀분석, 판별분석 등)에 있어서 자료속성 및 설명변수의 편(bias)이 최소화된 객관적인 입력자료로 사용됨에 따라 보다 정확한 연구결과가 도출될 것으로 기대된다. 특히, 도로특성분류를 위한 군집분석에는 다양한 교통특성을 반영하면서 보다 객관적인 자료를 이용함에 따라 통계적 군집기법 뿐만 아니라 신경망, 유전자 알고리즘 등과 같은 휴리스틱 군집기법의 정확한 결과도출 및 해석이 가능할 것으로 판단된다.

향후 연구과제로는 도로등급별 통행특성, 즉 통행목적(trip purpose)과 통행거리(trip length) 특성이 다르기 때문에 본 연구에서 사용한 일반국도 상시조사 자료 뿐만 아니라 고속도로, 국가지원지방도, 지방도 등에 대한 연구도 병행 되어야 할 것이다. 또한 상시조사 뿐만 아니라 수시조사에서의 도로특성분류를 위한 설명변수 개발 및 요인분석도 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 강원의(2001), "일반국도의 수행 기능 분석에 의한 적정 설계기준 연구", 대한교통학회지, 제19권 제1호, 대한교통학회, pp.53~61
2. 건설교통부(1999), 국도기능분류 및 효율적 투자방안 연구.
3. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침.
4. 김주현·도명식·정재은(2002), "국도 기능 분류를 위한 그룹핑 방법론에 관한 연구, 대한교통학회지, 제20권 제5호, 대한교통학회, pp.131~144.
5. 정현영·권정철(1996), "도로의 구조 및 이용실태분석에 의한 기능 유형화에 관한 연구", 대한국도·도시계획학회지, 제31권 제3호, 대한국도·도시계획학회, pp.111~123.
6. 조은성(2007), "탐색적 요인분석 사용의 적절성 검토 : '마케팅 연구' 1986년~2006년", 마케팅연구.
7. 엄한주(2001), "요인분석 모형의 이해와 적용: 주성분 모형과 공동요인분석의 방법론적 비교", 한국체육측정평가학회지, 제3권 제1호.

8. 양병화(2006), 다변량데이터 분석법의 이해, 커뮤니케이션북스.
9. 유완·정필현(2004), "도로교통량 특성에 의한 국도 기능의 분류 및 변화에 대한 연구", 대한국도·도시계획학회지, 제39권 제1호, 대한국도·도시계획학회, pp.251~261.
10. 이순목(1995), 요인분석: Explanatory factor analysis를 중심으로, 학지사.
11. 이순목(2000), 요인분석의 기초, 교육과학사.
12. 이영준(2002), 요인분석의 이해, 석정.
13. 임성한·오주삼(2005), "일반국도 유형분류 및 유형별 교통특성에 관한 연구", 대한토목학회지, 제25권 제4D호, 대한토목학회, pp.555~563.
14. 임성한·오주삼·김현석(2005), "관광부도로의 판별 및 교통특성에 관한 연구", 서울도시연구, 제6권 제1호, pp.81~92.
15. Albright, D.(1987), "A quick cluster control method : Permanent control station cluster analysis in average daily traffic calculations, Transportation Research Record 1134, pp.57~64.
16. Aunet, B.(2000), "Wisconsin's approach to variation in traffic data", North American Travel Monitoring Exhibition and Conference CD, Wisconsin Department of Transportation.
17. Cattell R.B.(1996), "The scree test for number of factors", Multivariate Behavioral Research, 1, pp.245~276.
18. Comrey, A.L.(1973), A first course in factor analysis, New York: Academic Press.
19. Faghri, A., J. Hua(1995), "Roadway seasonal classification using neural network", Journal of Computing in Civil Engineering, 3(9), pp.209~215.
20. Federal Highway Administration(1989, 2001), Highway Functional Classification : Concepts, Criteria and Procedures, U.S. Department of Transportation.
21. Flaherty, J.(1993), "Cluster Analysis of Arizona Automatic Traffic Record Data", Transportation Research Record 1410, pp.93~99.
22. Gorsuch, R.L.(1983), Factor Analysis, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
23. Guttman, L.(1954), "Some necessary and sufficient conditions for common factor analysis", Psychometrika, 19, pp.149~161.
24. Hakstian, A.R., W.T. Rogers, R.B. Cattell. (1982), "The behavior of number of factors rules with simulated data", Multivariate Behavioral Research, 17, pp.193~205.
25. Hayton, J.C., D.G. Allen, V. Scarpello.(2004), "Factor retention decisions in exploratory factor analysis: A tutorial on parallel analysis", Organizational research methods, 7(2), pp.191~205.
26. Hogarty, K.Y., C.V. Hines, J.D. Kromrey, J.M. Ferron, K.R. Mumford.(2005), "The quality of factor solutions in exploratory factor analysis: The influence of sample size, communalities, and overdetermination", Educational and Psychological Measurement, 65(2), pp.202~226.
27. Kaiser, H.E.(1960), "The application of electronic computers to factor analysis", Educational and Psychological Measurement, 18, pp.667~683.
28. Kaiser, H.E.(1970), A second-generation little jiffy, Psychometrika, 35, pp.401~415.
29. Kaiser, H.E.(1974), An index of factorial simplicity, Psychometrika, 39, pp.31~36.
30. Lingras, P.(1995), "Classifying highways: Hierarchical grouping versus Kohonen neural networks", Journal of Transportation Engineering, 121(4), pp.364~368.
31. Lingras, P.(2001), "Statistical and genetic algorithms classification of highways", Journal of Transportation Engineering, 127(3), pp.237~243.
32. MacCallum, R.C., K.F. Widaman, S.Zhang, S. Hong.(1999), "Sample size in factor analysis", Psychological Methods, 4, pp.84~99.
33. Merenda, P.F.(1997), "A guide to the proper use of factor analysis in the conduct and reporting of research", Measurement and Evaluation in Counselling and Development, 30(3), pp.156~165.

34. M.T. Li., F. Zhao, L.F. Chow.(2004), "Cluster analysis for seasonal factor estimation", The 17th ICTPA Annual Meeting.
35. Sharma, S.C., Allipuram, R.R.(1993), "Duration and frequency of seasonal traffic counts", Journal of Transportation Engineering, American Society of Civil Engineers, 116(3), pp.344~359.
36. Sharma, S.C., Werner, A.(1981), "Improved method of grouping provincewide permanent traffic counters", Transportation Research Record 815, pp.13~18.
37. Snook, S.C., R.L. Gorsuch.(1989), "Principal component analysis versus common factor analysis: A Monte Carlo study", Psychological Bulletin, 106, pp.148~154.
38. Steven, J.(1996), Applied multivariate statistics for the social sciences, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
39. Tabachnik, B.G., Fidell, L.S.(1996), Using multivariate statistics, New York: HarperCollins.
40. Thompson, B, L.G.Daniel.(1996), "Factor analysis evidence for the construct validity of scores: A historical overview and some guidelines", Educational and Psychological Measurement, 56(2), pp.197~208.
41. Tinsley, H.E.A., D.J. Tinsley.(1987), "Uses of factor analysis in counseling psychology research", Journal of Counseling Psychology, 34(4), pp.414~424.
42. Traffic Monitoring Guide(2001), Office of Highway Policy Information, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.
43. Washington State Department of Transportation (2002), Guidelines for amending urban boundaries and functional classification, Planning and Capital Program Management.

✉ 주 작성자 : 조준한

✉ 교신저자 : 조준한

✉ 논문투고일 : 2008. 1. 3

✉ 논문심사일 : 2008. 4. 2 (1차)

2008. 5. 7 (2차)

2008. 5. 26 (3차)

✉ 심사판정일 : 2008. 5. 26

✉ 반론접수기한 : 2008. 10. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필