

■ 論 文 ■

# 주행여건과 선호매체를 고려한 경로전환 판별모형 개발

Development of a Discriminant Model for Changing Routes  
considering Driving Conditions and Preferred Media

**최 윤 혁**

(한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원)

**최 기 주**

(아주대학교 환경건설교통공학부 교수)

**문 병 섭**

(한국건설기술연구원 책임연구원)

**고 한 검**

(아주대학교 건설교통공학과 박사과정)

목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 목적 및 필요성
    - 2. 연구의 내용 및 방법
  - II. 기존 연구 고찰
    - 1. 기존 연구 고찰
    - 2. 문제제기 및 연구의 차별성
  - III. 분석방법론 정립
    - 1. 분석 프로세스
    - 2. 분석방법론 정립
  - IV. 모형 개발 및 검증
    - 1. 현장조사 및 기초 통계분석
    - 2. CART 분석을 이용한 도로교통상황 집단분류
    - 3. CHAID 분석을 통한 경로전환요인 분석
    - 4. 경로전환 판별모형 개발 및 검증
  - V. 결론 및 향후 연구과제
    - 1. 결론
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 주행여건, 경로전환, 선호매체, 판별분석, CART 분석, CHAID 분석  
Driving Condition, Changing Route, Preferred Media, Discriminant Analysis, CART Analysis, CHAID Analysis

요 약

교통부문 온실가스 저감과 도로의 경쟁력 강화를 위해 교통정보 제공을 통한 수요분산의 관심이 높아지고 있다. 그러나, 이를 위해서는 효율적이며 효과적인 정보제공전략 수립과 운전자 경로전환 행태와 영향요인들에 대한 연구가 선결적으로 필요한 바, 본 연구에서는 도로의 소통상황을 포함한 주행여건과 운전자의 정보매체 선호특성을 고려하여 경로전환 판별모형을 개발하고자 하였다. CART 분석을 이용한 집단구분에서는 주행여건에 따라 3개 군집으로 분류되었으며, 통계적으로 유의하였다. 그리고, CHAID 분석을 통해 경로전환에 영향을 미치는 주행여건과 선호매체 요인들을 통계적으로 유의한 집단으로 구분하여, 경로전환에 영향을 미치는 주요 요인을 파악하였다. 마지막으로, 판별분석을 통해 주행여건과 선호매체가 경로전환에 미치는 영향정도를 파악하고, 경로전환 예측 판별모형식을 개발하였다. 판별모형식 구축 결과, 경로전환은 주행여건에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 전체 판별적중률(Hit Ratio)은 64.2%로 도출되어 본 판별식은 일정수준 이상의 높은 판별력을 가지고 있었다.

Studies on the distribution of traffic demands have been proceeding by providing traffic information for reducing greenhouse gases and reinforcing the road's competitiveness in the transport section, however, since it is preferentially required the extensive studies on the driver's behavior changing routes and its influence factors, this study has been developed a discriminant model for changing routes considering driving conditions including traffic conditions of roads and driver's preferences for information media. It is divided into three groups depending on driving conditions in group classification with the CART analysis, which is statistically meaningful. And, elements of the driving conditions and the preferred media affecting the change of paths are classified into statistical meaningful groups through the CHAID analysis, and the major factors affecting the change of paths are examined. Finally, the extent that driving conditions and preferred media affect a route change is examined through a discriminant analysis, and it is developed a discriminant model equation to predict a route change. As a result of building the discriminant model equation, it is shown that driving conditions affect a route change much more, the entire discriminant hit ratio is derived as 64.2%, and this discriminant equation shows high discriminant ability more than a certain degree.

# 1. 서론

## 1. 연구의 목적 및 필요성

지구온난화 문제가 심화됨에 따라 온실가스 저감, 친환경 녹색성장에 대한 관심이 높아지고 있다. 교통부문 온실가스 저감과 도로의 경쟁력 강화를 위해 기존 도로의 효율적 이용방안에 관심이 증가하고 있으며, 이의 실행방안으로 교통정보 제공을 통한 수요분산 연구가 진행되고 있다. 그러나, 경로전환에 대한 운전자의 의사결정은 단순히 정보를 제공받거나 받지 못함의 문제 또는 정보제공내용의 문제가 아니라, 제공받는 시점에서의 주행여건이나 선호하는 매체에 따라 다양할 수 있다. 즉, 동일한 정보를 제공받더라도 기상상황, 통행거리 등 주행여건과 정보가 제공되는 매체에 대한 운전자 개인의 선호특성에 따라 경로전환에 대한 운전자의 반응은 다양할 수 있다. 특히 경로전환 의사결정의 결과는 기존 경로를 주행하거나 혹은 경로를 전환하는 단순한 결과로 나타나지만, 실제 이를 결정하는 과정은 다양한 통행환경여건 검토, 목적지까지 남은 거리, 통행계획 시 예상통행시간, 대안경로별 통행시간, 최단 경로, 최적 경로, 최악의 상황 고려, 개인별 선호특성에 의거한 우선순위 설정 등 다양하고 복잡하며 단계적인 프로세스에 의해 이루어진다. 따라서 이 같은 경로전환 의사결정과정에 대한 폭넓은 연구가 필요하며, 이러한 연구가 부족할 경우 동일 지점에서 동일한 교통정보를 제공하더라도 상이한 반응이 나타날 수 있으며, 더 나아가 도로운영자의 의도에 부합하지 않는 결과가 나타날 수 있다는 점을 간과하지 않는 것이 중요하다.

# 2. 연구의 내용 및 방법

경로전환 의사결정과정에 대한 중요성 측면에서, 본 연구는 도로의 소통상황을 포함한 주행여건과 운전자의 정보매체 선호특성을 고려하여 경로전환 판별모형을 개발하고자 하였다. 분석을 위해 고속도로를 이용하는 운전자를 대상으로 설문조사를 실시하여 도로교통상황과 선호매체에 따른 경로전환 여부를 조사하였다. 조사 자료의 효율적 분류 및 군집을 위해, 의사결정나무분석법을 이용하였으며, 경로전환 여부에 대하여 통계적으로 유의한 집단적 차이가 나타나는 주행여건에 따라 재분류하였다. 그리고, 판별분석을 통해 주행여건과 선호매체가 경로전환에 미치는 영향정도를 파악하고, 최종적으로 경로전환 예측 판별모형을 개발하였다.

## II. 기존 연구 검토

### 1. 기존 연구 고찰

교통정보제공과 관련된 연구는 크게 정보제공의 내용(메시지), 전략, 효과평가, 그리고 시스템 구성으로 구분되며, 최근 정보제공에 따른 운전자의 반응행태에 관한 연구가 주로 이루어지고 있다.

Khattak(1993)은 운전자의 행동선택에 관한 연구에서 과거경험(63%), 직접 관측(21%), 교통정보(16%)의 순으로 운전자의 의사결정에 영향을 미친다는 결과를 제시했으며, 김혜란 등(2004)은 운전자의 경로전환 의사결정에 영향을 미치는 요인으로 통행자 특성, 통행 특성, 경로 특성, 정보 내용, 과거경험 등이 있으



<그림 1> 연구 방법론

며, 운전자가 매체로부터 정보를 취득하여 경로전환을 결정하는 데 매체 고유의 특성과 정보의 형식, 전달 내용 등이 영향을 미친다는 것을 밝혔다.

최윤희 등(2007)은 운전자 경로전환 의사결정에 작용하는 정보매체에 관한 연구에서 혼잡이 심해질수록 운전자는 자신의 경험보다 교통정보를 더 의지하는 것을 밝혀냈으며, 김일평(2008)은 선호도 분석을 통해 우회결정의 주요인을 찾아내고, 경로전환의 핵심요인인 소통상황별로 각각의 교통정보 제공전략이 필요함을 밝혀냈다.

최윤희 등(2009)은 실제 조사된 우회율과 도로 소통상황과의 상관분석을 통해 운전자의 우회행태와 도로 소통상황이 유의미한 관계가 있음을 밝혀냈으며, 이를 이용하여 고속도로 우회율에 대한 회귀식을 도출하였다. 또한 최윤희 등(2010)은 소통상황에 따라 정보매체의 이용패턴이 어떻게 변화하는지를 분석하고, 매체별 특성에 따라 수동이용매체, 능동이용매체, 과거경험으로 재분류하여 각 소통상황에 따른 정보매체별 우회이용률 변화를 분석하였다. 소통상황이 악화될수록 수동이용매체의 이용률은 감소하는 반면, 능동이용매체와 과거경험의 이용률은 증가한다는 것을 밝혀냈다. 손승녀(2010)는 경로전환의지와, 경로전환에 대한 운전자의 지각된 행동통제가 경로전환의 판단에 가장 크게 작용한다고 결론지었다.

한편 Khattak 등(2008)은 인터넷, 라디오, VMS, HAR(Highway Advisory Radio) 등의 정보제공매체가 목적지, 수단, 경로 등 통행과 관련된 선택의 의사결정에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 인터넷이 운전자의 의사결정에 가장 큰 영향을 미치고 있으며, 다음으로 라디오, TV 등의 순으로 영향을 미치고 있음을 밝혀냈다. 반면, VMS나 HAR은 영향력이 비교적 낮으며, 이는 낮은 설치개수 때문인 것으로 분석하였다. Khattak의 연구결과(1993, 2008)를 비교할 경우, 1990년대에는 운전자 개개인의 경험이 중시되었다면, 2000년대 들어 개인경험보다 정보매체에 대한 선호도가 높아지고 있다는 것을 알 수 있으며, 이는 정보통신기술이 발달하면서 신뢰도 높은 교통정보가 다양한 매체를 통해 시기적절하게 제공되기 때문이라는 것을 추정할 수 있다.

그럼에도 불구하고 주목할 만한 사실은 정보화시대에도 불구하고 과거경험을 이용해 경로를 선택하는 운전자가 다수 존재한다는 것이며, 이는 최근 이슈로 떠오르고

있는 사용자경험(Ux, User Experience)과도 무관하지 않는다. 사용자경험은 사용자가 어떤 시스템, 제품, 서비스를 직·간접적으로 이용하면서 느끼고 생각하게 되는 총체적 경험을 의미한다. 이는 단순히 기능이나 절차상의 만족 뿐 아니라 전반적인 지각 가능한 모든 면에서 사용자가 참여, 사용, 관찰하고 상호 교감을 통해서 알 수 있는 가치 있는 경험을 뜻한다. 운전자의 경로선택과 관련된 기존 Khattak(1993, 2008)과 최윤희 등(2007, 2009, 2010)의 연구결과를 보면, 교통측면에서 이용자인 운전자의 직·간접적인 통행경험<sup>1)</sup>은 경로선택에 주요한 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

## 2. 문제제기 및 연구의 차별성

교통정보와 관련된 많은 관심에도 불구하고, 경로전환의 의사결정 프로세스 및 반응행태에 대해서 아직 모르는 부분이 많다. 특히 운전자의 경로전환이 소통상황에 따라 다르며, 소통상황에 따라 경로전환에 이용되는 교통정보매체가 달라진다는 것이 밝혀졌으므로, 이를 통합하여 소통상황, 선호매체, 경로전환의 관계분석이 필요하다. 본 연구는 최윤희 등(2009, 2010)의 후속연구로, 소통상황과 경로전환, 소통상황과 교통정보매체 이용특성 등 단편적으로 고려되었던 운전자 경로전환 특성을, 도로의 소통상황 뿐만 아니라, 통행거리, 기상여건 등을 포함한 주행여건 하에서 선호매체의 특성에 따라 총괄적으로 분석하고자 한다.

## III. 분석 방법론

### 1. 분석 프로세스

본 연구는 다음과 같은 프로세스에 의하여 분석되었다.

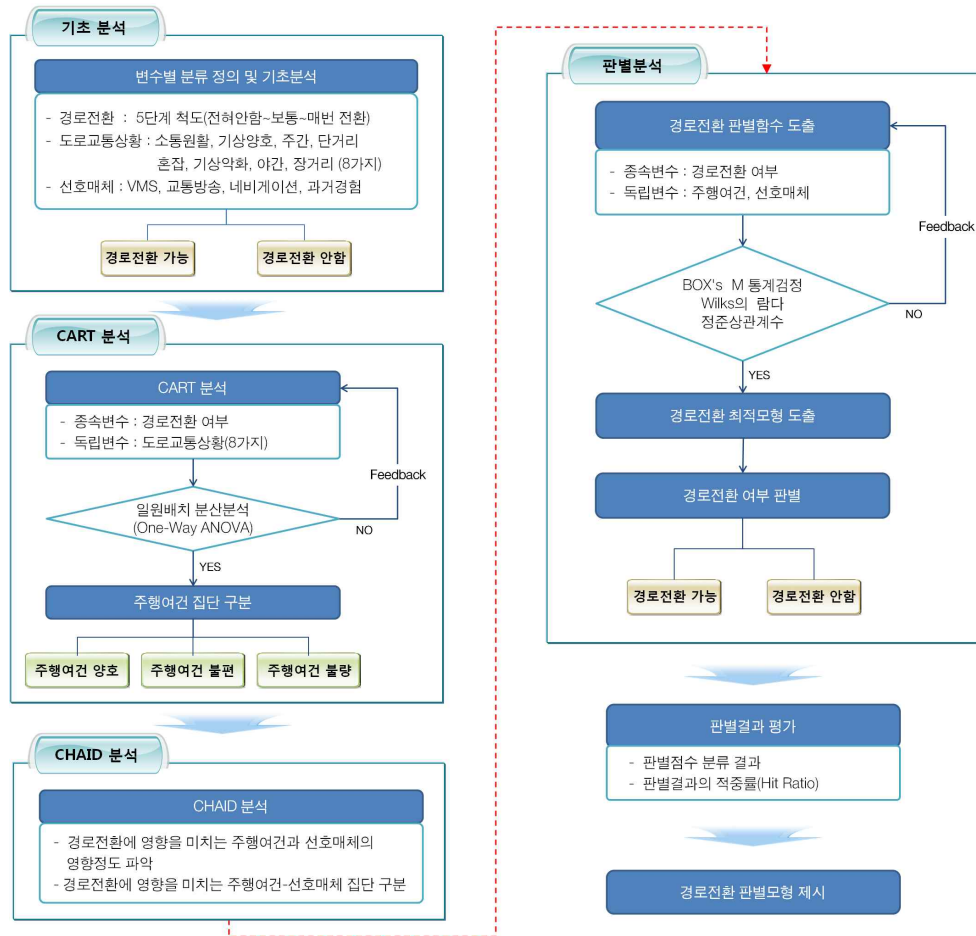
첫째, 본 연구에서 사용될 변수, 도로교통상황, 선호매체, 경로전환을 정의하고, 기초 통계분석<sup>2)</sup>을 실시한다.

둘째, CART 분석을 이용, 경로전환 여부에 대하여 통계적으로 유의한 집단적 차이가 나타나는 도로교통상황 집단을 주행여건에 따라 분류한다.

셋째, CHAID 분석을 통해 경로전환에 영향을 미치는 주행여건과 선호매체의 요소들에 대해 통계적으로 유

1) 통행경험은 운전 및 통행에 의한 직접 경험과 주변인에게서 들은 간접 경험으로 구분됨

2) 기초 통계분석, CART 분석, CHAID 분석, 판별분석 등 데이터 분석 도구로 SPSS 17.0을 사용하였음



<그림 2> 분석 프로세스

의한 집단으로 구분하며, 경로전환에 영향을 미치는 주요 요인을 파악한다.

넷째, 판별분석을 통해 주행여건과 신호대체가 경로전환에 미치는 영향정도를 파악하고, 이를 이용하여 경로전환 여부에 대한 예측 판별모형식을 개발한다.

다섯째, 개발된 판별분석모형에 대하여 판별 적중률을 분석하여 모형을 검증한다.

## 2. 분석 방법론 정립

### 1) 분류모델

분류모델의 대표적인 분석방법인 의사결정나무분석법

(Decision Tree Pruning Method)은 의사결정규칙을 도표화하여 관심 대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류하거나 예측하는 분석방법이다. 특히 분석과정이 나무구조에 의해서 표현되기 때문에, 분류 또는 예측을 목적으로 하는 다른 방법들인 신경망, 판별분석, 회귀분석 등에 비해 분석과정을 쉽게 이해할 수 있다. 또한, 선형성 등의 가정을 필요치 않는 비모수적인 모형이라는 장점을 가지고 있어, 예측이나 분류에 널리 쓰이고 있는 분석방법으로, CHAID, Exhaustive CHAID, CART(CRT<sup>3)</sup>, QUEST 방법 등이 있다.

CART(Classification And Regression Trees)는 이진트리(Binary Tree) 구조로서, 순수도(Purity)<sup>4)</sup>가 가장 크도록 부모마디와 자식마디를 구분하여, 목표

3) SPSS 17.0은 CART 분석방법론을 CRT로 정의하고 있음

4) 순수도는 목표변수의 특정범주에 얼마나 많은 마디들이 연결되어 있는지를 양적으로 나타내는 다양성지수임

<표 1> 의사결정나무 분석방법 비교

구분	CHAID	Exhaustive CHAID	CART(CRT)	QUEST
목표변수	질적변수, 양적변수	질적변수, 양적변수	질적변수, 양적변수	명목형 질적변수
설명변수	질적변수, 양적변수	질적변수	질적변수, 양적변수	질적변수, 양적변수
분리기준	F검정, 카이제곱 통계량	F검정, 카이제곱 통계량	지니 계수 감소	F검정, 카이제곱 통계량
분리개수	다지 분리 (Multiway Split)	다지 분리 (Multiway Split)	이지 분리 (Binary Split)	이지 분리 (Binary Split)

변수(종속변수)를 가장 잘 분리하는 설명변수와 그 분리 지점을 찾는 분석방법이다. 즉, CART는 자식마디의 불순도 가중합을 나타내는 지니계수(Gini Index)를 최소화하며, 이를 통해 부모마디와 자식마디가 구분되는 구조를 지닌다.

CHIAD(Chi-Squared Automatic Interaction Detection)는 다지트리(Multiway Tree) 구조로서, 목표변수를 설명변수의 범주들을 이용하여 전체 자료들 들 이상의 하위노드(Child Node)로 반복적으로 분할하는 분석방법이다. 이 과정에서 설명변수의 범주의 쌍에 대한 목표변수의 유의한 차이가 없으면 설명변수의 범주들을 병합하며, 유의적이지 않은 쌍들이 없을 때까지 과정을 계속한다. CHAID는 목표변수가 이산형일 때, Pearson의 카이제곱 통계량 또는 우도비 카이제곱 통계량(Likelihood Ratio Chi-Square Statistics)을 분리기준으로 사용하며, 목표변수가 순서형 또는 사전 그룹화된 연속형일 경우에는 우도비 카이제곱 통계량이 사용된다.

2) 판별분석

판별분석(Discriminant Analysis)은 한 개 이상의 설명(독립)변수를 가지고 집단(종속)변수에 대한 판별 기준, 즉, 판별함수를 만들어 평가 대상이 어느 집단에 속하는가를 예측할 수 있는 분석 방법이다. 뿐만 아니라, 분류 집단간의 차이를 의미 있게 설명해 줄 수 있는 설명(독립)변수들을 찾아내고 집단(종속)변수에 미치는 영향 정도를 파악할 수 있다.

판별분석은 유의미한 독립변수와 독립변수에 대한 가중치의 선형결합(Linear Combination)으로 다음과 같은 판별식을 만들어내게 된다.

$$Z = \sum W_n X_n = \beta_0 + W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n$$

여기서,  $Z$  : 판별방정식

$W_i$  :  $i$ 번째 독립변수의 가중치(판별함수 계수)

$X_i$  :  $i$ 번째 독립변수

$\beta_0$  : 판별상수

이러한 판별식은  $W_i$ 라는 가중치에 의해 여러 형태를 취할 수 있으나, 이 중 의미 있게 집단을 분류할 수 있는 식을 찾는 것이 판별분석의 목적이 되는 것이다. 이를 위해 '집단간의 분산/집단내의 분산'이라는 비율을 극대화하는 조건을 만족시켜 주는 가중치와 판별식을 찾아냄으로서 집단 내부의 대상들은 가능한 유사하게, 집단간은 가능한 상이한 성격을 갖는 집단으로 분류해지게 된다.

IV. 모형 개발 및 검증

1. 현장조사 및 기초 통계분석

분석을 위해 수도권 고속도로 이용자를 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 총 500명의 설문 응답자 중 남성이 286명으로 60%, 여성이 214명으로 40%를 차지하고 있었다. 설문은 8가지 도로교통상황이 주어졌을 때, 4가지 선호매체<sup>5)</sup>와 이를 이용한 경로전환 여부를 조사했으며, 응답자는 5단계의 선호도를 응답하였다.

먼저 선호매체 분석에서는, 전체 데이터 중에서 각 매체 선호도를 4점 이상<sup>6)</sup>으로 응답한 6,462개의 자료(복수응답 포함)를 분석에 이용하였는데, 이는 일반적으로 설문분석 시 보통을 기준으로 보통 이상 혹은 이하의 값을 답변한 응답자가 특정한 선호도를 갖고 있다고 판단되기 때문이다. 즉, 본 연구에서는 '도로교통상황-선호매체-경로전환'의 특성이 잘 반영될 수 있도록 정보매체에 대해 선호(4점) 이상의 선호도를 갖는 응답자를 표본 집단으로 구성하였다.

5) <그림 1> 참고

6) 매체에 대한 선호도를 묻는 질문에서 5점 만점 척도(5점: 매우 선호, 3점: 보통, 1점: 전혀 선호안함) 중 만족(4점) 이상의 선호도를 보인 응답자를 본 연구의 분석 대상으로 선정함

<표 2> 경로전환 여부에 대한 기초자료 분석

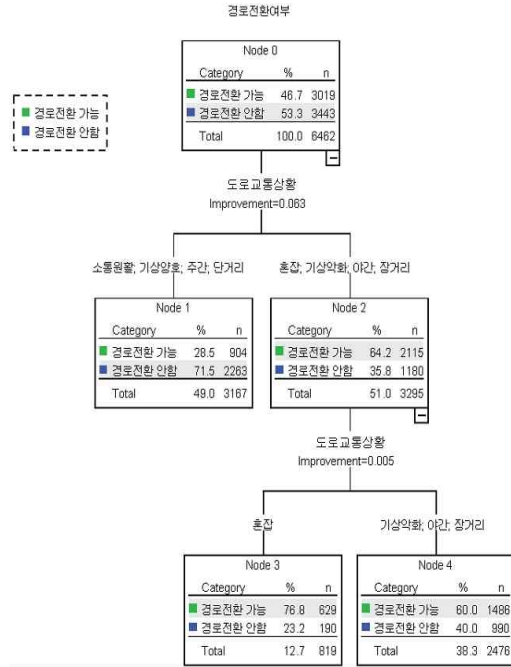
구분	경로전환 안함			경로전환 가능	
	1 (전혀안함)	2	3 (보통)	4	5 (매번가능)
빈도	828	999	1,616	1,806	1,213
퍼센트 (%)	12.8	15.5	25.0	27.9	18.8
	53.3%			46.7%	

경로전환 분석에서도 선호매체 분석과 마찬가지로 선호 설문응답 중 보통수준의 선호도를 보인 운전자를 경로전환하지 않을 운전자로 선정하여, 다소 보수적으로 분석하였다. 이는 본 연구에서 제시하고자 하는 경로전환 여부에 대한 판정이 도로교통상황별로 운전자의 선호매체에 대한 변수를 입력하였을 때 해당 도로를 이용하는 운전자들의 경로전환 가능성을 찾는 것이 주목적이기 때문이다. 따라서, 1~3점의 선호도를 '경로전환 안함'으로 4~5점을 '경로전환 가능'으로 명명하고, 집단화하여 분석을 실시하였다. 경로전환 여부의 빈도분석 결과, '경로전환 가능'에 대한 응답이 46.7%, '경로전환 안함'에 대한 응답이 53.3%로 분석되었다. 이는 전체 응답자의 25%인 '보통(3점)'의 선호도를 보인 응답자를 '경로전환 안함'으로 구분하기에, 다소 보수적인 결과가 나온 것으로 판단된다.

2. CART 분석을 이용한 도로교통상황 집단분류

운전자의 경로전환에 영향을 미치는 주요한 요소로 판단되는 도로교통상황의 구분을 위하여 CART 분석 방법을 이용하였으며, 경로전환 여부에 대하여 통계적으로 유의한 집단적 차이가 나타나는 도로교통상황 집단을 주행여건에 따라 분류하였다. 또한 CART 분석에 의해 구분된 집단에 대하여 일원배치분산분석(One-Way ANOVA)을 실시하여 주행여건에 따라 재분류한 집단간의 통계적 검증을 실시하였다.

먼저, 경로전환 여부를 기준으로 CART 분석을 실시한 결과, <그림 3>에서와 같이 '노드 1'(소통원활, 기상양호, 주간, 단거리)과, '노드 2'(혼잡, 기상악화, 야간, 장거리)로 구분되었다. 집단간 구분의 통계적 유의성 검정을 실시한 결과 Levene의 등분산 검정<sup>7)</sup>에서의 p값이 0.000으로 각 집단의 분산의 동일성이 같고, t-test에 대한 p값이 0.000으로 나타나 95% 신뢰수준에서



<그림 3> CART 분석을 통한 유형화 결과

<표 3> 집단간 차이 검정(t-test)

부모 Node	자식 Node	N	평균	표준 편차	Levene의 등분산검정		t-test	
					F	p값	t-값	p값
Node 0	Node1	3167	1.71	0.45	155.62	0.000	30.73	0.000
	Node2	3295	1.36	0.48				
Node 2	Node3	819	1.23	0.42	468.56	0.000	-8.76	0.000
	Node4	2476	1.40	0.49				

두 집단간의 차이가 유의하다고 할 수 있다. '노드 2'에 대한 '노드 3'(혼잡)과 '노드 4'(기상악화, 야간, 장거리)에 대한 t-test 분석 결과 역시, p값이 0.000로 95% 신뢰수준에서 두 집단간의 차이가 유의하다고 할 수 있다.

CART 분석 결과를 이용하여, 도로교통상황을 3개의 주행여건 집단으로 분류하여 이후 분석을 수행하였다.

- 집단 A(주행여건 양호) : 소통원활, 기상양호, 주간, 단거리 통행
- 집단 B(주행여건 불편) : 기상악화, 야간, 장거리 통행
- 집단 C(주행여건 불량) : 혼잡 통행

7) Levene 검정은 분산의 동일성을 검정하는 방법으로, 집단간 분산이 같다는 귀무가설의 기각여부를 판단함

<표 4> 주행여건별 일원배치분산분석 결과

구분	평균	분산분석		사후분석
		F값	p값	
주행여건 양호(a)	2.71	2337.863	0.000	a≠b≠c (Scheffe 검정)
주행여건 불편(b)	3.65			
주행여건 불량(c)	4.12			

주행여건별로 분류된 3개 그룹간의 차이를 검증하기 위하여 일원배치 분산분석을 수행한 결과, p값이 0.000으로 주행여건에 따른 그룹간의 차이가 CART 분석과 동일한 결과를 보이고 있어, CART 분석에 의한 군집분류가 통계적으로 적절함을 알 수 있다.

3. CHAID 분석을 통한 경로전환요인 분석

1) 주행여건별 매체선호도/경로전환 여부 분석

먼저 주행여건별 매체선호도 분석 결과, 모든 주행여건에서 과거경험에 대한 선호도가 가장 높았으며, 다음으로 네비게이션을 선호하는 것으로 분석되었다. 주행여건이 악화될수록 VMS의 선호도는 감소한 반면, 네비게이션의 선호도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 전술했던 사용자경험의 높은 신뢰도와 일치하는 결과로, 실시간 교통정보가 제공되더라도 스스로의 경험을 더 신뢰하는 행태를 보여준다고 할 수 있다.<sup>8)</sup>

한편, 주행여건에 따른 경로전환 분석 결과, 주행여건이 악화될수록 경로전환은 증가되어 주행여건이 불량한 상황에서 경로전환이 가장 높은 것으로 분석되었다.

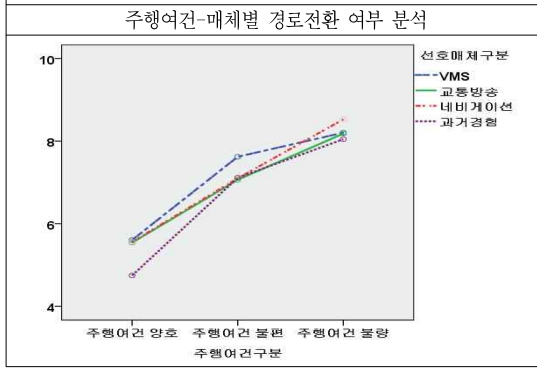
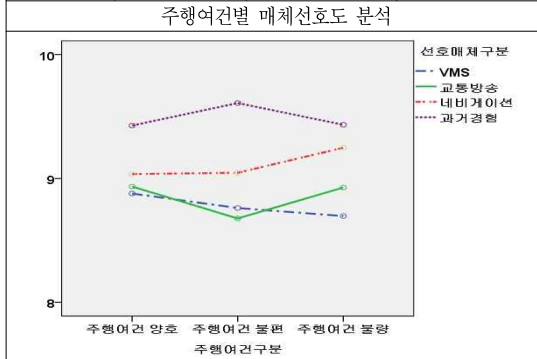
주행여건별로 경로전환에 주로 이용되는 매체는 과거경험, 네비게이션이 도로교통상황과 상관없이 가장 많이 사용하는 것으로 분석되었지만, 주 선호매체를 이용한 경로전환 여부 결정에서는 위의 경향을 따르지 않는 것으로 분석되었다. 즉, VMS의 경우 대부분의 주행여건에서 매체선호도가 낮았으나, VMS를 이용한 경로전환 여부는 높은 것으로 분석되었다. 반면 과거경험의 경우에는 모든 주행여건에서 선호도는 가장 높았으나 경로전환 여부는 타 이용 매체에 비해 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 반면, 주행여건 불량인 경우에는 네비게이션을 통한 경로전환 여부가 가장 높고, 과거경험에 의한 영향은 가장 낮은 것으로 분석되었다.

2) CHAID 분석을 통한 경로전환요인 분석

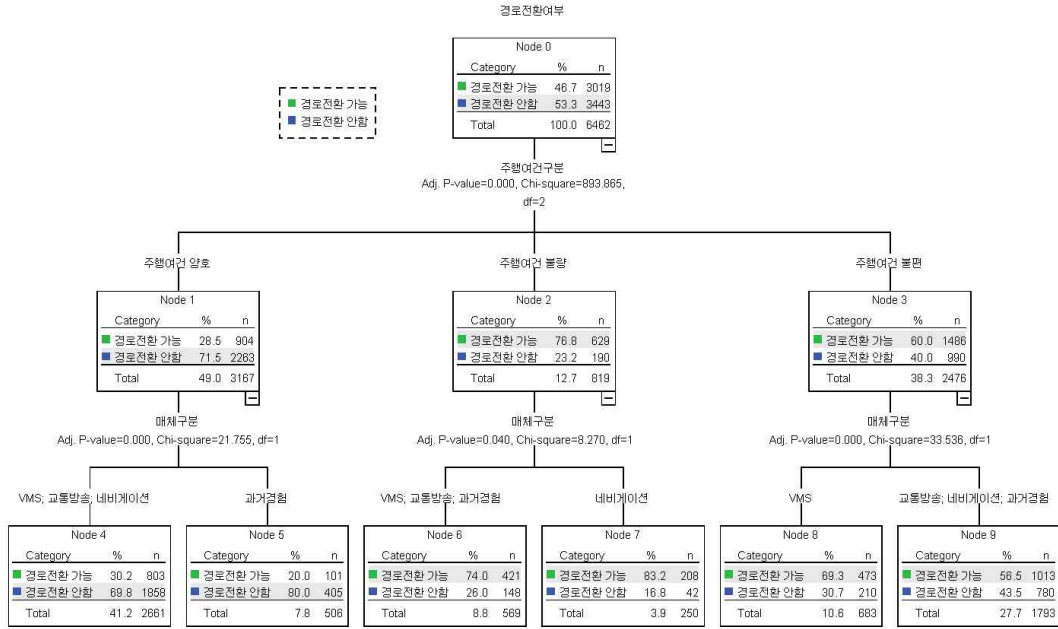
앞서 제시한 CART 분석에서는 소통상황을 주행여건별로 분류하는데 목적이 있었다면, CHAID 분석<sup>9)</sup>에서는 경로전환에 영향을 미치는 주행여건과 선호매체 요인

<표 5> 주행여건별 매체선호도/경로전환 여부 분석

구분	매체 구분	매체선호도 (10점 만점)	경로전환여부 (10점 만점)
주행여건 양호	VMS	8.88	5.61
	교통방송	8.93	5.54
	네비게이션	9.04	5.56
	과거경험	9.43	4.72
	평균	9.02	5.44
주행여건 불편	VMS	8.76	7.62
	교통방송	8.68	7.06
	네비게이션	9.05	7.10
	과거경험	9.61	7.11
	평균	9.04	7.24
주행여건 불량	VMS	8.70	8.21
	교통방송	8.93	8.18
	네비게이션	9.25	8.53
	과거경험	9.43	8.05
	평균	9.04	8.27



8) 과거경험보다 실시간 교통정보의 신뢰도가 낮은 이유는 본인의 경험을 중요시하는 인간의 행태특성과 연관되어 있지만, 일부 정확하지 않은 교통정보의 제공, 교통정보의 시·공간적 끊김, 콘텐츠 부족 및 사용(접속)의 불편함 등의 원인도 있음  
 9) 의사결정나무를 구축하는 방식이 CART와 유사하나 데이터를 분할하는 방식에 차이가 있으며, 최적의 분할, 즉 최적의 예측변수를 선택하는데 있어 엔트로피나 지니매트릭스 대신 통계학의 카이제곱 test를 사용



<그림 4> CHAID 분석을 통한 경로전환여부-도로교통상황-선호매체 유형화 결과

들을 통계적으로 유의한 집단으로 구분함으로써, 경로전환에 영향을 미치는 주요 요인을 파악하고자 하였다.

<그림 4>에서 제시되어 바와 같이, 경로전환을 결정하는 주요한 요인은 주행여건으로, '주행여건 양호', '주행여건 불량', '주행여건 불편'의 3개의 그룹으로 나뉘었으며, p값이 0.000으로 나타나, 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

3개의 주행여건 집단별로 선호매체와의 관계를 살펴보면, 주행여건 양호 상태에서는 VMS, 교통방송, 네비게이션 등 교통정보매체가 유사한 관련성을 가지고 있었으며, 과거경험과는 다른 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 반면, 주행여건 불량의 경우 네비게이션이, 주행여건 불편 상황의 경우 VMS가 타 매체와 다른 경향을 보이는 것으로 분석되었다.

<표 6>은 이익지수(Gain Index)를 나타내는 이익도표로서, 목표변수를 분류집단(설명변수)별로 세분화시키고, 분류집단간의 차이가 유의미함을 설명해 준다. <표

6>의 각 노드는 <그림 4>의 매체별 군집으로 매칭되며, 이익지수에 대한 구체적인 내용은 주석으로 설명하였다.10) <표 6>에서 제시된 누적 이익지수는 각 마디가 추가되면서 증감되는 예측의 효율성을 보여주는 것으로서, Node 7의 경로전환 여부를 예측하는 것이 가장 효율적이고, 정확한 의사결정을 할 수 있음을 나타낸다. 이 집단의 구성원은 주행여건이 불량하고 네비게이션의 영향을 크게 받는 특성을 가지고 있었으며, 결과적으로 경로전환 가능에 대한 응답율이 높게 조사된 것을 알 수 있다. 마지막으로, 순위에 따른 누적 이익지수에서 Node 5까지 추가되면 이익지수(Index)가 100%가 되어 더 이상 마디가 추가될 필요가 없는 것으로 분석되었다.

주목할 만한 사실은, 주행여건 불량(Node 7, Node 6), 주행여건 불편(Node 8, Node 9), 주행여건 양호(Node 4, Node 5)의 순으로 경로전환 여부에 대한 예측에 효율적인 변수임을 보여주고 있어, 주행여건이 좋지 않을수록 경로전환에 대한 운전자들의 의지가 높아진

10) <표 6>의 Node 7에 대한 첫 번째 행을 살펴보면, Node 7에 속하는 개체수(Node:n)는 250건이고, 이는 총 6,462건의 설문응답 중 3.9%에 해당됨을 나타냄(Node:%). 또한 이득비율(Resp:%) 6.9%는 경로전환을 한다고 응답한 3,019건 중 Node 7에 속하는 208건의 응답이 차지하는 비율을 나타냄. 응답(Gain)비율은 노드에 속하는 목표변수의 개체수/마디에 속하는 개체수의 비율로 83.2%를 나타냄. 이익지수(Index)는 6,462건의 설문응답 중 경로전환을 한다는 응답이 3,019건으로 비율이 46.7%이고, Node 7에 속한 응답의 83.2%가 경로전환을 한다고 응답하고 있으므로 178.1%로 계산됨

$$\text{이득비율, (Resp:\%)} = \frac{\text{목표변수의 개체의 수}}{\text{전체에서 목표변수의 개체의 수}} \times 100(\%) = \frac{208}{3019} \times 100 = 6.9\%$$

$$\text{이익지수, Index(\%)} = \frac{\text{노드에서의 목표변수의 비율}}{\text{전체에서의 목표변수의 비율}} \times 100(\%) = \frac{83.2}{46.7} \times 100 = 178.1\%$$



<표 6> 경로전환 여부를 예측하는 각 노드의 이익도표

노드 (Node)	노드에 대한 이익(Target Variable : Credit Ranking)											
	노드별(Node-by-Node)						누적(Cumulative)					
	노드(Node)		이득(Resp.)		응답 (Gain)	이익지수 (Gain Index)	노드(Node)		이득(Resp.)		응답 (Gain)	이익지수 (Gain Index)
	Node:N	Node:%	Resp:N	Resp:%			Node:N	Node:%	Resp:N	Resp:%		
7	250	3.9%	208	6.9%	83.2%	178.1%	250	3.9%	208	6.9%	83.2%	178.1%
6	569	8.8%	421	13.9%	74.0%	158.4%	819	12.7%	629	20.8%	76.8%	164.4%
8	683	10.6%	473	15.7%	69.3%	148.2%	1502	23.2%	1102	36.5%	73.4%	157.0%
9	1793	27.7%	1013	33.6%	56.5%	120.9%	3295	51.0%	2115	70.1%	64.2%	137.4%
4	2661	41.2%	803	26.6%	30.2%	64.6%	5956	92.2%	2918	96.7%	49.0%	109.9%
5	506	7.8%	101	3.3%	20.0%	42.7%	6462	100.0%	3019	100.0%	46.7%	100.0%

<표 7> 위험도표

실제 분석 (Actual Category)	예 측(Predicted Category)		
	경로전환	경로전환 안함	정확도(%)
경로전환 가능	2,115	904	3,019 (70.1%)
경로전환 안함	1,180	2,263	3,443 (65.7%)
전체 퍼센트	3,295 (51.0%)	3,167 (49.0%)	6,462 (100%)
최종 대입값(Resubstitution)			
위험도 추정값 (Risk Estimate)	0.323		
표준오차오류 (SE of Risk Estimate)	0.006		

다는 기존 최윤혁 등(2007, 2010)의 연구와 동일한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

위험도표를 통해 CHAID 분석을 검증한 결과, <표 7>과 같이 '경로전환 가능'에 대한 예측 정확도<sup>11)</sup>는 70.1%, '경로전환 안함'에 대한 예측 정확도는 65.7%로 분석되었다. 또한 경로전환 여부와 신호매체에 의해 분류된 전체 군집을 오분류할 위험 추정값은 0.323<sup>12)</sup>, 전체 분류정확도는 67.7%로 분석되어, 예측 정확도는 비교적 높게 나타난 것으로 판단된다.

4. 경로전환 판별모형 개발 및 검증

1) 개요

주행여건별로 각자의 신호매체를 이용한 운전자에 대하여 경로전환 여부에 따라 경로전환을 하는 운전자에게

<표 8> 판별모형 도입변수 요약

종속변수	독립변수		
경로전환 여부	주행여건 (a)	주행여건 양호 (a1)	
		주행여건 불편 (a2)	
		주행여건 불량 (a3)	
	신호매체 (b)	VMS (b1)	
		교통방송 (b2)	
		네비게이션 (b3)	
과거경험 (b4)			

는 명목척도 "1"을 부여하고, 경로전환을 하지 않는 운전자에게는 명목척도 "0"을 부여하였다. 경로전환에 의미 있는 영향을 미치고 있는 변수파악을 위해 Stepwise Method에 의한 분석을 실시하였으며, 변수선정 기준으로 Wilks Method를 이용하였다.

2) 판별모형 개발

(1) 공분산행렬 검증

판별분석은 다변량 정규분포를 가정하고, 또한 각 집단의 공분산이 동일하다는 가정 하에 성립된다. 집단에 대한 공분산행렬의 동질성을 Box검정을 통해 분석한 결과, Box검정의 유의확률이 0.139로 공분산이 동일하다는 귀무가설을 채택하게 되어 두 집단의 공분산 행렬이 동일하다고 정의할 수 있다.

<표 9> Box검정 결과(경로전환 여부 판별모형)

Box의 M		122.830
F	근사법	1.831
	자유도 1	3
	자유도 2	1.647E10
	유의확률	0.139

11) 정확도(Accuracy)는 의사결정트리가 얼마나 잘 분리되었는가를 나타내는 지표임

12) 위험도 추정값(Risk Estimate) =  $\frac{\text{오분류 위험개체의 수}}{\text{전체 범주의 개체의 수}} = \frac{904 + 1180}{6462} = 0.323$

**(2) 판별모형 유의성 검증**

판별분석 결과 1개의 판별함수가 도출되었으며, 주행여건과 신호매체 모두 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 본 분석의 경우 정준상관계수<sup>13)</sup>가 0.310, 고유값<sup>14)</sup>이 0.107, Wilks 람다<sup>15)</sup>이 0.904로 판별력이 매우 높은 편은 아니나, 카이제곱 검정의 유의확률이 0.000으로, 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 판별 요인에 대한 분석에서도 주행여건과 신호매체에 대한 Wilks 람다<sup>16)</sup>와 이를 F 통계량으로 환산한 값을 살펴보면 F 통계량의 유의확률이 0.05보다 작으므로, 집단간 판별점수의 평균 차이는 유의하다고 할 수 있다.

판별식에서 계수(절대값)는 변수간의 상대적인 중요도를 나타내는데, <표 11>의 판별요인에 대한 표준화된 정준판별함수 분석 결과, 신호매체보다 주행여건의 계수 절대값이 더 커서, 주행여건이 신호매체에 비해 더 큰 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

<표 10> 경로전환 여부에 대한 판별분석 결과

판별모형의 고유값	고유값	분산의 %	누적 %	정준상관계수
	0.107	100.0	100.0	0.310
함수의 검정	Wilks 람다	카이제곱	자유도	유의확률
	0.904	653.970	2	0.000*
판별요인 분석	구분	Wilks 람다	F 통계량	유의확률
	주행여건	0.909	649.788	0.000*
	신호매체	0.999	8.727	0.003*

주) \* : 유의수준 0.05에서 유의

<표 11> 정준판별 모형계수(경로전환 여부 판별모형)

변수	함수	
	표준화된 정준판별함수 계수	정준판별함수 (비표준화된 판별점수)
주행여건	1.002	1.132
신호매체	-0.239	-0.216
(상 수)	-	-1.635

**(3) 표준화 정준판별모형 정립**

정준판별함수(비표준화 정준판별함수)의 계수를 이용

하여 경로전환 여부에 대한 판별모형식을 정의하였다.

$$Z = -1.635 + 1.132 \times XF_i - 0.216 \times XM_j$$

여기서, Z : 경로전환여부

$XF_i$  : 주행여건(XF), (i : 1=주행여건 양호, 2=주행여건 불편, 3=주행여건 불량)

$XM_j$  : 신호매체(XM), (j : 1=VMS, 2=교통방송, 3=네비게이션, 4=과거경험)

판별모형식에 의해 구해진 판별점수가 분류기준보다 크면 집단 1(경로전환 가능), 작으면 집단 2(경로전환 안함)로 분류한다. 집단 1의 평균판별점수는 0.349이고, 집단 2의 평균판별점수는 -0.306으로, 분류기준은 이 두 집단 중심점(Cutting Point)의 평균으로 계산된다.

$$\text{중심점} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i C_i}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{n_1 C_1 + n_2 C_2}{n_1 + n_2}$$

여기서,  $n_i$  : 집단 i의 표본수

$C_i$  : 집단 i의 중심값

분류기준은 판별모형식에 의하여 중심점 0이 도출<sup>17)</sup>된다. 그러므로 판별모형에 의해 0보다 큰 값을 갖는 경우는 집단 1(경로전환 가능)에 분류되고, 0보다 작은 값을 가지면 집단 2(경로전환 안함)로 분류된다.

<표 12> 함수의 집단 중심점(경로전환 여부 판별모형)

구분	판별모형식	
	중심점 (Centroid)	집단 중심점 (Cutting Point)
경로전환 가능	0.349	0.0
경로전환 안함	-0.306	

**(4) 경로전환 판별모형의 정립**

Fisher의 선형 판별분석 결과, 경로전환 여부를 결정하는 각 집단별 1차 판별함수가 도출되며, 분류함수 계

13) 정준상관계수(Canonical Correlation Coefficient)는 판별점수와 집단간의 관련 정도를 나타내며, 정준상관계수가 클수록 판별력은 우수하다고 할 수 있음  
 14) 고유값(Eigenvalue)은 집단내 분산을 집단간 분산으로 나눈 값으로 고유값이 클수록 우수한 판별함수라 할 수 있음  
 15) Wilks 람다는 집단 내 분산을 총분산으로 나눈 비율로, 람다의 값이 작을수록 판별함수의 설명력이 높아진다고 할 수 있음  
 16) Wilks' A(람다) =  $\frac{\text{집단내분산}(SSM)}{\text{총분산}(SST)}$  값이 작으면, F 통계량이 커지고, F 통계량이 클수록 전체 분산비율이 크므로 판별력이 높아지게 됨  
 17) 중심점(Centroid) =  $\frac{3.019 \times 0.349 + 3.443 \times (-0.306)}{3.019 + 3.443} = 0$  (집단 1의 표본수 : 3,019, 집단 2의 표본수 : 3,443)

<표 13> 분류함수 계수

구분	경로전환 여부	
	경로전환 가능	경로전환 안함
주행여건	2.543	1.803
선호매체	1.638	1.779
(상수)	-5.365	-4.282

수는 <표 13>과 같다.

$$Z(\text{경로전환 가능}) = -5.365 + 2.543 \times XF_i + 1.638 \times XM_j$$

$$Z(\text{경로전환 안함}) = -4.282 + 1.803 \times XF_i + 1.779 \times XM_j$$

여기서,  $Z$  : 경로전환 여부  
 $XF_i$  : 주행여건( $XF$ ), ( $i$  : 1=주행여건 양호, 2=주행여건 불편, 3=주행여건 불량)  
 $XM_j$  : 선호매체( $XM$ ), ( $j$  : 1=VMS, 2=교통방송, 3=네비게이션, 4=과거경험)

3) 판별모형의 검증

개발된 판별모형의 판별력을 검증하기 위하여 집단별 판별을 수행한 결과, <표 14>와 같이 전체 판별적중률

<표 14> 경로전환 여부 판별모형의 판별적중률

구분	예측소속집단		전체	
	경로전환 가능	경로전환 안함		
빈도	경로전환 가능	1813	1206	3019
	경로전환 안함	1105	2338	3443
%	경로전환 가능	60.1	39.9	100.0
	경로전환 안함	32.1	67.9	100.0

(Hit Ratio)<sup>18)</sup>은 64.2%<sup>19)</sup>로 도출되었다. 집단 1(경로전환 가능)의 판별적중률은 60.1%, 집단 2(경로전환 안함)의 판별적중률은 67.9%로 나타났다. 따라서 본 판별식에 의한 판별은 일정수준 이상의 높은 판별력을 보이고 있다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

혼잡 완화 및 정체 해소를 위해서는 효율적이고 효과적인 교통정보 제공전략 및 교통관리전략 수립이 필요하며, 이를 위해서는 운전자 경로전환 행태와 영향요인들에 대한 연구가 선결적으로 필요한 바, 본 연구는 도로의 소통상황을 포함한 주행여건과 운전자의 정보매체 선호특성을 고려하여 경로전환 판별모형을 개발하고자 하였다.

운전자가 경로전환을 결정하는데 영향을 미치는 교통정보 선호매체와 주행여건과의 관계를 찾기 위해 CART 분석 방법을 이용, 경로전환 여부에 대하여 통계적으로 유의한 집단적 차이가 나타나는 도로교통상황 집단을 주행여건에 따라 분류하였다. 그리고, CHAID 분석을 통해 경로전환에 영향을 미치는 주행여건과 선호매체의 요소들에 대해 통계적으로 유의한 집단으로 구분하여, 경로전환에 영향을 미치는 주요 요인을 파악하였다. 마지막으로, 판별분석을 통해 주행여건과 선호매체가 경로전환에 미치는 영향정도의 파악 및 경로전환 여부에 대한 예측 판별모형을 개발하였다. 판별모형식 구축 결과, 경로전환은 선호매체보다 주행여건에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 전체 판별적중률(Hit Ratio)은 64.2%로 도출되어 일정수준 이상의 높은 판별력을 보이고 있었다.

① 표준화정준판별모형

$$Z = -1.635 + 1.132 \times XF_i - 0.216 \times XM_j$$

② 경로전환 판별모형

$$Z(\text{경로전환 가능}) = -5.365 + 2.543 \times XF_i + 1.638 \times XM_j$$

$$Z(\text{경로전환 안함}) = -4.282 + 1.803 \times XF_i + 1.779 \times XM_j$$

여기서,  $Z$  : 경로전환여부  
 $XF_i$  : 주행여건( $XF$ ), ( $i$  : 1 = 주행여건 양호, 2 = 주행여건 불편, 3 = 주행여건 불량)  
 $XM_j$  : 선호매체( $XM$ ), ( $j$  : 1 = VMS, 2 = 교통방송, 3 = 네비게이션, 4 = 과거경험)

18) 판별적중률은 판별식이 대상을 얼마나 잘 분류하는가를 나타내는 정도  
 19) 경로전환에 대한 의향이 강해 우회를 할 운전자라고 예측한 집단이 1,813명이고, 경로전환에 대한 의향이 없어 우회를 하지 않을 운전자라고 예측한 집단이 2,338명으로, 전체적중률은 64.2%로 산출됨  
 전체 판별적중률(Hit Ratio) =  $(\frac{1813}{6462} + \frac{2338}{6462}) \times 100 = 64.2\%$

## 2. 향후 연구과제

전술한 것과 같이 본 연구는 도로교통상황별로 운전자의 선호매체에 대한 변수를 입력하였을 때 해당 도로를 이용하는 운전자들의 경로전환 가능성을 찾는 것이 주목적이고, 또한 일반적으로 설문 시 보통 이상 혹은 이하로 답변한 응답자가 특정한 선호도를 갖고 있다고 판단되기 때문에 보통의 선호도를 갖는 응답자에 대해 다소 보수적인 측면에서 접근하여 분석하였다. 따라서, 경로전환 분석에서 보통 수준의 선호도를 보인 운전자들 경로전환하지 않을 것으로 판단하였으나, 이를 '경로전환 가능'에 포함하였을 경우, 다른 요인들이 어떻게 변화하는지에 대해서 추후 검토할 필요가 있다.

또한, 본 연구결과는 각 정보매체에 대하여 '선호' 이상의 선호도를 갖는 표본 집단을 분석한 결과로, 무작위 표본이 아님으로 인해 분석 결과의 보편화에 다소 제약이 있으며, 향후 이에 대한 추가 및 보완 연구가 필요할 것으로 판단된다.

도로교통상황을 3개의 수행여건 집단으로 구분하여 분석하였지만, 보다 효과적인 교통정보 제공전략 및 교통관리전략을 수립하기 위해서는 도로교통상황을 좀 더 세분화시켜야 할 뿐 아니라, 성별·연령대·통행목적 등 개인 특성을 고려하여 복합적으로 경로전환 여부를 분석할 필요가 있다. 또한, 각 매체가 가진 고유의 특성이 다르므로, 독특한 매체별 특성에 기반하여 정보를 제공할 수 있는 전략에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 이를 위해 교통정보의 표현방법, 표현내용, 제공정보에 대한 운전자의 반응행태 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

특히 실시간 정보제공매체에 대한 이용도 및 호감도가 증가하고 있으며, 향후 스마트폰을 중심으로 한 소셜네트워크서비스(SNS)가 확대되는 추세에서 정보매체의 선호도와 과거경험을 중요시하는 현상이 향후에도 지속되는지 모니터링할 필요가 있다. 왜냐하면 트위터, 페이스북, 미투데이 등으로 대표되는 SNS는 일반적으로 친밀도가 높은 관계를 대변하기 때문에, SNS를 통한 교통정보는 매체를 통해 제공되는 교통정보보다 이용자에게 더 신뢰받을 가능성이 있다. 따라서 이러한 정보제공매체의 변화 추세에 따른 운전자의 반응행태 변화를 분석하고, SNS 매체 특성을 고려한 교통정보 제공전략을 수립하는 것이 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

1. 최윤혁·최기주·고한검(2010) “소통상황에 따른 정보매체별 우회이용률 분석”, 대한교통학회지, 제28권 제1호, 대한교통학회, pp.39~49.
2. 손승녀(2010) “행동예측이론에 의한 운전자 경로전환 모형개발”, 명지대학교, 박사학위논문.
3. 최윤혁·최기주·고한검(2009) “도로 소통상황과 우회율과의 상관분석”, 대한교통학회지, 제27권 제2호, 대한교통학회, pp.57~71.
4. 김일평(2008) “우회행태분석을 통한 교통정보 제공전략에 관한 연구”, 홍익대학교, 박사학위논문.
5. 최윤혁·최기주(2008), “고속도로 우회교통량 추정 방법론에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제26권 제1호, 대한교통학회, pp.79~88.
6. 최윤혁·최기주·오승훈(2007) “운전자 경로전환 의사결정에 작용하는 정보매체에 관한 연구”, 대한토목학회지, 제27권 6D호, 대한토목학회.
7. 김혜란·전경수·박창호(2004) “관측 교통정보를 이용한 통행중 경로전환행태 모형”, 대한교통학회지, 제22권 제3호, 대한교통학회, pp.137~144.
8. 최기주·장정아·김성현·김종식(2004) “VMS 우회정보 제공에 따른 우회율 분석(국도3호선을 중심으로)”, 대한토목학회 논문집, 제24권 6D호, 대한토목학회.
9. 최기주·장정아(2004) “게임이론에 기반한 VMS 운영모형”, 대한토목학회 논문집, 제24권 2D호, 대한토목학회.
10. 강병서·김계수(2009), “사회과학 통계분석”, 한나라이카카데미.
11. A. J. Khattak, Xiaohong Pan, Billy Williams, Nagui Roupail, Yingling Fan(2008) “Traveler Information Delivery Mechanisms: Impact on Consumer Behavior”, Transportation Research Record Vol. 2069.
12. A. J. Khattak, Koppelman, F. S., and Schpfer, J. L.(1993) “Stated preferences for investigating commuter's diversion propensity”, Transportation Research A, Vol. 20.

✉ 주 작성자 : 최윤혁

✉ 교신저자 : 고한검

✉ 논문투고일 : 2010. 10. 11

✉ 논문심사일 : 2010. 11. 18 (1차)

2010. 12. 3 (2차)

✉ 심사판정일 : 2010. 12. 3

✉ 반론접수기한 : 2011. 4. 30

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필