

VMS(Variable Message Sign)를 통한 교통정보 제공이 운전자의 운행경로 전환에 미치는 영향 분석[†]

The Influence of Traffic Information based on VMS(Variable Message Sign)
on the Selection of Drivers' Route

정헌영* · 손수란** · 이정호***

Jung, Hun Young · Son, Su Ran · Lee, Jeong Ho

Abstract

The provision of traffic information plays an important role in increasing social benefit not only by saving travel time for individuals but also by improving the efficiency of road operation. VMS(Variable Message Sign) helps on-wheel drivers easily understand the road situation, and also provides real-time traffic information to people on the streets. However, it has not been sufficiently studied on how traffic information based on VMS influences on the drivers' selection of route. This study investigated how drivers use VMS traffic information and how they are satisfied with it. Then, the model of drivers' route selection was specified with the types of traffic information and the expected travel time to examine the influence on the selection of drivers' route. The model was estimated and analyzed in three types according to the condition of detour roads, and the rate of route change and the degree of sensitivity was calculated from the estimation. The results of analysis are as follows. the 1st type model showed the 10% of route change for the travel time saving of 5minutes, and the 81.6% of route change for the travel time saving of 20minutes. The 2nd type led to the range of route change from 14.2% to 92.7% over the 5 through 20 minutes of travel time saving. The 3rd model resulted in the 99.1% of route change. The sensitivity of route change showed the highest for the travel time saving of 11 minutes with the 1st type model, 9 minutes with the 2nd type model, and 5 minutes with the 3rd type model respectively.

Keywords : VMS(Variable Message Sign), drivers' selection of route, travel time saving, rate of route change, sensitivity

요 지

교통정보 제공은 개인의 통행시간 절약뿐만 아니라, 도로 운영의 효율성을 향상하여 사회적 편익을 증진시키는데 중요한 역할을 한다. 그 중에서 VMS(도로전광판 Variable Message Sign: 이하 VMS)는 운전자가 주행 중에 쉽게 이해할 수 있게 함은 물론 불특정 다수에게 실시간으로 정보를 제공하는 수단으로 이용되고 있다. 그렇지만 VMS로부터 제공되는 정보가 운전자의 경로 선택에 있어서 어느 정도의 영향을 미치는지를 명확히 밝히고 있는 연구는 부족한 상태이다. 본 연구에서는 운전자들의 VMS 교통정보 이용 형태 및 이용 만족도 등에 대해 살펴보고, VMS 정보에서 통행시간이 수치적으로 표현되었을 때, 경로선택에 영향을 미치는지에 대한 경로전환 예측모형을 구축하였다. 경로전환예측 모형은 우회도로의 상태에 따라 조건I, 조건II, 조건III으로 구분하여 확률을 추정하였다. 또한 VMS 교통정보 제공으로 인해 발생하는 운전자의 통행단축시간에 따른 전환율과 그에 따른 민감도를 도출하였다. 본 연구의 결과로, 조건I의 경우 단축시간 5분에서 10.0%의 전환율을 보이지만 단축시간이 20분일 때 81.6%까지 늘어났다. 조건II에서는 단축시간이 증가함에 따라 14.2%에서 92.7%까지, 조건III은 최대 99.1%의 전환율의 결과를 나타냈다. 각 조건별 통행단축시간에 따른 전환확률 민감도 분석에서는 조건I일때 약 11분, 조건II는 약 9분, 조건III은 약 5분의 통행단축시간에서 민감도가 가장 높게 나타났다.

핵심용어 : 도로전광판(VMS), 통행단축시간, 경로전환, 전환율, 민감도

[†]본 논문은 2010년 대한교통학회 부산·울산·경남지회(2010. 4. 23)에서 발표된 내용을 수정, 보완하여 작성한 것입니다.

*정회원 · 부산대학교 도시공학과 교수 (E-mail : huyjung@pusan.ac.kr)

**한국건설기술연구원 연구원 (E-mail : suran922@nate.com)

***정회원 · 교신저자 · 부산발전연구원 위촉연구원 (E-mail : tg-35@hanmail.net)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통정보 제공은 개인의 통행시간 절약뿐만 아니라, 도로 운영의 효율성을 향상하여 사회적 편익을 증진시키는데 중요한 역할을 한다. ITS 시스템을 구성하는 분야중의 하나인 첨단교통정보시스템(Advanced Traveler Information System: ATIS)은 도로 이용자들에게 교통상황, 경로 등 기타 유용한 정보를 공급하는데 적용된다. 이를 통해 운전자는 교통상황을 판단하여 운행계획을 세우고, 개인에게 맞는 최적경로를 선택함으로써 효율적인통행을 할 수 있도록 영향을 미치며, 특히 혼잡이 예상되는 곳의 교통량을 분산시키는데 적용된다¹⁾.

이러한 교통정보는 교통 방송과 VMS, 인터넷, ARS, 휴대폰, KIOSK 등의 매체를 통하여 제공되고 있으며, 그 중에서 VMS(도로전광판 Variable Message Sign: 이하 VMS)는 운전자가 주행 중에 쉽게 이해할 수 있도록 불특정 다수에게 실시간으로 제공하는 수단으로 이용되고 있다. 그렇지만 VMS로부터 제공되는 정보가 운전자에게 얼마나 쉽고, 정확하게 인식되는지, 이러한 정보를 받은 운전자는 경로 선택에 있어 어느 정도의 영향을 받는지를 명확히 밝히고 있는 연구는 부족한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 운전자들의 VMS 교통정보 이용 형태 및 이용 만족도 등에 대해 살펴보고, VMS에서 제공되는 통행시간 정보가 주행경로 전환 형태에 어느 정도 영향을 미치는지 알아보하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 VMS를 통해 제공되는 교통정보로 인하여 차량 운전자의 운행경로 전환에 미치는 영향을 분석하고, 제공받은 정보로부터 단축시간의 정도에 따라 기존 경로에서 다른 경로로 전환하는 전환율 예측 모델을 구축하였다. 전환율 예측을 위한 전환모형은 기존에 이용하던 경로와 새로운 경로 중에 하나를 선택하는 이항로짓모델(Binary Logit Model)을 사용하였다. VMS의 정보를 통한 경로전환에 있어서 통행단축시간 뿐만 아니라 우회경로의 상태와 우회경로의 인지여부에 따라 시나리오를 설정하고, 시나리오 결과를 바탕으로 운전자의 경로전환 확률 예측모형 구축을 실시하였다. 또한, 구축된 경로전환 모형을 바탕으로 VMS 정보를 통한 통행단축시간에 따른 경로전환에 대한 민감도를 분석하였다.

2. 관련연구 및 VMS 현황

2.1 VMS에 관한 연구동향

VMS에 관한 연구로는 VMS를 통한 정보제공 전략에 따른 연구, VMS에서 제공된 정보의 가치산정에 관련된 연구, VMS를 통해 경로선택에 미치는 영향 연구 등이 있다. VMS를 통한 정보제공전략에 관한 연구를 살펴보면, 김숙희 외(2006)는 VMS에 표출된 메시지의 내용을 통해서 도로망 전체의 총 통행시간을 최소화할 수 있는 경로선택모형을 제시하였다. SP조사를 바탕으로 VMS를 통해 제공되는 메시지

내용과 표출주기가 주어졌을 때 최적의 VMS 정보제공 조합과 주기를 도출하였다. 그 결과는 VMS 정보의 표출주기가 짧을수록 메시지 종류는 적고, 표출주기가 길수록 메시지 종류는 많은 것이 좋은 것으로 나타났다.

이준 외(2007)는 효율적인 교통 정보제공을 위해 기존에 이용되고 있는 정보 제공 과정을 분석하고, 교통량에 대한 효과적인 분산을 유도할 수 있도록 고려해서 정보 제공 방법을 제시하였다.

김장욱 외(2008)는 고속도로 상에 설치되어 있는 VMS를 통해 제공되는 교통정보에 대한 도로 이용자들의 만족도 모형을 개발하고, 만족도에 영향을 미치는 요인들을 분석하여 교통정보에 대한 도로 이용자의 감성인식의 변화를 확인하였다. 장정아 외(2005)는 고속도로에서의 우회국도 교통정보 제공에 따른 경로 전환효과분석 연구를 실시하였다. 또한, 경로에 대한 운전자들의 인지도 변수를 사용하여, 경로선택에 영향이 있음을 나타내었고, 고속도로의 통행시간 가치값을 계량화하여 제시하였다. 유태호 외(2007)는 VMS에 대한 화폐적 가치를 산출하고, 단·장거리 통행을 기반으로 교통정보에 따른 운전자 형태를 분석하는데, VMS문자의 정량 및 정성적 교통정보를 통해 효율성과 그 효과의 차이에 대한 결과를 제시하였다.

Khattak 외(1993)는 운전자가 대안 노선에 익숙하고 통행시간이 길어질수록 경로 전환의 빈도가 높으며, 또한 새로운 노선의 이용을 선호하고, 새로운 노선을 찾고자 하는 성향의 운전자들이 경로를 전환하는 경우가 높다고 하였다. 또한 운전자가 경로전환 의사결정에 이용하는 정보는 매체를 통한 것보다 직접 관측한 정보가 더 높은 비중을 차지한다고 제시하였다. Emmerink 외(1996)는 차량 운전자가 다양한 종류의 정보 제공 매체로부터 교통 정보를 제공받을 경우 정보의 효과는 커지지만, 각각 다른 매체에서 제공되는 정보 내용이 다를 경우에는 각 매체들이 제공하는 정보들의 신뢰도가 낮아진다고 해석하였다.

이와 같이 VMS에 관련한 선행연구들을 살펴보면 정보 제공 방법론을 제시하여 효율적인 표출 방안에 관해 연구하고 있다. 또한 이용자 만족도 모형 개발을 바탕으로 정보 제공에 따른 이용자 만족에 대한 영향 요인을 분석하고, 정보 제공에 관한 효과치 등을 분석하는 연구들이 행해졌다. 본 연구에서는 기존연구들과는 달리 VMS 정보의 종류뿐만 아니라 통행시간이 수치적으로 표현되었을 때, 운전자들의 경로선택에 있어서 어떠한 영향을 미치는지를 알아보거나 경로전환 예측모형을 구축하고자 한다. 또한 우회도로의 상태에 따른 경로전환확률의 차이에 대해서도 알아보거나 한다. 이를 통하여 단축시간의 정도에 따른 경로전환 탄력도에 대해서도 도출하고자 한다.

2.2 부산시 VMS 현황

부산시는 1997년부터 연차적으로 VMS를 구축하기 시작하였으며, 설치장소는 주로 도시고속진입로 주변, 주요 간선도로, 주요 도로 분기점 등 교통정체 및 우회도로 선택 가능 지점이다. 부산시 교통안내 전광판 구축현황은 2008년을 기준으로 표 1에 제시된 바와 같이, 총 79개소(도형식 23개소, 문자식 56개소)가 설치 운영되고 있다. 이 중 민자 유치에

1) 원제무 외(2003), 첨단교통론. 한울아카데미, p. 22.

표 1. 부산시 교통안내 전광판 구축현황

구분	1997.9	2000.10	2001.10	2002.9	2003.9	2004.7	2005.11	2006.12	2007.12	2008	합계
사업량 (누적)	35 (35)	7 (42)	8 (50)	9 (59)	6 (65)	3 (68)	5 (73)	3 (76)	2 (78)	1 (79)	79

자료 : 부산광역시, VMS설치 현황보고서(2009)

의한 35개소의 문자식 VMS가 운영되고 있고, 부산시에 의해 44개소가 운영되고 있다. 향후 추가 설치 계획으로는 간선도로 교통종합개선사업, 교통사고 잦은 곳 사업 등 연차적으로 추진 중이다.

3. 자료의 수집 및 구성

3.1 조사의 개요

본 연구에서는 VMS에서 제공되는 교통정보의 이용실태와 교통정보가 운전자의 경로 선택에 미치는 영향을 알아보기 위해, 부산시의 운전자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. VMS의 이용특성 및 선호도 분석에 있어서 운전자만을 대상으로 한 이유는, 실제 운전자를 대상으로 하여야 보다 정확한 결과를 도출할 수 있을 것이라 판단되었기 때문이다. 설문조사의 표본은 임의추출 방식으로 2009년 11월에 총 20 일간에 걸쳐서 조사자와 응답자 1:1 면접조사 방식으로 실시하였다. 총 310명을 조사하였고, 이에 대한 유효응답부수는 310부로 100%의 유효응답률을 나타냈다. 설문조사의 내용은 응답자의 개인속성, 평소 VMS에 대한 이용자의식, 가상시나리오를 통한 경로선택여부, 통행시간 단축 단계에 따른 경로 전환 여부 등으로 구성되어있다. 설문조사단계에서 응답자들의 이해를 돕기 위하여 VMS에 대한 자료와 각 조사문항에 대한 설명을 충분히 제공한 후 실시하여, 이해부족 등의 이유로 인한 조사의 오류를 미연에 방지하였다. 조사의 개요에 대해서는 표 2에 제시되어 있다.

3.2 조사자료의 구성

설문조사의 각 요인별 세부 항목에 대해서는 표 3에 나타난 것과 같다. 각 항목을 살펴보면, 개인특성, VMS 이용의식, VMS 정보를 통한 경로전환 여부, VMS를 통한 통행단축시간에 따른 경로전환여부 등으로 이루어져 있다.

표 2. 조사의 개요

조사일시	• 2009년 11월 2일 ~ 11월 21일(20일간)
대상	• 부산시 차량운전자
조사방법	• 1:1 면접조사
표본수	• 총 표본수 : 310부, 유효부수 : 310부
내용	• 응답자 개인속성 • VMS에 대한 이용자 의식 • VMS 정보 내용에 따른 경로 변경 여부 • VMS를 통한 통행시간단축에 따른 경로 전환 여부

먼저, 개인속성의 항목으로는 성별, 연령, 운전빈도 등 개인의 일반속성 및 운전특성에 대한 항목으로 구성되어 있다. 다음으로 VMS 이용의식에서는 평소 운전 시에 VMS 확인 여부와 VMS 정보의 상세성, 정확성, 연관성, 이해성 등 VMS에서 표출되는 내용에 대한 이용자 의식에 대해 조사하였다.

VMS 정보 내용에 따른 경로 변경 여부는 VMS에서 표출된 정보의 내용이 “서행 / 차량증가로 인한 서행 / 도로공사로 인한 서행 / 사고발생으로 인한 서행 / 정체 / 부분정체 / 차량증가로 인한 정체 / 도로공사로 인한 정체 / 사고발생으로 인한 정체” 등 9가지로 표현되었을 때, 응답자들의 통행경로의 변경 여부에 대하여 질의하였다.

VMS 정보제공에 따른 선호의식 조사에서는 각 상황에 따라 3가지의 가상시나리오를 설정하였다. VMS로부터 제공받은 정보로부터 단축시간이 달라짐에 따라 우회경로로 전환 할지에 대하여 “예 / 아니오”의 이항선택으로 조사를 실시하였다. 또한, 우회경로로의 전환여부에 대하여 우회경로의 조건에 따라 가상의 조건을 3가지로 구분하여 제시하였다. 가상의 3가지 조건은 우회경로의 인지여부와 도로환경에 따라 조건I은 평소 “운전자가 우회경로를 잘 알지 못한다”는 조건이며, 조건II는 “우회경로를 알고 있지만 운전하기 불편

표 3. 설문조사의 각 요인별 세부 항목

설문조사 자료요인		세부항목		
개인특성 자료	• 성별 • 운전횟수/7일 • 운전경력(년)	• 연령 • 차량 운행비/월	• 운전시간대 • 평균운전시간/1일	
VMS 이용의식	• VMS 확인여부 • VMS 상세성	• VMS 정확성 • VMS 연관성	• VMS 이해성 • VMS 정보가치	
정보 내용에 따른 경로 변경 여부	• 서행 • 사고발생으로 인한 서행 • 차량증가로 인한 정체	• 차량증가로 인한 서행 • 정체 • 도로공사로 인한 정체	• 도로공사로 인한 서행 • 부분정체 • 사고발생으로 인한 정체	
전환율 예측 모형	조건I	• 기존 경로 소요시간 : 60분, 우회경로 이용시 통행 단축시간 제시 • 우회경로 길은 잘 알지 못한다.		
	조건II	• 기존 경로 소요시간 : 60분, 우회경로 이용시 통행 단축시간 제시 • 우회경로 길은 잘 알고 있고, 운전하기 불편하다.		
	조건III	• 기존 경로 소요시간 : 60분, 우회경로 이용시 통행 단축시간 제시 • 우회경로 길은 잘 알고 있고, 운전하기 불편함이 없다.		

하다”이며, 조건Ⅲ은 “우회경로를 알고 있고, 운전 불편함이 없다”는 조건이다. 각 조건별로 단축시간이 제시되었을 때 경로전환 여부에 대해서 파악하였다.

4. VMS이용에 의한 운행 경로 전환 분석

4.1 개인특성 및 VMS 이용특성 결과

설문조사의 개인 및 통행특성 결과는 표 4와 같다. 개인 특성으로는 남성이 76.1%로 나타났으며, 연령에서는 30대가 44.5%를 가장 많은 수를 차지하였다. 교통특성으로는 우선, 월평균 차량운행비는 15만원~20만원, 운전경력은 5년~10년 미만, 운전빈도는 매일 운전하는 응답자수가 가장 많은 것으로 나타났다. 주 운전시간대에서는 출퇴근시간대에 운전하는 비율이 가장 높았으며, 1일 평균 운전시간으로는 30분~1시간 사이의 응답이 가장 많은 것으로 나타났다.

설문 응답자들의 평소 VMS 이용자 의식에 대해서 알아본 결과는 그림 1에서 나타난 것과 같다. VMS 정보의 정확도에 대한 인식에서는 긍정적 답변(그러함 또는 매우그러함)보다 부정적 답변(아님 또는 전혀 아님)이 다소 높은 결과를 보여, 정보의 신뢰성은 낮은 것을 알 수 있다. 정보의 이해성 측면에서는 긍정적 답변이 37.7%를 차지하여, 이해성이 40%에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이는 VMS 정보의 표출에 있어 문제가 있음을 나타내는 결과로 볼 수 있다. 정보의 상세성 측면에서는 부정적 응답이 38.4%를 보여 긍정적 응답의 13.3%보다 높은 결과를 보이고 있어, VMS

표 4. 설문응답자의 개인 및 통행특성

구분		응답(%)	구분	응답(%)	
성별	남	76.1	5만원미만	3.5	
	여	23.9	5~10만	8.7	
	합계	100.0	10~15만	17.7	
연령	20대	18.4	차량 운행 비	15~20만	45.5
	30대	44.5		20~30만	19.7
	40대	28.4		30만이상	4.8
	50대	8.4		합계	100
	60대	0.3			
	합계	100.0			
운전 경력	5년미만	21.0	운전 빈도	거의안함	4.2
	5년~10년미만	33.5		1~2회	17.1
	10년~15년미만	24.5		3~4회	16.1
	15년~20년미만	15.5		5~6회	8.1
	20년이상	5.5		매일	54.5
	합계	100.0		합계	100.0
운전 시간 대	출퇴근시간	82.6	운전 시간 (1일)	30분이내	11.0
	9~12시	3.9		30분~60분	59.4
	12~18시	5.2		1시간~1시간30분	20.3
	18~21시	6.8		1시간30분~2시간	5.2
	21시이후	1.6		2시간이상	4.2
	합계	100.0		합계	100.0

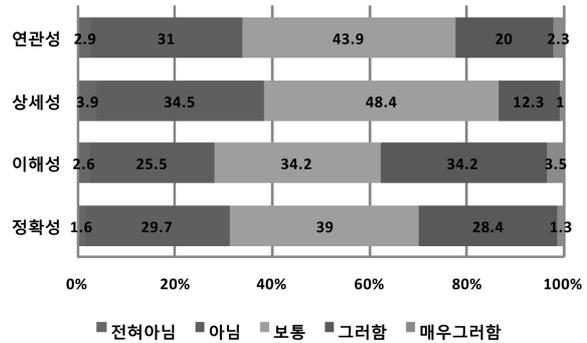


그림 1. VMS 이용자 의식 결과

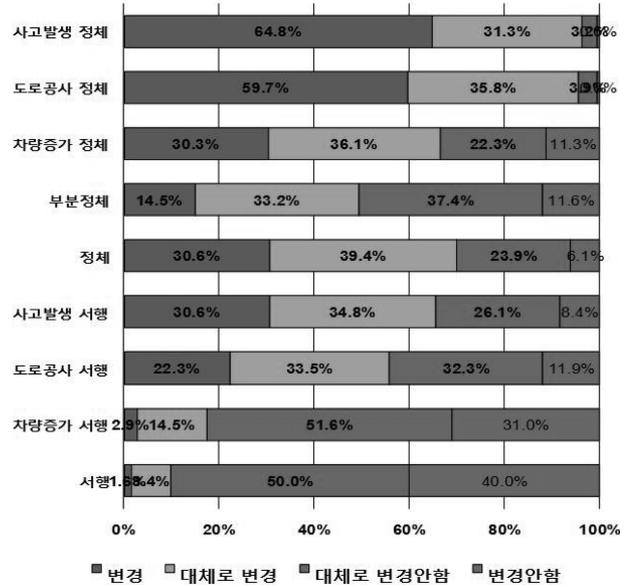


그림 2. VMS 정보 종류에 따른 경로전환 여부

정보의 내용에 부족함을 느끼고 있는 것을 알 수 있다. 마지막으로 운행경로와의 연관성에 대해서는 연관성이 있다는 응답(그러함 또는 매우그러함)이 22.3%밖에 되지 않아 VMS의 효율성이 그리 높지 않은 결과를 보였다.

그림 2에서 보는 바와 같이, VMS의 정보 표출 종류에 따른 경로전환 빈도의 항목에서는 “서행”의 정보 표현보다 “정체”의 정보가 표시되었을 경우 대체적으로 경로를 변경할 확률이 높은 것으로 나타났다. 그리고 서행이나 정체의 정보가 표시되었더라도 구체적 정보의 종류에 따라 경로를 전환하는 빈도가 다른 결과를 보였다. 서행과 정체의 표출 모두에서 사고발생이란 내용이 표출되었을 때 경로를 전환하는 확률이 가장 높은 것을 알 수 있다. 결과적으로 정체나 서행의 원인이 표시된 경우가 원인이 표시되지 않은 경우보다 대체로 경로를 전환하려는 의사가 높은 것을 알 수 있다.

4.2 VMS 정보를 통한 경로전환 선호도 분석

본 연구에서는 VMS를 통한 통행시간 단축에 대한 전환율 예측모형을 구축하기 위해, 설문조사에서 가상시나리오를 설정하여 조사를 실시하였다. 가상시나리오의 내용은 운전자가 가고자 하는 목적지까지 평소 이용하는 경로로 통행할 경우

소요될 평균 통행시간이 60분이며²⁾, 사고가 발생했다는 상황을 전제하였다. 또한 우회경로의 도로 상태를 기준으로 구분한 각 시나리오에 대해서 VMS를 통해 제공되는 예상 통행시간 단축에 따라 우회경로로의 변경여부를 질의하였다. 예상 통행 단축시간은 5분단위로 1수준 5분에서 4수준 20분까지 총 4단계로 설정하였다. 설정된 각 변수와 각 조건 하에서의 조건I과 조건II, 조건III에 대해 각각 4가지 수준으로 조사하여 총 응답의 경우의 수는 총 12가지로 이루어져 있다. 이렇게 설정된 VMS를 통한 예상 통행 단축시간에 따른 변수 수준의 결과는 표 5에 나타나 있다. 설정된 각 조건별로 VMS로부터 제공받은 통행시간 단축 정보에 따른 경로의 변경여부에 대한 응답 결과는 표 6과 같다.

통행단축시간이 커질수록 더 많은 수의 운전자가 다른 경로로의 변경을 선택하는 것으로 나타났다. VMS를 통해 예상되는 통행 단축 시간이 증가할수록 우회경로에 대한 세가지 조건 모두에서 다른 경로로 변경을 하는 응답이 높아지는 결과를 보이고 있다. 또한 같은 수준의 통행 단축시간의 조건

표 5. 조건에 따른 변수의 수준 결정

구분	우회경로의 조건	예상 통행 단축시간			
		1수준	2수준	3수준	4수준
조건I	우회경로의 길을 잘 알지 못한다.	5분	10분	15분	20분
조건II	우회경로의 길은 잘 알고 있다. 단, 도로선형, 교차로, 사고위험 등 구조적·환경적 요인으로 인해 운전하기에 불편하다.	5분	10분	15분	20분
조건III	우회경로의 길을 잘 알고 있다. 운전하기에 불편함이 없다.	5분	10분	15분	20분

표 6. 조건별 VMS를 통한 통행시간 단축에 따른 경로 전환 빈도결과

구분	단축시간	전환함	전환안함
조건I	5분	11.6%	88.4%
	10분	28.7%	71.3%
	15분	53.2%	46.8%
	20분	82.6%	17.4%
조건II	5분	15.8%	84.2%
	10분	41.3%	58.7%
	15분	71.9%	28.1%
	20분	94.2%	5.8%
조건III	5분	45.5%	54.5%
	10분	83.5%	16.5%
	15분	95.2%	4.8%
	20분	98.7%	1.3%

2) 실제 본 설문조사에서 1일 평균 운전시간은 30분~1시간 이내의 응답이 가장 많은 분포를 나타내었지만, 본 연구에서 최초 설문조사표 작성에 있어 가상경로의 통행시간을 60분으로 설정한 이유는, 사전 조사에서 부산시 내의 운전자들이 이 통행 시간대를 운전하는 경우가 가장 많이 분포하고 있기 때문이다 (장석용 외, 2008).

으로 비교해 볼 때, 조건I보다는 조건II가, 조건II보다는 조건III이 우회경로로 전환할 확률이 높게 나타남을 알 수 있다.

4.3 VMS 정보 이용에 따른 전환율 예측

4.3.1 전환율 예측 모형의 개요

본 연구에서는 이항로짓모형(Binary Logit Model)을 이용하여 VMS를 통한 통행단축시간에 따른 경로전환 여부에 대한 이용예측모형을 구축하였다. 로짓모형은 IIA(Independence if Irrelevant Alternative Property) 특성 등의 이론적 한계는 있지만, 함수형태가 간단하고, 계수 추정 등 조작성이 높기 때문에 교통수요 예측 분야에서 널리 이용되고 있다. 이항로짓모형의 확률 예측 식을 표현하면 다음 식 (1)과 같다.

$$P_i(i) = \frac{\exp(V_i)}{\sum \exp(V_j)} \quad (1)$$

$$U_{ij} = V_{ij} + \epsilon_{ij}, \quad V_{ij} = \sum \theta_k x_{ijk}$$

여기서, $P_i(i)$ = 선택수단 i 를 선택할 확률

U_{ij} = 개인 j 가 선택수단 i 로부터 얻을 효용

V_{ij} = 개인 j 의 선택수단 i 로부터의 효용의 확정항

ϵ_{ij} = 효용함수 U_{ij} 의 오차항

앞에서 조사된 시나리오인 조건I, 조건II, 조건III의 기준에 따라 예상되는 경로전환 확률 모형을 구축하기 위하여, 각 조건별 유의한 변수를 사용하였다. 종속변수로는 우회경로 조건I, 조건II, 조건III에 대하여 각각 VMS에서 제공되는 정보에 의한 경로전환 여부를 대상으로 하였으며, 독립변수로는 공급특성 변수인 통행 단축 시간과, 수요특성 변수인 개인 일반속성 및 운전특성 변수로 구성하였다. 개인 일반속성 변수에는 성별, 연령으로 구성되어 있으며, 운전특성변수는 운전경력, 운전시간, 운전 빈도로 구성되어 있다. 통행시간, 연령, 운전경력, 운전빈도, 1일 운전시간은 연속형 변수로 설정하였으며, 성별, 운전시간대는 범주형 변수로 취급하였다. 운전시간대는 실제 설문에서 5가지 보기로 조사하였으나, 출·퇴근시간과 그 외의 시간으로 2단계로 분류하여 분석하였다. 수요 예측모형에 사용되는 변수의 세부 내용은 표 7에 나타난 것과 같다.

4.3.2 전환율 예측 모형의 결과

전술된 각 변수들을 이용하여 각 조건별 경로 전환율 예측모형을 구축하였다. 우선, 통행 경로전환에 영향을 미칠 수 있다고 여기는 모든 변수를 대상으로, 상수항만으로 모형을 시작하여 각 단계마다 모든 변수 중에서 통계량의 유의수준이 진입수준보다 낮은 변수만을 선별하여 유의확률이 가장 낮은 변수부터 순차적으로 진입변수로 선정하는 전진법(forward)을 사용하였다. 이 때 각 계수의 유의성 검증은 Wald³⁾값을

3) 두 개의 다른 통계적으로 동등한 검정법으로 Wald검정법과 Score검정법이 있다. 로지스틱 회귀모형에서의 각 회귀계수에 대한 유의성 검증은 Wald 값에 의해 검증된다. Wald검정법은 모수 $\beta_1 = 0$ 하에서 표준정규분포를 한다는 사실을 이용하는 검정법이다.

$$\text{Wald 통계량 값} = \left(\frac{\text{회귀계수추정치}}{\text{표준오차}} \right)^2$$

표 7. 전환 예측 모델 변수

변수		변수 특징	
공급특성	통행단축시간	각 조건별 제시(5분~20분)	
수요특성	개인 속성 변수	성별	1=남, 2=여
		연령	1=20대, 2=30대, 3=30대, 4=50대, 5=60대
		차량운행비	1=5만원미만, 2=5~10만원미만 3=10~15만원 미만, 4=15~20만원 미만, 5=20~30만원 미만, 6=30만원 이상
	운전 특성 변수	운전경력	1=5년미만, 2=5~10년, 3=10~15년, 4=15~20년, 5=20년이상
		운전빈도	1=거의안함, 2=1~2번, 3=3~4번, 4=5~6번, 5=매일
		운전시간대	1=출·퇴근시간, 2=그 외시간
		1일운전시간	1=30분 이내, 2=30~60분 이내, 3=60분~90분 이내, 4=90분~120분 이내, 5=120분 이상

사용하였으며, 유의수준 0.05에서 유의한 변수들만을 대상으로 모형을 구축하였다. 조건I과 조건II에서는 총 5단계가 적용되었으며, 조건III은 총 4단계에서 모형이 구축되었다.

조건I(우회경로의 길을 잘 알지 못한다) 모형에 포함된 변수는 단축시간, 성별, 운전빈도, 1일운전시간 등 총 4가지 변수가 포함되었으며, 조건II(우회경로를 잘 알지만 운전하기 불편하다)는 단축시간, 성별, 운전시간대, 1일운전시간 등 조건I과 같이 4가지 변수가 포함되었다. 반면 조건III(우회경로의 길은 잘 알고 운전하기 불편함 없다)에서는 총 3가지 변수로, 조건II에서 포함된 변수 중에서 성별의 변수가 제외된 나머지 변수들이 적용되었다. 연령과 차량운행비, 운전경력은 조건I, II, III 모두에서 통계적으로 유의하지 않아 모형에 포함되지 않았다.

조건I, II, III 모두에서 단축시간은 양(+)의 부호를 나타내어, 우회경로의 단축시간이 높을수록 경로를 전환할 확률이 높아지는 결과를 나타냈다. 1일운전시간 역시 양(+)의 부호를 나타내어, 운전시간이 긴 운전자일수록 경로 전환율이 높게 나타났다. 이는 오랜 운전시간으로 이동거리가 긴 운전자가 출발지에서 목적지까지 가는 동안 선택할 수 있는 경로의 경우의 수가 더 많기 때문에 교통정보에 의한 경로 전환의 가능성이 더 높은 것이라고 판단된다. 또한 장시간 운전자의 경

우 보다 빨리 운전을 끝내려는 심리적인 욕구로 인해 교통정보에 의한 경로전환의 가능성을 더욱 높인 결과라 여겨진다.

조건I, II에서 개인속성인 성별(1)의 경우 양(+)의 부호를 나타내고 있어, 남성운전자가 여성운전자에 비해 경로를 전환할 확률이 높은 것으로 나타났다. 조건에서 운전 특성변수 중의 하나인 운전빈도에서는 음(-)의 부호를 나타내 운전빈도가 높을수록 경로를 전환할 확률이 낮아지는 결과를 나타냈다.

조건III의 운전 특성변수인 운전시간대(1)에서는 양(+)의 추정치를 나타내었다. 이는 출·퇴근 운전자의 경로 전환율이 높게 나타남을 알 수 있다. 특히, 출근시간에 비교적 시간적 여유가 부족하기 때문에 단축시간에 민감하게 반응하여 그 외의 시간대보다 운전자들이 시간을 적게 소비하는 경로로 전환하려는 경향이 높기 때문으로 분석된다.

본 모형의 적합도 평가를 위해서는 전반적인 적합도를 평가할 수 있는 Cox Snell의 R² 값과 이를 수정한 Nagelkerke R² 값을 사용하였다. 본 모형에서 Cox와 Snell의 R² 값이 0.249~0.348, Nagelkerke R² 값이 0.397~0.466으로 각각 나타났고, 우도비(ρ²)⁵⁾가 0.256~0.311의 값을 보여 수요추정 모형의 적합도는 세가지 모형 모두 양호한 수준으로 나타났다.

표 8. 경로전환 예측 모형 결과

설명변수	조건I				조건II				조건III			
	파라메타	표준오차	Wald	유의확률	파라메타	표준오차	Wald	유의확률	파라메타	표준오차	Wald	유의확률
상수	-3.939684	0.356	122.300	0.000000	-4.620183	0.358	166.173	0.000000	-2.820872	0.361	61.021	0.000000
단축시간	1.228946	0.073	286.346	0.000000	1.446563	0.080	326.817	0.000000	1.600443	0.114	196.541	0.000000
성별(1)	0.786662	0.168	21.924	0.000003	0.790602	0.172	21.127	0.000004	-	-	-	-
운전빈도	-0.215595	0.053	16.371	0.000052	-	-	-	-	-	-	-	-
운전시간대(1)	-	-	-	-	0.177957	0.076	5.490	0.019129	0.338912	0.101	11.313	0.000770
1일운전시간	0.325557	0.079	16.915	0.000039	0.226987	0.083	7.474	0.006260	0.275896	0.103	7.139	0.007544
Cox와 Snell의 R ²	0.296				0.348				0.249			
Nagelkerke R ²	0.397				0.466				0.398			
ρ ²	0.256				0.311				0.292			

4) Cox와 Snell의 R²는 최대 가능도 추정법을 이용할 때, 기존의 R²를 일반화한 것이다. Nagelkerke가 제안한 통계량은 0~1사이의 값을 갖도록 수정된 R²값이다. 일반적인 R²에 비해, Cox와 Snell, Nagelkerke의 R²값은 비교적 작은 값을 갖게 되는데, 로지스틱 회귀분석에서는 단지 참고정보로 이용되며, 일반적으로 0.2~0.3은 양호한 수치이다(김순기 외, 로지스틱 회귀모형의 이해와 응용, p.69, 2003).

5) 우도비(ρ²)는 회귀분석에서의 R²와 마찬가지로 0과 1사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 좋은 적합도를 나타낸다. ρ²는 일반적으로 R²보다 비교적 작은 값을 가지는데 ρ²값이 0.2와 0.4사이의 값만 가져도 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가할 수 있다.

4.3.3 통행시간 단축에 따른 전환율 산정

VMS를 통한 통행시간 단축에 따른 경로 전환 확률 산정을 위해서는, 앞에서 분석한 각 조건별로 효용함수식에 근거한 효용값을 파악해야 한다. 이를 위해 작성한 효용함수식은 다음 식 (2a)~(2c)와 같다.

$$V_{조건1} = -3.939684 + (1.228946 \times \text{단축시간}) + (0.786662 \times \text{성별}(1)) + (-0.215595 \times \text{운전빈도}) + (0.325557 \times \text{일운전시간}) \quad (2a)$$

$$V_{조건2} = -4.620183 + (1.446563 \times \text{단축시간}) + (0.790602 \times \text{성별}(1)) + (0.177957 \times \text{운전시간대}(1)) + (0.226987 \times \text{일운전시간}) \quad (2b)$$

$$V_{조건3} = -2.82087 + (1.600443 \times \text{단축시간}) + (-0.338912 \times \text{운전시간대}(1)) + (0.275896 \times \text{일운전시간}) \quad (2c)$$

위의 식을 통하여 도출된 효용값을 이용해, 각각의 조건별 VMS 교통정보를 통한 경로전환 확률을 산정한 결과는 그림 3과 같다. 각 조건별로 같은 수준의 시간단축이 있을 때, 조건I보다는 조건II가, 조건II 보다는 조건III이 보다 높은 전환 확률을 나타내는 것으로 추정할 수 있다. 각 조건별 VMS를 통한 통행시간 단축에 따른 전환율을 추정한 결과, 조건I에서는 VMS를 이용한 경로 전환을 통한 예상 통행단축 시간이 5분일 경우 전환율은 10.0%에 그쳤으나 단축시간이 20분일 경우에 전환율은 81.6%까지 늘어나는 것으로 나타났다. 조건II에서는 같은 조건 하에 예상되는 통행단축시간이 길어짐에 따라 14.2%에서 92.7%까지 늘어나, 조건I과는 약간의 변화의 차이를 나타내고 있다. 조건III에서는 VMS를 통한 경로 전환이 최대 20분일 경우 전환율은 99.1%에 이르러 거의 모든 운전자가 경로를 전환하는 것으로 나타나, 통행단축시간이 커질수록 VMS의 정보를 통해 경로전환이 행해지는 것을 알 수 있다.

4.4 VMS를 통한 통행시간 단축에 따른 민감도 분석

앞에서 나타난 각 조건별 통행 단축시간 정보에 따른 경로 전환율을 이용하여 각 조건별로 단축시간별 탄력도를 분석하였다. 제공되는 단축시간별 전환확률의 탄력도는 VMS로부터 제공되는 통행단축시간에 따라 운전자가 우회경로로 전환확률이 얼마나 민감하게 변화하는가를 알아보는 수치로, 시간의 변화율에 대한 전환확률의 변화율로 나타낼 수 있다.

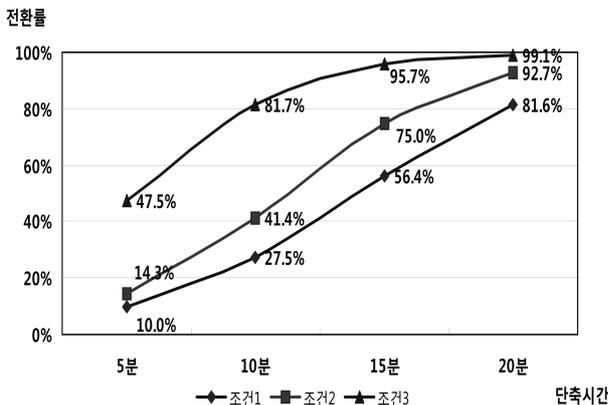


그림 3. 각 조건별 경로전환 확률 추정

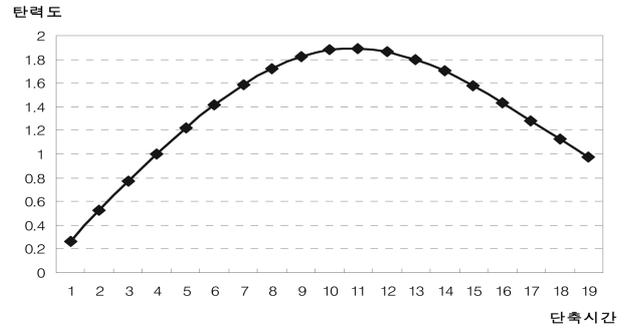


그림 4. 조건I에서 VMS 경로 전환율의 탄력도

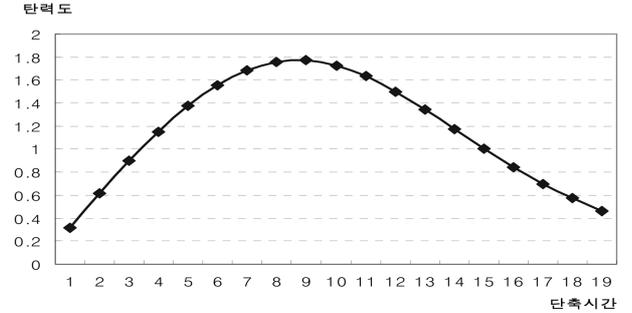


그림 5. 조건II에서 VMS 경로 전환율의 탄력도

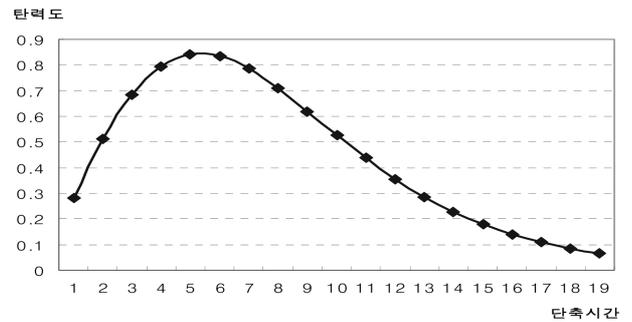


그림 6. 조건III에서 VMS 경로 전환율의 탄력도

$$\text{경로전환 탄력성} = \frac{\text{전환확률의 변화율}}{\text{단축시간의 변화율}} \quad (3)$$

각 조건마다 VMS 제공시간의 변화에 따른 경로 전환율의 탄력성을 살펴보면 조건I에서는 단축시간이 증가함에 따라 점차 탄력도가 높아지다가 약 11분에서 가장 높은 탄력도를 나타내고 그 이후로 탄력도가 감소하는 형태를 보였다. 조건II에서는 약 9분, 조건III에서는 약 5분일 때 가장 높은 탄력도를 나타낸다. 각 조건별로 탄력도가 가장 높은 지점이 통행 단축시간에 대한 전환확률의 변화가 가장 민감한 점을 나타내는 것이다. 세가지 조건의 민감도 수준을 살펴보았을 때, 조건I이 전체적으로 높은 탄력도를 나타내었고 다음으로 조건II, 조건III의 순으로 나타난다. 또한 조건I에서 조건II, 조건III으로 갈수록 보다 적은 단축시간의 값에서 최대 탄력도를 나타내는 경향을 보이고 있다. 따라서, 우회정보를 잘 알수록, 운전하기 편한 도로일수록 전체적인 탄력도는 낮으며, 적은 단축시간대에 최대 탄력도를 보이는 것으로 분석됐다.

5. 결 론

본 연구에서는 운전자들의 VMS 교통정보 이용 행태 및 이

용 만족도 등에 대해 살펴보고, VMS를 통해 제공되는 교통 정보로 인하여 차량 운전자의 운행경로 전환에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 통행시간 단축에 따른 운전자 경로 전환 모형을 구축하였으며, 단축시간에 따른 전환확률에 대한 민감도를 분석하였다. 본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

운전자들은 평소 VMS의 정보에 대해서 신뢰성을 갖지 못하여 정보를 무시하는 경향이 있는 것으로 나타났으며 운전 경로와 VMS의 교통정보와의 연관성은 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 운전자들은 VMS 정보가 정확성이 낮고, 이해하기 어려우며, 구체적인 정보를 제공하지 못하고 있다고 판단하고 있었다.

본 연구에서는 VMS에 의해 전달된 통행 단축시간이 운전자들의 운행경로의 전환에 얼마만큼의 영향을 끼치는지를 파악할 수 있는 통행 시간 단축에 따른 전환율 예측 모델을 구축할 수 있었다.

시간 단축에 따른 전환율 예측 모형은 우회경로 길은 잘 알지 못한 경우, 우회경로 길은 잘 알고 있으나 운전하기가 불편한 경우, 우회경로 길은 잘 알고 있고 운전하기도 편리한 경우를 각각 조건I, II, III의 세 가지로 구분하여 각 조건별로 모형을 구축하였다.

각 조건별로 전환율을 산정한 결과 조건I은 예상통행단축시간이 5분일 경우 전환율은 10.0%에 그쳤으나 단축시간이 20분일 경우에 전환율은 81.6%까지 늘어나는 것으로 나타났다. 조건II는 통행단축시간이 길어짐에 따라 14.2%에서 92.7%까지 늘어났다. 조건III은 통행단축시간이 최대 20분일 경우 전환율은 99.1%로 나타났다.

또한, 통행 시간 단축에 따른 전환율 예측 모형의 결과를 바탕으로 민감도를 분석해 본 결과, 조건I에서는 단축시간이 약 11분, 조건II에서는 약 9분, 조건III에서는 약 5분일 때 민감도가 가장 높게 나타났다. 우회정보를 잘 알수록, 운전하기 편한 도로일수록 전체적인 탄력도는 낮으며, 낮은 단축시간대에 최대 탄력도를 보이는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 통행단축시간에 따른 전환율과 그에 따른 민감도를 도출하였다. 본 연구결과를 활용하여 기존 도로 상에서 돌발상황 발생시 운전자가 쉽게 돌발상황을 인식하여 경로를 전환할 수 있고, 통행시간 손실을 줄이는데 도움이 될 것이다. 또한, 경로전환확률을 예측할 수 있으므로, VMS의 정보에 따른 도로네트워크 상의 통행량의 예측에도 다소 도움이 될 것으로 판단된다. 또한, 도로네트워크 상에서 VMS를 설치할 경우, 실효성이 높은 VMS 설치위치의 추정이 가능할 것으로 생각된다.

한편, 본 연구에서는 우회도로 등 도로네트워크에 대한 고려가 부족한 것이 한계점으로 판단된다. 시나리오의 설정에 있어서도 “운전하기에 불편하다” 라는 조건을 주었지만 이에 대한 객관적인 정의를 하지 않고, 운전자의 경험에 의한 판단에 의존한 것도 본 연구의 한계점 중의 하나로 볼 수 있다. 운전하기에 불편한 도로의 객관적인 조건을 제시하여 이에 대한 경로전환 추정이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 시나리오에 따른 SP조사에서 “사고”발생의 돌발상황을 전제로 하여 이용자의 선택에 대해서 조사하였는데, 사고발생 뿐만 아니라 혼잡발생에 대하여 경로전환 확률을 예측하고, 이에 따른 효과를 분석하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

VMS으로부터 제공되는 정보의 수준(상세성 및 다양성)에 따라 운전자들이 느끼고 판단하는 인지변화에 대한 연구도 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 김나영, 김희영, 김미영, 서혜선, 양경숙(2007) SPSS를 활용한 회귀분석. 한나래.
- 김순기, 장동빈, 박영술(2003) SPSS를 활용한 로지스틱 회귀모형의 이해와 응용. 아카데미.
- 김상우, 이준화, 원제무(2001) 교통정보 제공이 고속도로 통행시간 절감에 미치는 영향에 관한 연구, **대한국토·도시계획학회지**, 대한국토·도시계획학회, 제36권 7호.
- 김상환, 윤대식(2001) 교통정보 제공에 따른 통행자의 통행형태 변화 분석, **대한국토·도시계획학회지**, 대한국토·도시계획학회, 제36권 2호 pp. 101-115.
- 김성민, 김태형, 오철, 장명순(2007) 운전자 관동능력을 고려한 VMS 메시지 설계 방법론 개발 및 적용, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제25권, 제3호, pp. 99-109.
- 김숙희, 최기주, 유정훈(2006) VMS 실시간 운영전략 구축을 위한 운전자 경로선택모형, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제26권 제3D호, pp. 409-416
- 김장욱, 김태희, 이수범(2008) 교통정보 제공에 따른 이용자 만족도 모형 개발(고속도로상의 VMS정보제공을 중심으로), **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제28권 제5D호, pp. 597-607.
- 문병섭, 장정아, 최기주(2005) 고속도로에서의 우회(국도)교통정보 제공에 따른 경로전환 효과분석, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제25권 제2D호, pp. 221-226.
- 부산광역시(2009) **VMS설치 현황보고서**.
- 오승훈, 최윤혁, 최기주(2007) 운전자 경로전환 의사결정에 작용하는 정보이용 매체에 관한 연구, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제27권 제6D호, pp. 705-712.
- 유태호, 이기영, 이상수, 오영태(2007) 고속도로 VMS 교통정보의 가치산정에 관한 연구, **한국도로학회논문집**, 한국도로학회, 제9권 3호, pp. 63-74.
- 원제무(2000) **알기 쉬운 교통**. 박영사.
- 원제무, 오영태, 황준환(2003) **침단교통론**. 한올아카데미.
- 이수범, 임준범, 연복모, 홍지연(2009) VMS 교통정보 제공에 따른 이용자 만족도 모형 개발, **한국ITS학회논문지**, 한국ITS학회, 제8권 제3호, pp. 11-19.
- 이준, 정진혁(2007) 이용자 대안노선을 고려한 가변정보표지판(VMS)의 정보 표출 방안에 관한 연구, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제27권 제6D호, pp. 691-696.
- 이창우, 정진혁(2006) 운전자 형태를 고려한 VMS의 실시간 경로안내 정보 제공에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권 제7호, pp. 65-79.
- 장석용, 정현영, 고상선(2008) 무선교통정보수집제공시스템(UTIS) 서비스의 이용 수요 예측 및 이용료 적정 수준 산정에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제26권 제5호, pp. 101-115.
- Asad J. Khattak, Joseph L. Schofer, and Frank. S. Koppelman (1993) Commuters' enroute diversion and return decisions: Analysis and implications for advanced traveler information systems, *Transportation Research Part A*, Vol. 27, pp. 101-111.
- Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand*, MIT, p. 31, 194.

Richard H. M. Emmerink, Peter Nijkamp, Piet Rietveld and Jos N. Van Ommeren, Jos N (1996) Variable Message Signs and Radio Traffic Information :An Integrated Empirical Analysis of Drivers' Route Choice Behaviour, *Transportation Research*

Part A, Vol.. 30, No. .2, pp. 135-153.

(접수일: 2010.10.12/심사일: 2010.11.12/심사완료일: 2010.11.12)