

## 도로 밀도에 따른 운전쾌적성 편익에 관한 연구

조한선

한국교통연구원 교통안전·도로본부

### A Study on the Benefit of Driving Amenity Based on Highway Density

CHO, Hanseon

Dept. of Transport Safety and Highway, The Korea Transport Institute, Gyeonggi 411-701, Korea

#### Abstract

Normally the benefits concerned in the feasibility study for highway constructions are travel time saving, vehicle operation cost, etc. which can be calculated using the simulation tool(EMME3). However, there must be extra benefits of driving amenity improvement that drivers can perceive through decreasing driving fatigue and improving driving comfortability. In this study, the definition of driving amenity was established and a method of estimation for the benefit of driving amenity improvement was developed. Highway type (urban/rural highway) and highway density was considered to estimate the driving amenity. And Double-bounded Dichotomous Choice among Contingent Valuation Method(CVM) was applied to survey the willingness-to-pay of drivers when highway density decreases. Finally the value of driving amenity was estimated using the results of survey and logit model. As the existing highway density is high, willingness-to-pay increases in both urban and rural highways. Even though the changing rates of highway density are same, willingness-to-pay is different based on the existing highway density.

본 연구에서는 도로투자 사업으로 인한 편익 중 일반적으로 계상하고 있는 통행시간 절감 및 차량운행비용 절감 등 직접적인 편익 이외에 추가적으로 이용자입장에서 체감할 수 있는 도로 주행 중 운전쾌적성 편익을 산정하고자 운전쾌적성의 정의를 마련하였고 운전쾌적성 산정방법론을 개발하였다. 도로특성(도시부/지방부) 및 차량 밀도(차간거리)에 따른 이용자의 지불용의액을 CVM 방법 중 가장 최근에 활발히 활용되고 있는 이중양분선택형(double-bounded dichotomous choice)질문법을 활용하여 설문조사한 후 그 결과를 로짓모형에 적용하여 운전쾌적성 가치를 도출하였다. 도시부 및 지역간 도로에서 공히 지불용의액의 크기는 전반적으로 기존 차간거리가 짧을수록 큰 것으로 분석되었고, 도로의 차간거리 변화가 같더라도 사업 전의 차간거리와 사업 후의 차간거리에 따라 지불용의액이 다른 것으로 나타났다. 즉, 도로의 차간거리가 증가하더라도 기존 차간거리가 어느 정도인지에 따라 지불용의액이 다르게 나타나 지불용의액이 기존 차간거리에 영향을 받는 것으로 분석되었다.

#### Key Words

Driving Amenity, Highway Density, Space between Vehicles, Willingness-to-Pay, Willingness-to-Accept, Contingent Valuation Method(CVM), Double-bounded Dichotomous Choice

운전쾌적성, 도로 밀도, 차간간격, 지불용의액, 수용의사, 조건부가치추정법, 이중양분선택형질문법

\* : Corresponding Author

h-cho@koti.re.kr, Phone: +82-31-910-3152, Fax: +82-31-910-3235

Received 15 March 2013, Accepted 4 August 2013

## I. 서론

현재 국내에서 도로투자를 결정하기 위해서는 「도로 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침」 및 「교통시설 투자평가 지침」의 내용을 준용하여 도로투자의 타당성을 평가하여야 한다. 타당성 분석 절차 및 평가항목, 항목별 비중 등 다양한 부분에서 끊임없는 논란이 지속적으로 제기되어 왔으며 이런 문제를 해결하기 위해 수시로 업데이트 작업을 수행 중에 있다. 그러나 개정작업에서 주요 대상이 되는 부분은 통행시간 가치, 차량운행비용, 사고비용 등 기존에 이용 중인 항목에 국한되는 경향이 있고, 도로투자를 함으로써 추가적으로 발생하는 편익에 대해서는 크게 관심을 기울이지 않고 있다(KOTI, 2011).

도로투자 사업으로 인한 편익으로는 통행시간 절감 및 차량운행비용 절감 등 직접적인 편익 이외에 도로의 교통상황이 양호해짐으로써 얻을 수 있는 운전쾌적성 향상 등 기존에 고려되지 못했던 편익이 분명히 존재할 것이다. 즉, 도로의 서비스 수준이 높아짐에 따라 운전자들이 느끼는 운전의 편리성/쾌적성은 분명히 향상 될 것이고 운전의 피로도도 감소될 것이다. 그러나 「도로 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침」 및 「교통시설 투자평가 지침」에서는 이러한 운전 피로도 절감 즉, 운전 쾌적성 향상에 대한 편익은 고려하지 않고 있는 실정이다. 이는 곧 도로건설을 통해 얻을 수 있는 편익이 과소평가되어 도로투자의 타당성평가가 왜곡될 수 있다는 의미가 될 수 있다(KDI, 2008 and MLTM, 2011).

반면, 「도로 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침」에는 포함되어 있지 않지만, 「교통시설 투자평가 지침」에서는 철도이용자에 대해 승객의 쾌적성이 편익항목으로 반영되고 있으며, 철도 이용자에 대한 여객 쾌적성은 일반적으로 승객이 열차를 이용할 때 객차 내부에서 느끼는 신체적·감성적인 편안함과 안락감으로 정의하고 있다(MLTM, 2011 and KOTI, 2008). 즉, 광역/도시철도의 기존 선 개량사업의 경제적 타당성 평가 시 반영할 수 특수편익으로 기존 노선 개량으로 철도 차량 내부의 혼잡도가 낮아지면 쾌적성 개선편익이 발생한다고 보는 것이다. 철도투자사업과의 균형을 잡고, 도로투자 사업에 대한 보다 객관적이고 현실적인 평가를 위해서는 운전 쾌적성 향상으로 인한 편익을 도로부문의 편익항목에 포함시키는 것이 바람직하다. 통행시간의 신뢰성 향상 편익 등 다소 정성적인 편익항목이 고려되고 있는 상

황에서 운전자들이 직접 느낄 수 있는 운전쾌적성을 도로부문의 편익항목으로 계상하는 것이 평가의 객관성 확보 측면에서 바람직하며 본 연구에서는 이의 적용방안을 마련하고자 한다.

## II. 기존문헌고찰

쾌적성 향상에 대한 편익은 주로 철도사업에서 산정하고 있으며 도로분야에 대해서는 영국 및 일본에 제한적으로 사용하고 있다. 본 장에서는 철도사업에서 적용 중인 여객쾌적성과 도로분야에서의 영국과 일본 사례를 개략적으로 검토해 보고자 한다.

### 1. 철도분야에서의 쾌적성 편익

철도에서는 승객이 열차 내에서 겪는 여객쾌적성에 대한 지표를 개발하여 사용하고 있다. 여객쾌적성 지표는 현재 승객의 혼잡 상황과 혼잡이 완화된 가상의 상황에 대한 지불용의액(Willingness to Pay)을 설문조사를 통해 통행자가 혼잡에 대해 느끼는 비효율을 측정하여 산정하고 있다. 혼잡도는 철도 차량 내부승객의 수에 따라 결정되며, 일정한 크기의 차량 내에 탑승한 승객 수가 증가함에 따라 승객 1인이 차지할 수 있는 공간의 넓이는 줄어들고 열차 내부의 혼잡도가 높아지게 되므로 승객이 느끼는 쾌적성은 감소하게 된다. 철도 이용자의 쾌적성 개선 편익은 식(1)과 같이 혼잡회피 행동이 발생하기 이전과 이후의 혼잡도 변화량에 혼잡회피를 위한 지불용의액(willingness-to-pay) 원단위를 곱함으로써 산출한다(KOTI, 2008 and MLTM, 2011).

$$\text{여객쾌적성편익} = \sum (\text{혼잡도변화량} \times \text{지불용의액원단위}) \quad (1)$$

혼잡회피를 통한 쾌적성 개선편익은 혼잡도의 변화량 추정을 전제로 교통수요분석 상용프로그램을 이용해 각 노선 및 링크에 대해 혼잡도(Load Factor) 변화량을 기반으로 한다. 혼잡도 완화에 대한 지불용의액을 추정하기 위해서는 기존 혼잡상황과 여러 혼잡 완화상황을 고려하여 SP 조사법을 이용한다. 설문조사 결과를 이용하여 혼잡도의 변화에 따른 지불용의액의 변화를 파악하기 위해 5개의 모형을 설정하여 지불용의액 원단위를 산

출한다. 모든 모형의 종속변수는 지불용의액(원/분)이며 사용된 독립변수는 혼잡도 변화율, 성별, 자가용 소유 여부, 고밀도 더미 등 이다. 여객쾌적성 개선에 따른 편익은 첨두시간에 대해서만 산출하고 있으며, 혼잡도가 b에서 a로 변화하는 경우 여객 쾌적성 편익의 원단위는 식(2)와 같이 산출한다(KOTI, 2008).

$$\lambda_i^{ba} (\text{원/인.분}) = \frac{7.862 \times (R_i^b - R_i^a)}{R_i^b} \quad (2)$$

여기서,

$R_i^b$  : max{링크의 사업 전 혼잡도(%), 50%}

$R_i^a$  : max{링크의 사업 후 혼잡도(%), 50%}

여객쾌적성 개선 편익은 사업 전, 후의 혼잡도 변화에 대한 원단위인  $\lambda_i^{ba}$ 와 사업후의 통행량, 통행시간을 이용하여 식(3)과 같이 산출한다.

$$VPC = \left\{ \sum_i (\lambda_i^{ba} \times D_i^a \times T_i^a) \right\} \times 365 \quad (3)$$

여기서,

VPC : 연간 여객 쾌적성 개선 편익

$\lambda_i^{ba}$  : 링크 l의 혼잡도 변화에 따른 편익의 원단위 (원/인·분)

$D_i^a$  : 링크 l의 사업 후 재차인원(인)

$T_i^a$  : 링크 l의 사업 후 통행소요시간(분)

철도에서의 여객쾌적성 편익은 철도사업 시행으로 인한 객차 내 혼잡도의 변화에 대해 철도 승객이 쾌적성 가치를 부여한다는 것으로, 이러한 개념을 도로에도 충분히 적용할 수 있을 것이다. 즉, 도로사업 시행으로 인해 도로의 혼잡도가 낮아질 경우 운전자 입장에서는 충분히 운전쾌적성 가치를 부여할 수 있는 것이다.

## 2. 일본

일본의 투자평가치침에서는 교통사업 평가 수행 시 비용편익분석, 확장비용편익분석, 수정비용편익분석 등 3단계 분석을 하도록 권장하고 있으며, 일반적인 비용편익분석은 반드시 실행되어야 하며 필요시 확장비용편익분석과 수정비용편익분석을 수행하여야 한다. 쾌적성 지

표는 2번째 단계인 확장비용편익분석의 평가항목인 이용자 효과·영향 항목에 포함되어 있다. 이용자 효과·영향 항목은 주행 쾌적성 향상과 보행 안전성 및 쾌적성 향상 항목으로 구분되어 있다.

주행 쾌적성 향상 항목은 운전자 및 동승자의 피로 감각과 차량 내부에서 혹은 도로상에서 주행 경관의 개선으로 향상되는 쾌적성을 평가하는 항목이며, 보행 안전성 및 쾌적성 향상은 보행자와 자전거 운전자가 느끼는 안전성 및 쾌적성을 평가하는 항목이다.

쾌적성 지표 원단위를 산정하기 위한 방법은 개인에 대한 관측조사 결과를 기초로 평가하는 방법인 조건부 가치추정방법(Contingent Valuation Method, CVM)을 적용하여 쾌적성 지표 원단위를 산출하고 있으며, 추계된 수익자 당 편익원단위는 수익자 수를 곱하여 총 편익을 구하고 있다. 원단위 산정을 위한 표본 추출은 설정된 수익자를 모집단으로 하여 실제 도로이용자 뿐만 아니라 보행자도 대상으로 하며, 사업시행 시 매번 수익자에 대한 설문조사를 통해 쾌적성 원단위 편익을 산정해야 한다. 또한, 설문조사 시 주거지구와 상업·업무지구로 구분하여 조사하도록 하며, 랜덤 효용 모델을 적용하여 지불의사액의 평균값을 추계하여 편익원단위 산출하였다. 주거지구의 경우 편익원단위는 151,000엔/세대·년이며 도로주변 세대에 대해서만 적용하며, 상업·업무지구의 경우 편익원단위는 5,300엔/m<sup>2</sup>·년이며 도로 주변 건축물 연상면적에 대하여 적용한다. 이러한 값들은 보행자와 자전거 운전자에 대해서만 적용되며, 도로이용자에 대해서는 편익원단위를 제시하고 있지 않다(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2008).

## 3. 영국

영국의 투자평가치침이라 할 수 있는 NATA에서는 쾌적성 지표를 5가지 상위항목 중 환경성의 여행 분위기 항목에 편성하여 반영하고 있다. 영국의 쾌적성 지표는 설문조사를 통해 정성적으로 반영하고 있으며, 여행 분위기에 영향을 주는 3 가지 요소들로 통행자 배려, 조망, 스트레스가 있으며, 이러한 요소들을 양호, 보통, 악화로 구분하여 7점 척도로 점수화 하여 평가하고 있다. 여행 분위기에 영향을 미치는 요소들은 1)도로 이용자는 도로를 따라 제공되는 시설과 정보들에 의해 영향을 받고, 2)통행자의 조망은 여행자들이 보는 주변 경관, 도시 미

관과 관련 있고, 3)통행자의 스트레스는 사람들이 이동 시 경험하는 내적·심리적인 부정적 영향을 의미(사고에 대한 공포, 경로의 불확실성)한다는 가정 하에 평가를 실시한다.

여행 분위기의 7단계 척도 점수화는 Large Adverse / Moderate Adverse / Slight Adverse / Neutral / Slight Beneficial / Moderate Beneficial / Large Beneficial로 구분되며, 긍정적·부정적 영향이 균형을 이룰 때 Neutral이라고 평가하고, 각각의 요소들을 비교하여 이익을 가져오는 요소가 많으면 Beneficial, 손해를 가져오는 요소가 많으면 Adverse로 평가한다. 전체 평가에서 영향을 받는 이용객이 적으면(500명/일 이하인 경우) Slight, 영향을 받는 이용객이 많으면(10,000명/일 이상) Large, 그 이외의 경우 Moderate로 표현한다 (Department for Transport, 2009).

일본 및 영국의 경우, 편익이 사업 대상도로에만 발생하는 것으로 분석하고 있으나, 본 연구에서 개발하고자 하는 운전쾌적성 편익은 사업시행으로 인해 대상도로 및 주변도로의 혼잡도가 경감됨에 따라 발생하는 편익을 모두 고려하는 것으로, 영국 및 일본의 경우와는 다소 차이가 있다. 그러나 운전자가 심적으로 느끼는 가치를 다룬다는 측면에서는 어느 정도 관련성이 있다고 할 수 있을 것이다.

### III. 운전쾌적성 정의 및 평가지표 설정

운전쾌적성 편익산정 방법론 개발에 앞서 우선 운전쾌적성에 대한 정의 및 운전쾌적성 편익 산정 지표에 대한 논의가 필요할 것이다. 본 연구에서 운전쾌적성이란 “도로를 주행하는 운전자 입장에서 차로변경의 용이함 및 앞뒤차와의 간격 등에 의해 운전자가 주행 중 느끼는 운전의 편안함 정도”로 정의한다.

도로 주행 시 운전자가 느끼는 운전쾌적성이란 함은 운전자가 공간적 측면에서 느끼는 쾌적함과 심리적 측면에서 느끼는 편안함 등을 들 수 있을 것이다. 도로를 이용하는 운전자가 공간적 측면에서 느끼는 쾌적함에 영향을 주는 요인은 연속류/단속류 도로 및 도시부/지역간 도로 등 도로특성과, 차량 밀도, 차로수, 차로폭, 길어깨 여부, 평면선형, 종단선형 등이 있다. 또한, 도로를 이용하는 운전자가 심리적 측면에서 느끼는 편안함에 영향을 주는 요인으로는 중앙분리대 유무, 가드레일 유무, 경관, 차종구성비 등이 있을 것이다.

운전쾌적성 편익 산정 지표로는 운전쾌적성에 영향을 미치는 요인 중 경제성 분석 시 정량적으로 편익을 산정할 수 있는 항목을 선정하는 것이 무엇보다도 중요할 것이다. 평면선형, 종단선형, 중앙분리대 및 가드레일 여부 등은 분명 운전 쾌적성에 영향을 미칠 수 있지만, 시뮬레이션(EMME3) 수행 시 네트워크 속성에 반영되지 않아 결과적으로 이들 속성에 따른 편익 산정은 곤란할 것이다. 도로의 경관 역시 운전자가 느끼는 정성적인 것으로 쾌적성 편익에 반영하기 곤란하며 시뮬레이션(EMME3) 분석 시 이를 반영하기 어렵다. 또한, 사업 시행시에 따른 도로의 차종구성비 변화는 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 차종구성비 변화로 인한 쾌적성 편익은 없는 것으로 가정함이 타당할 것이다. 이러한 제약 하에 가장 직접적으로 운전 쾌적성에 영향을 주는 요인으로 도로특성(도시부/지방부)과 차량 밀도만을 선정하기로 하였다.

## IV. 분석 방법론

### 1. 운전쾌적성 편익산정 절차

본 연구에서는 다양한 도로상황별 혼잡상황별 이용자의 지불용의액을 산정하기 위해서 설문조사 방법론을 적용하였으며 쾌적성 가치 산정절차는 다음과 같다.

- ① 각 운전쾌적성 편익 산정 지표의 특성을 반영하여 조사 수준 설정 등 설문조사지 설계
- ② 설문조사 시 제시할 도로등급별 혼잡상황별 지불용의액 선정을 위한 Pilot 조사 실시
- ③ 도로등급별 혼잡상황별 지불용의액 산정을 위한 설문조사 실시
- ④ 설문조사 결과를 이용한 운전쾌적성 가치 산정 모델 개발
- ⑤ 도로등급 및 혼잡상황을 독립변수로 지불용의액을 종속변수로 회귀모형 개발
- ⑥ 도로등급별 혼잡상황별 운전쾌적성 가치 원단위 산정 및 교통시설 투자평가지침에 적용방안 마련

### 2. 운전쾌적성 편익산정을 위한 설문조사지 설계

운전쾌적성 편익 산정 지표에 대해 각 항목의 특성을 반영하여 다음과 같이 조사 수준을 설정하였다.

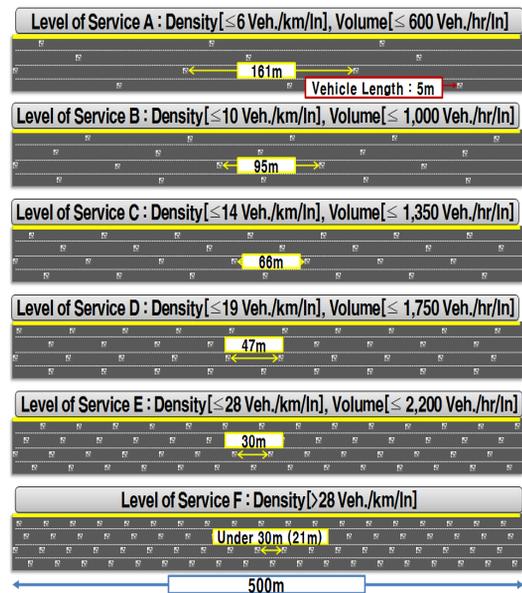
도로구분은 도로의 특성과 편익산정 시 반영 가능 여부 등을 고려하여 도시부 도로와 지역간 도로로 분류하

였다. 도시부 도로의 경우 단속류를 주행하는 경우와 연속류를 주행하는 경우 도로 및 교통상황에 대한 운전자의 기대치가 다르게 때문에 단속류와 연속류를 분류하여 조사하였다. 지역간 도로의 경우 쾌적성 가치가 단순히 거리와 비례하다고 볼 수 없으므로, 지역간 도로에 대해서는 중·장거리 주행에 따른 쾌적성 가치를 분류하여 조사하였다.

도로의 밀도는 운전의 자유도에 직접적으로 영향을 미치며 운전의 쾌적성에 가장 영향을 크게 미칠 것으로 판단되며, 또한 연속류의 경우 밀도가 도로의 서비스 수준을 평가하는 MOE로 사용되고 있으므로, 서비스 수준에 따른 운전쾌적성 가치의 변화를 조사하는 것이 바람직할 것이다. 서비스 수준 LOS E부터 LOS A까지 통행속도에 큰 차이가 없고 LOS F는 정체 상태로 LOS E의 통행속도와 차이가 크다고 판단하여 LOS F를 제외하기로 하였다. 서비스 수준 E 이상일 때 통행속도가 차이가 없다는 가정은 현실적이지 못하지만, 서비스 수준 향상 시 통행속도 증가로 인한 편익은 통행시간절감 편익으로 계상이 되므로, 쾌적성 향상으로 인한 편익 산정 시 이는 반드시 배제되어야 한다. 본 연구에서는 통행시간 절감 편익과의 중복계상을 피하기 위해 설문조사 시 응답자에게 서비스 수준별로 통행속도의 변화는 없다는 전제를 주었다. LOS E-A 중 설문지 응답자가 1단계 변화인 LOS E와 D, D와 C, C와 B, B와 A의 차이를 판단하기에는 어려움이 있을 것으로 판단하여 LOS E를 기준으로 2단계 변화에 대한 차이를 조사하였다(LOS A, LOS C, LOS E). 또한, 도로의 밀도가 쾌적성에 미치는 영향은 차로수에 따라 상이할 것으로 판단됨에 따라 차로수별로 밀도가 쾌적성에 미치는 영향에 대해서도 조사를 수행하였다. Table 1은 조사지점 및 조사항목을 정리한 것이다. 예를 들어 도시부 단속류의 경우 서울시 강남

**Table 1. Pilot survey items for value of driving amenity**

Survey Items	Level for Survey Items
Road Classification	- Urban Road Interrupted Flow (Gangnam-Jongro, 10km, 30min)
	- Urban Road Uninterrupted Flow (Gangnam-Ilsan, 30km, 50min)
	- Regional Road Uninterrupted Flow (Seoul-Daejeon, 152km, 100min)
	- Regional Road Uninterrupted Flow (Seoul-Busan, 390km, 240min)
Density	LOS A, C, E
Number of Lanes	1, 2, 3, 4



**Figure 1. Level of Service According to Distance between Vehicles**

—종로 구간을 선정하였으며, 도로연장은 10km이며, 평균 주행시간은 30분으로 가정하였다. 또한, 설문조사 시 응답자의 이해를 높이기 위해 차간거리에 따른 서비스 수준을 도식화한 Figure 1을 사용하였다.

### 3. 본 설문조사에 적용할 지불용의액 조사

쾌적성 향상으로 인한 이용자의 지불용의액은 이용자의 경제적 수준, 운전기술, 심리상태 등 다양한 요인에 의해 영향을 받으므로 상당히 주관적일 것이고 이에 따라 지불용의액의 범위도 상당히 클 것으로 기대된다. 이러한 상황을 고려하여 가능한 보편타당한 결과 도출과 설문조사의 용이를 위해 일정 수준의 지불용의액 예시를 제공하는 것이 바람직할 것이다. 본 연구에서는 도로 주행 중 운전의 쾌적성에 대한 가치를 산정하기 위한 설문조사를 수행하기 전에 설문조사 시 사용하게 될 지불용의액 작성을 위해 Pilot 조사를 수행하였다. Pilot 조사 시 지불용의액의 범위에 대한 연구자의 주관적인 견해를 배제하고자 지불용의액의 범위를 제시하지 않고 답변을 요구하였다. 이에 따라, 도로특성 및 밀도 등의 도로 및 교통의 특성에 익숙한 교통전문가를 대상으로 설문조사를 수행하는 것이 필요했으며, 2011년 4월 중 교통전문가 20명에 대해 대면으로 Pilot 조사를 수행하였다.

Pilot 조사의 목적은 쾌적성 가치의 Boundary Value 를 찾기 위한 것으로 도로밀도 변화에 따른 지불용의액 조사 결과는 Table 2와 같다. Pilot 조사 시 조사 구간이 정해져 있으므로, 응답의 편의를 위해 지불용의액 원단위를 각 조사구간에 따라 도시부의 경우 won/30min 및 won/50min으로 하였으나, 도시부/지역간 및 도로연장별 단위 시간당 지불용의액을 비교하기 위해 다시 원단위를 won/min로 전환한 것이다.

도시부 도로에서 LOS C→LOS A 와 LOS E→LOS C의 경우 같은 2단계 향상이라도 LOS E→LOS C의 경우 지불용의액(단속류: 17.5원/분, 연속류: 13.3원/분)이 LOS C→LOS A의 경우 지불용의액(단속류: 8.4원/분, 연속류: 9원/분)보다 많게 나타났다. 이는 주행조건이 비교적 양호한 LOS C에서 완전 자유통행 상태인 LOS A로 향상 될 경우의 지불용의액은 비교적 적게 나타났지만, 주행조건이 용량상태인 LOS E에서 LOS C로 향상 될 경우의 지불용의액은 비교적 크게 나타난 것으로 지극히 상식적인 결과라 할 수 있을 것이다. 또한, LOS E→LOS C의 경우 지불용의액(단속류: 17.5원/분, 연속류: 13.3원/분)과 LOS C→LOS A의 경우 지불용의액(단속류: 8.4원/분, 연속류: 9원/분)의 합이 LOS E→LOS A의 경우 지불용의액(단속류: 28.9원/분, 연속류: 23원/분)과 비슷한 수준을 보여 합리적인 조사 결과라 할 수 있다.

**Table 2. WIP according to changing degree of level of service (won/min)**

Roads	No. of Lns	LOS E→LOS C			LOS C→LOS A			LOS E→LOS A		
		Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.
Urban Interrupted	1	0	100.0	20.9	0	33.3	8.1	0	100.0	31.9
	2	0	66.7	18.0	0	33.3	8.5	0	66.7	28.6
	3	0	66.7	16.3	0	16.7	8.0	0	66.7	27.7
	4	0	46.7	14.8	0	16.7	9.0	0	66.7	27.2
	Ave.	0	70	17.5	0	25.0	8.4	0	75.0	28.9
Urban Uninterrupted	1	0	60	14	0	30	9	0	80	24
	2	0	40	14	0	30	9	0	60	23
	3	0	28	12	0	30	9	0	50	22
	4	0	28	13	0	30	9	0	50	23
	Ave.	0	39	13.3	0	30	9	0	60	23
Regional (Seoul-Daejeon)	1	0	60.0	12.8	0	20.0	9.0	0	70.0	20.3
	2	0	50.0	14.5	0	24.0	10.4	3.5	60.0	23.8
	3	0	40.0	14.9	0	30.0	10.7	2.5	52.0	23.1
	4	0	40.0	13.8	0	30.0	10.7	2.5	58.0	21.9
	Ave.	0	47.5	14.0	0	26	10.2	2.8	60	22.3
Regional (Seoul-Busan)	1	0	33.3	8.6	0	25.0	6.9	0	41.7	14.5
	2	0	25.0	8.8	0	25.0	6.0	2.1	33.3	14.1
	3	0	20.8	8.2	0	16.7	5.3	2.1	29.2	13.9
	4	0	20.8	8.2	0	16.7	5.5	2.1	33.3	14.1
	Ave.	0	25	8.5	0	20.9	5.9	2.1	34.4	14.2

**Table 3. WTP according to level of items (won)**

Roads	Change of Step	WTP for each Level								
		1	2	3	4	5	6	7	Interval	
Urban	Jongro	1 Step (E→C, C→A)	100	300	500	700	900	1,100	1,300	200
		2 Steps (E→A)	200	600	1,000	1,400	1,800	2,200	2,600	400
	Ilsan	1 Step (E→C, C→A)	100	350	600	850	1,100	1,350	1,600	250
		2 Steps (E→A)	200	700	1,200	1,700	2,200	2,700	3,200	500
Regional	Daejeon	1 Step (E→C, C→A)	200	700	1,200	1,700	2,200	2,700	3,200	500
		2 Steps (E→A)	500	1,500	2,500	3,500	4,500	5,500	6,500	1,000
	Busan	1 Step (E→C, C→A)	400	1,200	2,000	2,800	3,600	4,400	5,200	800
		2 Steps (E→A)	800	2,400	4,000	5,600	7,200	8,800	10,400	1,600

지역간 도로에서 용량상태인 LOS E→LOS A로 향상될 때 가장 높은 지불용의액(서울-대전: 22.3원/분, 서울-부산: 14.2원/분)이 조사된 반면, LOS C→LOS A로 향상될 때는 서울-대전 구간의 경우 LOS E→LOS A로 향상될 때 지불용의액의 1/2 수준인 10.2원/분(서울-부산: 5.9원/분)으로 조사되었다. 지역간 도로의 쾌적성 향상에 따른 지불용의액 조사 결과, 서울-대전은 평균 22.3원/분, 서울-부산은 평균 14.2원/분으로 조사되어 통행시간이 길어질수록 지불용의액에 대한 원단위는 감소하는 것으로 나타났다.

항목별 최대값을 본 조사 지불용의액의 항목별 최대값으로 적용하고, 지불용의액의 수준(간격)을 결정하기 위해 항목별 평균값을 이용하는 것을 원칙으로 Pilot 조사의 결과치를 활용하였다. Pilot 조사를 통해 선정된 지불용의액 기준값이 적절하게 산정되었는가를 검토하기 위하여 교통전문가 및 설문지 설계 전문가들의 의견을 수렴한 결과 쾌적성 가치 항목의 최대값은 적절하다고 판단하였으며, 최종적으로 선정된 각 항목별 지불용의액 예시는 Table 3과 같다.

**4. 쾌적성 가치 산정을 위한 지불용의액 조사**

설문지는 성, 연령, 직업, 소득, 승용차 보유 여부, 당일 통행 목적 등 응답자 개인적 배경에 관한 것과 도로밀도의 쾌적성 가치에 관한 것 등 2개 부분으로 구성하였다. 본 조사는 특정 구간 통행 시 주 교통수단으로 승용차 또는 버스를 이용하는 만20-60세 연령의 남녀를 대상으로 진행하였고, 조사의 시간적 범위는 2011년 5월 9일

부터 5월 20일을 기준으로 하였으며, 공간적 범위는 수도권 도시부 도로 통행 부분과 대도시간 지역간 도로 통행을 대상으로 하였다. 조사 표본수는 총 814명으로 도시부 도로 통행자 408명, 지역간 통행자 406명으로 구성되었으며, 이를 다시 성, 연령별로 분류하여 각 소집단별로 유효 표본수를 확보하였다(Table 4, Table 5).

본 연구에서 가상적·실험적 시장상황에 대한 응답자의 지불용의액을 질문하거나 제시된 가격에 대한 수용의사(willingness-to-accept)를 조사하는 방법으로 신뢰할만한 추정값을 제공할 수 있는 방법론인 CVM(Contingent Valuation Method : 조건부가치추정법) 방법론을 적용하였다. CVM 방법론에는 단일양분선택형 질문법, 이중양분선택형 질문법 그리고 개방형 질문법 등이 이용되고 있다.

개방형 질문법은 응답자가 스스로의 지불용의액을 직접 기입하므로 최초 제시금액에 의한 편의로부터 자유우나 응답자들이 자신의 지불용의액을 구체적으로 판단하기 어려워하는 인지피로(cognitive stress) 문제가 발생하는 단점이 있다. 단일양분선택형 질문법은 폐쇄형 질문법(closed-ended question)은 응답자에게 미리 선정된 여러 금액 중의 하나를 미리 제시하고 그 금액의 지불의사를 '예/아니오'로 대답하도록 하는 방식으로서 소비자들이 보통의 시장거래에서 마주하는 상황과 가장 유사한 상황을 설정할 수 있는 것으로 평가되고 있으며, 응답자가 판단하기 쉬운 무응답률이 감소하는 반면, 자료량에 비해 가용 정보가 적어 비효율적인 단점이 있다 (Choi et al., 2005).

**Table 4. Characteristics of respondents on urban roads**

(person)

Survey Items		Jongro	Ilsan	Passenger Car	Bus	Total
Gender	Male	102	101	151	52	203
	Female	102	103	153	52	205
Age	20-29	50	52	76	26	102
	30-39	51	50	76	25	101
	40-49	52	52	76	28	104
	50-59	51	50	76	25	101
Income (million won)	1 or less	-	-	-	-	
	1-1.99	1	4	1	4	5
	2-2.99	29	24	29	24	53
	3-3.99	46	36	68	14	82
	4-4.99	59	50	82	27	109
	5-5.99	56	67	93	30	123
6 or more	13	23	31	5	36	
Total		204	204	304	104	408

**Table 5. Characteristics of respondents on regional roads**

(person)

Survey Items		Daejeon	Busan	Passenger Car	Bus	Total
Gender	Male	102	102	151	53	204
	Female	102	100	150	52	202
Age	20-29	51	43	68	26	94
	30-39	51	62	83	30	113
	40-49	51	50	76	25	101
	50-59	51	47	74	24	98
Income (million won)	1 or less	-	4	4	-	4
	1-1.99	2	5	5	2	7
	2-2.99	10	22	17	15	32
	3-3.99	48	34	69	13	82
	4-4.99	61	42	78	25	103
	5-5.99	58	70	93	35	128
6 or more	25	25	35	15	50	
Total		204	202	301	105	406

본 연구에서는 이러한 CVM 방법 중 가장 최근에 활발히 활용되고 있으며, 폐쇄형 질문법의 단점을 보완하면서 CVM 조사의 취지를 적절히 반영할 수 있는 것으로 평가받고 있는 이중양분선택형(double-bounded dichotomous choice) 질문법을 활용하였다.

가상상황으로는 대상도로 주행 시 차간거리가 21m에서 161m(140m 넓어짐, LOS E→A), 21m에서 66m(45m 넓어짐, LOS E→C), 66m에서 161m(95m 넓어짐, LOS C→A)로 걸어 질 경우를 설정하였으며, 각각의 가상상황별 임의의 지불용의액을 제시한 후 수용의사를 묻는 방법으로 설문을 진행하였다. 또한, 첫 번째 질문의 대답(예/아니오)에 따라 다음 제시 금액을 높이거나 낮추는 방법으로 두 번째 질문을 진행하였다.

## V. 분석결과

### 1. 조사자료 분석 및 모형설정

도시부 도로 통행에 대한 설문조사 결과 제시금액 3 수준(805명, 24.7%)을 가장 많은 응답자가 선택하였고, 지역간 도로 통행에 대한 설문조사 결과 제시금액 4 수준(765명, 23.6%)을 가장 많은 응답자가 선택하였으며 도시부와 지역간 도로 모두 3, 4, 5수준이 전체 약 70%로 큰 비중을 차지하였다.

밀도에 따른 쾌적성 가치 측정 시 본 조사의 응답자 대부분은 도로 전문가가 아닌 일반인을 대상으로 설문조사를 수행하므로 일반인에 대한 설문지의 이해를 높이기

**Table 6. Results of survey**

Roads	First Question				Second Question			
	WTP (won)	No	Yes	Yes Rate(%)	WTP (won)	No	Yes	Yes Rate(%)
Jongro	300	1	105	99.1	100		1	100.0
	500	7	87	92.6	300		7	100.0
	600		28	100.0	500	13	110	89.4
	700	18	68	79.1	700	33	89	73.0
	900	35	40	53.3	900	66	74	52.9
	1000		4	100.0	1000		28	100.0
	1100	72	17	19.1	1100	29	11	27.5
	1400		6	100.0	1300	7	10	58.8
	1800	4		0.0	1400		8	100.0
	2200	53	1	1.9	1800	56	3	5.1
				2600	1		0.0	
	계	190	356	65.2	계	205	341	62.5
Ilsan	350	2	94	97.9	100		2	100.0
	600	6	85	93.4	350		6	100.0
	700		15	100.0	600	25	88	77.9
	850	19	46	70.8	850	30	102	77.3
	1000	1		0.0	1100	69	27	28.1
	1100	45	22	32.8	1200		15	100.0
	1200		10	100.0	1350	1	20	95.2
	1350	50	24	32.4	1600	12	12	50.0
	1700		8	100.0	1700		17	100.0
	2200	7	3	30.0	2200	59	3	4.8
2700	54		0.0	2700	3		0.0	
	계	184	307	62.5	계	199	292	59.5
Daejeon	700		52	100.0	1200		52	100.0
	1200	11	93	89.4	1500		23	100.0
	1500		50	100.0	1700	22	128	85.3
	1700	11	71	86.6	2000		1	100.0
	2200	51	57	52.8	2200	58	95	62.1
	2500	23	26	53.1	2500	28	73	72.3
	2700	81	22	21.4	2700	21	41	66.1
	3500	51	4	7.3	3200	29	2	6.5
	4500	52		0.0	3500	71	7	9.0
	5500	53		0.0	4500	57		0.0
	계	333	375	53.0	계	286	422	59.6
Busan	1200	31	49	61.3	400		18	100.0
	2000	7	98	93.3	600		1	100.0
	2400	36	13	26.5	800		35	100.0
	2800	20	84	80.8	2000	18	54	75.0
	3600	28	42	60.0	2400	3	18	85.7
	4000	21	35	62.5	2800	38	90	70.3
	4400	53	26	32.9	3600	103	32	23.7
	5600	40		0.0	4000	33	20	37.7
	7200	52		0.0	4400	27	20	42.6
	8800	46		0.0	5200	38		0.0
				5600	87		0.0	
				7200	46		0.0	
	계	334	347	51.0	계	393	288	42.3

위해서 서비스 수준별 밀도를 서비스 수준별 앞차와의 차간거리로 전환하여 설문조사를 수행하였으며 설문조사 수행 및 결과 분석 시 밀도 대신 차간거리를 사용하기로 하였다. 차간거리에 대한 쾌적성 가치 추정을 위한 양분 선택형 질문을 이용한 방법에서의 종속 변수는 수용의향(Res)이고, 수용의사는 차간거리, 차로수 및 제시금액

의 함수로 설정되며, Limdep 프로그램의 로짓 분석 절차에 따라 분석하였다.

제시금액별 표본 수 및 응답결과는 Table 6과 같으며, 강남-종로구간의 경우, 첫 번째 제시금액에 “Yes”라고 대답한 경우는 총 546개 중 65.2%였다. 제시금액이 작을 수록 수용률이 높은 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 두 번째 질문은 첫 번째 제시금액에 “Yes”로 응답하면 금액을 올린 후, “No”로 응답하면 금액을 내린 후, 재차 질문한 것이므로 수용률은 첫 번째 질문 결과에 비해 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 다른 구간도 비슷한 경향을 보이고 있으나, 서울-대전구간에서만 두 번째 질문에 대한 수용률이 첫 번째 보다 높게 나타났다. 서울-부산구간의 경우 첫 번째 제시금액에 대한 수용률이 51.0%였으며, 두 번째 질문에는 42.3%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

조사된 자료로부터 통행자의 제시금액에 대한 수용의사에 영향을 줄 수 있는 제시금액, 차로수, 기존 차간거리, 연령, 소득, 성별, 차종 등 7개의 독립변수를 선정하였다. 제시금액(Bid)은 운전쾌적성 가치를 판단할 수 있는 가장 직접적인 척도로써 적용되었으며, 차로수(Lane)는 차간거리가 같더라도 차로수 별로 운전쾌적성 가치가 다를 수 있다는 전제하에 차로수 변화에 대한 운전쾌적성 가치 변화를 산정하기 위해 선정되었다. 기존 차간거리(Distance)는 증가 된 차간거리가 같더라도 기존의 차간거리에 따라 운전쾌적성 가치는 다를 것이라는 판단하에 기존 차간거리 변화에 대한 운전쾌적성 가치 변화를 산정하기 위해 선정되었다. 연령(Age)은 운전의 부담을 상대적으로 많이 느끼는 고령일수록, 소득(Income)은 고소득일수록 운전쾌적성 가치를 높게 평가할 수 있으므로 이를 반영하기 위해 선정되었으며, 성별 더미(Gender) 및 차종 더미(Car)도 이러한 맥락에서 선정되었다. 각 독립변수의 단위로는 제시금액(Bid)은 ‘원’, 차로수(Lane)는 ‘개’, 기존 차간거리(Distance)는 ‘m’, 연령(Age)은 ‘세’, 소득(Income)은 ‘백만원’, 성별 더미(Gender)의 경우는 남자는 1, 여자는 0으로, 마지막으로 차종 더미(Car)는 승용차 통행 1, 버스 통행 0으로 적용하였다.

제시금액과 기존 차간거리의 기대부호는 음(-)으로서 다른 조건이 동일할 경우 제시금액이 낮을수록, 기존 차간거리가 짧을수록 상대적으로 지불의사가 높을 것으로 예상되었으며, 연령, 소득, 성별, 차종 변수의 기대부호는 양(+)으로서, 다른 조건이 동일할 경우 나이가 많을수록, 소득수준이 높을수록, 남자가 여자에 비해, 승용차 통행이 버스통행에 비해 상대적으로 지불의사가 높을 것

으로 예상하였다.

도시부 도로에 대한 쾌적성 가치를 추정하기 위해 이중양분선택형 질문에 대한 로짓분석 결과는 Table 7과 같다. 주요 변수만 고려했을 경우와 인구통계적 변수를 포함해서 고려했을 경우 모두에서 제시금액(Bid)와 차로수(Lane), 기존 차간거리(Distance) 등이 통계적 유의성을 확보하여 모형에 포함하였다. 제시금액과 기존 차간거리의 파라미터가 음(-)으로 추정되어, 제시금액이 낮을수록, 기존 차간거리가 짧을수록 지불의사가 높은 것으로 파악되어 직관적 상식과 일치하고 있음을 알 수 있다. 차로수의 경우 파라미터가 양(+)으로 추정되어 차로수가 많을수록 지불의사가 높은 것으로 파악되었는데, 이는 차로수가 많을수록 지불용의액이 작다라는 Pilot 조사 결과와 상반되는 것으로 나타난 것이다. 공학적으로 어느 것이 맞다라고 단정지을 수는 없지만, 파라미터가 양(+)이라는 의미는 차로수가 많음으로 해서 차로변경 등의 기회가 더 많아 그 만큼 더 가치가 있다라는 것으로 해석될 수 있고, 이것은 상식과 크게 어긋나지 않는 것으로 판단된다. Pilot 조사 결과는 본 조사 시 지불용의액 제시금액 설정에만 사용되었고, 모델을 정산하는 과정에서는 사용되지 않았으므로 본 조사 결과치와 다르더라도 연구 전개 상 문제는 되지 않았다.

또한, 인구통계적 변수로는 성(Gender)과 소득(Income)이 통계적 유의성을 확보하여 모형에 포함하였는데, 두 변수 모두 파라미터가 양(+)으로 나타나 여자보다는 남자가, 소득 수준이 높을수록 지불용의액이 높은 것으로 파악되어 직관적 상식과 일치하고 있다. 모형의 적합도 검증에서 두 모형 모두  $\chi^2$ 값이 통계적으로  $P < .001$  수준 이내에서 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 우도비도 각각 0.375, 0.380으로 나타나, 모형의 적합도는 상당히 양호한 것으로 분석되었다.

Table 7의 각 파라미터 추정치를 적용한 차간거리에 따른 쾌적성 가치 원단위(원/m·km) 모형식은 식(4)와 같다.

$$W_{\text{도시부}} = \frac{5.783 + 0.440 \times \text{차로수} - 0.048 \times \text{차간거리}}{\frac{\text{지불용의액 계수}(-0.004)}{\frac{\text{평균차간거리 조사치}(m)}{\text{평균구간거리}(km)}}} \quad (\text{원/m}\cdot\text{km}) \quad (4)$$

식(4)에서 조사치의 평균 차간거리(83.848m)와 조사치의 평균 구간길이(20km)로 나눈 것은 단위 차간거

**Table 7. Estimation model for WTP according to distance between vehicles and number of lanes on urban roads**

Variable	Model 1(Major variables)			Model2(Demographic variables)		
	Coefficient	t-statistic	P-value	Coefficient	t-statistic	P-value
constant	5.783	17.534	0.000	5.001	12.152	0.000
Bid	-0.004	-20.745	0.000	-0.004	-20.679	0.000
No. of Lanes	0.440	7.789	0.000	0.445	7.835	0.000
Distance between Vehicles	-0.048	-14.551	0.000	-0.049	-14.564	0.000
Gender				0.350	2.892	0.003
Age				-	-	-
Income				0.128	2.563	0.010
Car				-	-	-
Verification statistics	Number of observation = 2,074			Number of observation = 2,074		
	$L(\hat{\beta}) = -857.0259$			$L(\hat{\beta}) = -850.4596$		
	$L(0) = -1372.210$			$L(0) = -1372.210$		
	우도비: $\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} = 0.375$			우도비: $\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} = 0.380$		
	$\chi^2 = 1030.368$ (df=3, P=0.0000)			$\chi^2 = 1043.500$ (df=5, P=0.0000)		

리(m)당, 단위구간길이(km)당 지불용의액으로 환산하기 위해서이다. 차로수 변수의 경우 설문조사 시 동일한 차로수에 대해서만 차간거리 변화에 따른 지불용의액을 조사하였기 때문에 차로수 변화에 대한 편익을 직접적으로 산정하기는 곤란하며, 차로수와 차간거리를 모형식의 변수로 모두 반영할 경우 모형을 이용한 편익계산이 다소 복잡해질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 차로수 변수의 영향을 차간거리에 따른 지불용의액 원단위 추정모형식의 상수값에 흡수시켜 반영하기로 하였다. 그러므로 도시부 도로의 차간거리에 대해 주요변수만을 고려한 지불용의액 원단위 모형식은 식(5)와 같이 된다. 여기서, 기준차간거리는 도시부도로에 대해 쾌적성에 대한 추가적인 지불용의액이 없는 상태의 차간거리를 의미한다.

$$W_{\text{도시부}} = |(-0.9373 + 0.0066 \cdot \text{차간거리})| (\text{원/m}\cdot\text{km}) \quad (5)$$

Table 8은 도시부 도로의 기존 차간거리별로 차간거리 증가에 대한 지불용의액을 정리한 것으로, 지불용의액의 크기는 전반적으로 기존 차간거리가 짧을수록 큰 것으로 추정되었다. 이는 차간거리가 짧은 도로에서의 쾌적성 가치에 대한 요구가 더 강함을 의미하는 것으로 해석된다. 그리고 차간거리가 161m인 경우는 지불용의액이 없는 것으로 나타나 기존 차간거리가 현저히 긴 수준에서는 쾌적성 가치에 대한 추가적인 요구가 없는 것

**Table 8. WTP for increasing of 1m of distance between vehicles on rban roads (won/m·km)**

Current Distance between Vehicles	Model 1 (Major variables)	Model 2 (Demographic variables)
21 m (LOS F)	0.80	0.80
30 m (LOS E)	0.74	0.74
47 m (LOS D)	0.63	0.63
66 m (LOS C)	0.50	0.50
95 m (LOS B)	0.31	0.31
161 m (LOS A)	0.00	0.00

으로 볼 수 있으며, 이는 도로 이용자가 만족하는 가장 쾌적한 차간거리가 서비스 수준 A인 161m로 해석될 수 있다. 여기서 원단위는 won/m·km로 차간거리 1m 증가 시 도로연장 1km당 지불용의액을 의미한다. 즉, Pilot 조사 및 본 조사 시 지불용의액 제시금액 원단위는 도시부의 경우 조사구간에 따라 won/30min 및 won/50min이었으나, 본 조사 결과치와 모형식을 적용하여 산정된 지불용의액 원단위는 won/m·km로 전환된 것이다.

지역간 도로의 차간거리에 대한 쾌적성 가치를 추정하기 위해 이중양분선택형 질문에 대한 로짓분석 결과는 Table 9와 같다. 주요 변수만 고려했을 경우와 인구통계적 변수를 포함해서 고려했을 경우 모두에서 제시금액(Bid)와 차로수(Lane), 기존 차간거리(Distance) 등이 통계적 유의성을 확보하여 모형에 포함하였다. 도시부 도로에서와 같이 제시금액과 기존 차간거리의 파라미터가 음(-)으로 추정되어, 제시금액이 낮을수록, 기존 차간거리가 짧을수록 지불의사가 높은 것으로 파악되었으며, 차로수의 경우 파라미터가 양(+)으로 추정되어 차로수가 많을수록 지불의사가 높은 것으로 파악되었다. 또한, 인구통계적 변수로는 성(Gender)과 소득(Income)이 통계적 유의성을 확보하여 모형에 포함하였는데, 두 변수 모두 파라미터가 양(+)으로 나타나 여자보다는 남자가, 소득 수준이 높을수록 지불의사가 높은 것으로 파악되어 도시부 도로에서의 결과와 같음을 보였다. 모형의 적합도 검증에서 두 모형 모두  $\chi^2$ 값이 통계적으로 P<.001 수준 이내에서 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 우도비도 각각 0.335, 0.370으로 나타나, 모형의 적합도는 상당히 양호한 것으로 분석되었다.

모형 추정 결과 도시부 도로와 같이 차로수와 차간거리 변수가 통계적 유의성을 확보하여 모형에 반영이 가능한 것으로 나타났으나, 도시부 도로의 변수선정과 같은 이유로 차로수 변수는 차간거리에 따른 지불용의액

**Table 9. Estimation model for WTP according to distance between vehicles and number of lanes on regional roads**

Variable	Model 1(Major variables)			Model2(Demographic variables)		
	Coefficient	t-statistic	P-value	Coefficient	t-statistic	P-value
constant	4.470	19.857	0.000	2.735	9.417	0.000
Bid	-0.001	-25.099	0.000	-0.001	-25.182	0.000
No. of Lanes	0.201	4.582	0.000	0.215	4.735	0.000
Distance between Vehicles	-0.027	-11.367	0.000	-0.030	-11.951	0.000
Gender				0.969	9.348	0.000
Age				-	-	-
Income				0.316	7.546	0.000
Car				-	-	-
Verification statistics	Number of observation = 2,778			Number of observation = 2,778		
	L( $\beta$ ) = -1280.020			L( $\beta$ ) = -1211.986		
	L(0) = -1924.231			L(0) = -1924.231		
	우도비: $\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} = 0.335$			우도비: $\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} = 0.370$		
	$\chi^2 = 1288.423$ (df=3, P=0.0000)			$\chi^2 = 1424.491$ (df=5, P=0.0000)		

원단위 추정모형식의 상수값에 흡수시켜 반영하였다. 지역간 도로의 차간거리 쾌적성 가치에 대해 주요변수만을 고려한 지불용의액 원단위 모형식은 식(6)과 같다.

$$W_{지역간} = |(-0.1446 + 0.0008 \cdot \text{차간거리})| \cdot (\text{원/m·km}) \quad (6)$$

Table 10은 지역간 도로의 기존 차간거리별 차간거리 증가에 대한 지불용의액의 원단위를 정리한 것으로, 도시부 도로의 경우와 같이 지불용의액의 크기는 전반적으로 차간거리가 짧을수록 큰 것으로 추정되었다. 도로의 차간거리에 대한 쾌적성 측면의 지불용의액은 도로의 차간거리에 대한 개선 수준에 비례하며, 도로의 차간거리 변화에 따라 지불용의액이 다른 것으로 나타났다. 또한 도로의 차간거리 변화가 같더라도 사업 전의 차간거리와 사업 후의 차간거리에 따라 지불용의액이 다른 것으로 나타났다. 즉, 도로의 차간거리가 증가하더라도 기존 차간거리가 어느 정도인지에 따라 지불용의액이 다른

**Table 10. WTP for increasing of 1m of distance between vehicles on regional roads (won/m·km)**

Current Distance between Vehicles	Model 1 (Major variables)	Model 2 (Demographic variables)
21 m (LOS F)	0.13	0.13
30 m (LOS E)	0.12	0.12
47 m (LOS D)	0.11	0.11
66 m (LOS C)	0.09	0.09
95 m (LOS B)	0.07	0.07
161 m (LOS A)	0.00	0.01

게 나타나 지불용의액이 기존 차간거리에 영향을 받는 것으로 분석되었다.

또한 도로의 차로수에 따른 차간거리 변화는 지불용의액의 차이를 발생시켰으며, 즉, 동일한 수준의 차간거리라도 도로의 차로수에 따라 쾌적성에 대한 지각 수준이 다르게 나타나 도로의 차로수 역시 지불용의액에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

## 2. 쾌적성 편익 적용방안

도로사업의 편익항목은 사업 영향권에 대하여 사업 시행 전과 후의 비용을 산정하여 사업을 시행함으로 인해 감소한 비용을 편익으로 산정한다. 그러므로 차간거리 증가에 대한 쾌적성 편익은 사업 시행으로 인해 차간거리 증가에 대한 도로의 쾌적성이 개선되는 부분을 사업 영향권 내에 포함된 모든 도로의 사업시행 전/후 차간거리의 변화에 따른 지불용의액 차이를 이용하여 편익으로 산정하고자 한다. 또한, 운전자 기준의 쾌적성 가치만을 고려하였으므로 도로를 이용하는 운전자에 대해서만 편익을 계산하기로 하였다.

사업 시행 전과 후, 각각의 차간거리에 따른 지불용의액을 추정하기 위해서는 사업시행 전과 후에 공통으로 적용할 수 있는 기준 차간거리가 필요하다. 기준 차간거리는 운전자가 이용하고 있는 도로의 운전쾌적성에 만족하는 상태(즉, 차간거리가 더 긴 도로를 이용하기 위하여 추가비용을 지불할 용의가 없는 상태)의 차간거리로 정의하였으므로, 기준 차간거리는 도시부 도로와 지역간 도로 공히 연속류도로의 서비스수준 A의 기준이 되는 차간거리 161m를 기준 차간거리로 적용하였다. 사업 시행 전과 후, 각각의 차간거리에 따른 지불용의액 원단위는 기준차간거리와 사업시행 전/후 각각의 도로 서비스수준에 따른 차간거리의 차이로 계산한다.

여기서 한 가지 고려해야 할 사항은 교통수요분석 시 물레이션 툴인 EMME/3에서는 링크별 차간거리를 직접적으로 알 수가 없으므로 차간거리 산정을 위해서는 EMME3에서 제공하는 링크별 교통량과 속도를 이용하여 차간거리를 추정하여야 한다는 것이다. 본 연구에서는 교통류 분야에서 가장 널리 이용되고 있는 GreenShields 모형의 전제인  $\text{교통량} = \text{밀도} * \text{속도}$  공식 적용하기로 하였다. 차간거리에 대한 쾌적성 편익은 사업 시행 전과 후의 지불용의액 원단위에 링크 길이, 교통량을 이용하여 식 (7)과 같이 산출한다.

$$VOC_{gap} = [\sum_l (GW_l \times L_l \times V_l)_{\text{사업시행전}} - (GW_l \times L_l \times V_l)_{\text{사업시행후}}] \times 365 \quad (7)$$

여기서,

$VOC_{gap}$  : 차간거리 증가에 대한 연간 쾌적성 편익

$GW_l$  : 차간거리에 대한 링크  $l$ 의 지불용의액 원단위 (원/km)

$L_l$  : 링크  $l$ 의 길이(km)

$V_l$  : 링크  $l$ 의 교통량(대/일)

운전쾌적성 편익 규모의 적절성을 검토하고자 국토확장사업(2차로→4차로, 총 연장 9.7km)에 대해 사례분석을 수행하였다. 분석 결과 총 편익은 약 4,858억원이었으며 차간거리 증가로 인한 운전쾌적성 향상 편익은 203억원으로 나타나 전체 편익의 약 4.17%를 차지하였다. 운전쾌적성 편익의 적정 규모 및 적정 비율을 판단하기는 어렵지만, 전체 편익의 4% 정도라면 어느 정도 타당하리라 판단된다.

## VI. 결론

본 연구에서는 도로투자 사업으로 인한 편익 중 일반적으로 계상하고 있는 통행시간 절감 및 차량운행비용 절감 등 직접적인 편익 이외에 추가적으로 이용자입장에서 체감할 수 있는 도로 주행 중 운전쾌적성 편익을 산정하고자 운전쾌적성의 정의를 마련하였고 운전쾌적성 산정방법론을 개발하였다.

도로투자 사업으로 인한 쾌적성 향상 편익은 주로 영국 및 일본에서 제한적으로 적용하고 있으며, 우리나라 및 미국을 비롯한 그 이외의 나라에서는 편익으로 산정하고 있지 않다. 그러나, 도로투자 사업으로 통행시간 절감 및 차량운행비용 절감 등 현재 관련 지침에서 산정하고 있는 편익 이외에 도로의 교통상황이 양호해짐으로써 운전자들의 운전피로도가 감소함으로써 발생하는 편익 및 이로 인한 교통사고 감소 등 파생되는 편익은 분명히 존재할 것이다. 이러한 편익이 관련지침에 포함되지 않음으로써 도로건설을 통해 얻을 수 있는 편익이 과소평가되고 이는 곧 도로투자에 대한 타당성평가가 왜곡될 수 있다는 의미가 될 수 있는 것이다.

본 연구에서는 도로특성(도시부/지방부) 및 차량 밀도(차간거리)에 따른 이용자의 지불용의액을 CVM 방법

중 가장 최근에 활발히 활용되고 있는 이중양분선택형 (double-bounded dichotomous choice)질문법을 활용하여 설문조사한 후 그 결과를 로짓모형에 적용하여 운전쾌적성 가치를 도출하였다.

도시부 및 지역간 도로에서 공회 지불용의액의 크기는 전반적으로 기존 차간거리가 짧을수록 큰 것으로 추정되었다. 즉, 차간거리가 짧은 도로에서의 쾌적성 가치에 대한 요구가 더 강한 것으로 나타나 상식적 직관과 일치하였다. 차간거리가 161m인 경우는 지불용의액이 없거나 매우 작은 수준으로 나타나 기존 차간거리가 현저히 긴 수준에서는 쾌적성 가치에 대한 추가적인 요구가 없는 것으로 나타났다. 또한 도로의 차간거리 변화가 같더라도 사업 전의 차간거리와 사업 후의 차간거리에 따라 지불용의액이 다른 것으로 나타났다. 즉, 도로의 차간거리가 증가하더라도 기존 차간거리가 어느 정도인지에 따라 지불용의액이 다르게 나타나 지불용의액이 기존 차간거리에 영향을 받는 것으로 분석되었다.

현재 운전쾌적성 향상에 대한 편익을 도로건설 시 편익으로 산정하는 사례는 전문한 상황이며, 본 연구에서 처음으로 제안한 것으로 이것이 실현되기 위해서는 우선 도로건설 주최 및 이용자들을 포함한 사회전체 구성원들의 합의를 이끌어 내는 과정이 필요할 것이며, 운전쾌적성 가치 추정을 위해 본 연구에서 적용한 CVM 기법에 대한 심도있는 검토를 통해 운전쾌적성 가치의 객관성을 확보하는 것이 무엇보다도 중요할 것이다. 특히, 설문조사 시 서비스 수준별로 통행속도의 변화는 없다라는 전제를 주었음에도 불구하고 응답자는 쾌적성 향상 시 통행시간 절감으로 인한 편익도 어느 정도는 함께 고려하여 답했을 개연성은 다분히 있다고 보인다. 이러한 점은 본 연구의 한계라 판단되며, 향후에는 통행시간에 대한 고려를 완전히 배제할 수 있는 방법론에 대한 연구가 필요할 것이다.

## REFERENCES

Choi Y., Choi M. H. (2005), Measuring the Flood Risk Perception of Residents by Employing a Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Method, J. Korea Planners Association, 40(4), 187-199.

Department for Transport (2009), New Approach to Appraisal(NATA), United Kingdom.

Korea Development Institute (2008), A Study on Standard Guideline for Pre-Feasibility Study on Road and Railway Projects (5h Edition), Seoul, Korea.

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2008), Manual of Investment Assessment for Transport Facilities, Japan.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011), Manual of Investment Assessment for Transport Facilities(4th Edition), Gwacheon, Korea.

The Korea Transport Institute (2008), Improved methodologies for estimating benefits of railway schemes in the transport appraisal, Goyang, Korea.

The Korea Transport Institute (2011), A Study of Improvement schemes of Manual of Investment Assessment for Transport Facilities(Highways), Goyang, Korea.

알림 : 본 논문은 한국교통연구원에서 수행한 연구보고서 (교통시설 투자평가지침(도로부문) 개선방안 연구, 2011)의 일부 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

- ✉ 주 작성자 : 조한선
- ✉ 교신저자 : 조한선
- ✉ 논문투고일 : 2013. 3. 15
- ✉ 논문심사일 : 2013. 4. 30 (1차)
- 2013. 6. 4 (2차)
- 2013. 8. 4 (3차)
- ✉ 심사판정일 : 2013. 8. 4
- ✉ 반론접수기한 : 2014. 2. 28
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필