

# 경제성 분석을 위한 자전거 도로가치 평가 연구

## Estimating Benefit from Constructing Bicycle Roadway for Economic Analysis

이진각\* · 이상화\*\* · 손영태\*\*\*

Lee, Jin Kak · Lee, Sang hwa · Son, Young Tae

### 1. 서론

그동안 우리 사회는 자동차 증가로 인한 도시 팽창화가 지속되어 왔고 이것을 해결하기 위해 도로 공급을 꾸준히 해 왔으나 그 한계에 이르고 있는 실정이다. 이렇게 꾸준한 자동차 증가는 배기가스로 인한 대기 오염 및 교통 혼잡을 유발하여 문제를 발생시키고 있다.

최근에는 대기오염 감소와 도시교통 문제를 해결하기 위해 승용차 통행수요를 대중교통 수요로 전환시키고 도시개발 방식도 대중교통중심 개발로 전환하고 있는 추세이다. 아울러 대중교통으로의 전환과 함께, 자전거나 보행을 중심으로 한 녹색교통수단에 대한 관심과 이에 대한 교통체계를 갖추기 위한 노력들도 활발히 진행 중에 있다. 특히, 자전거 교통수단의 경우 최근 주5일제 도입으로 인한 여가활동 및 레저수요 증가, 개인의 건강증진을 도모한 삶의 질 향상, 근거리 교통수단으로의 대체 등 여러 측면에서 효율성이 매우 높은 교통수단으로 평가받고 있다.

그러나 현재 도로건설 시 경제성 분석을 통한 타당성 검토의 경우, 사용되는 편익 항목이 통행시간 단축, 교통량 증대 등을 목표로 하는 양적 정비 위주계획에 적절한 지표 역할을 담당해 와서, 자전거 교통수단을 위한 도로 건설 시 편익을 추정하는 데는 많은 한계를 나타내고 있다.

이는 편익 추정 항목이 교통량에 직접 의존하여 계측하는 항목만 포함되어 있어 자전거 교통수단과 같이 승용차 교통수단 등에서 전환되는 교통량을 계측할 수 없는 한계가 있어 편익을 산출하기 어렵고, 특히 자전거 도로 건설 같이 공공사업 성격이 강한 경우, 생활환경개선, 지역균형발전, 양호한 경관형성 등 다양한 도로 기능 편익을 지니고 있는데 이들 항목은 기존 경제성 분석의 경우에는 간과되는 측면이 있다.(표 1. 참조)

표 1. 기존 도로건설에 따른 편익 산정 항목

구 분		주요 내용	
분석항목	비용	설계비, 건설비, 보상비, 유지관리비 등	
	편익	직접편익	차량 운행비용절감, 통행시간 비용절감, 교통사고 감소, 쾌적성 증가 등
		간접편익	환경비용 절감, 지역개발 효과, 시장권의 확대, 지역 산업구조 개편 등
분석방법	B/C, IRR, NPV		
분석내용	· 교통량에 직접 의존, 계측가능하고 화폐환산 가능 항목만 포함		
문제점	· 문화, 관광 가치, 지역균형 발전, 생활환경 개선 등 간접편익 배제 · 질적 측면의 도로기능 요구 수용 불가		

이에 본 연구에서는 비시장재 가치를 평가하기 위하여 환경경제 분야에서 많이 적용하고 있는 조건부가치추정법(CVM : Contingent Valuation Method ; 이하 CVM)을 실제 자전거도로로 건설되어 지역균형 발전 및 자전거 이용활성화가 극대화 될 경우를 가정하여, 시민들에게 직접 설문조사를 수행하고, CVM 방법론에 따

\* 정회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 · 공학석사 · E-mail : leejinkak@mju.ac.kr

\*\* 정회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 · 공학석사 · E-mail : soboru2@hotmail.com

\*\*\* 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : son@mju.ac.kr



른 지불의사액(Willing to Pay) 및 편익을 추정하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. CVM 기법 적용

### 2.1 CVM 개요

자전거 도로 건설에 따른 건강증진에 따른 삶의 질 향상, 쾌적성, 관광수요 증가 등 비시장재화의 경제적 가치 추정방법은 여행비용 접근법(TCM : Travel Cost Method), 헤도닉 가격접근법 및 CVM 방법 등이 있다. 이 중 CVM 기법은 실험설계, 마케팅, 심리학, 사회학, 조사연구 등의 유연성 있게 사용되고 있고, 본 연구의 자전거 도로와 같은 문화, 관광, 레크레이션 등 다양한 분야의 가치추정이 가능하다는 것이며, 가상적인 환경의 질 및 상태에 대한 경제적 평가가 가능한 것이 장점이다.

### 2.2 CVM 추정 모형

본 연구에서는 Hanemann(1984, 1989)이 제안한 효용격차모형(utility difference model)을 사용하며, 주어진 화폐소득과 개인의 특성들에 근거하여 공공재의 수준 변화에 대해 느끼는 효용은 간접효용함수 ( $v(j, y; s)$ ,  $y$ : 소득,  $s$ : 개인의 관찰 가능한 특성들)로 표현되며, 관찰될 수 없는 부분이 존재하여 다음과 같이 확률적 성분을 갖게 된다.

$$u(j, y; s) = v(j, y, s) + \varepsilon_j, \quad j = 0, 1 \tag{1}$$

만약, 응답자가 “자전거 도로 건설을 위해 B금액을 지불할 의사가 있는가?”라는 질문에 대해 “예”라고 응답하는 경우, 효용함수는  $u(1, y - B; s) \geq u(0, y; s)$  로서, 사업시행 이전에 누렸던 효용보다 소득의 감소에도 사업시행으로 얻는 효용이 더 커짐을 의미한다. 이는 다시 식(2)와 같은 효용격차함수로 나타난다.

$$\Delta v = v(1, y - B; s) - v(0, y; s) \geq \varepsilon_0 - \varepsilon_1 = \eta \tag{2}$$

여기서, 1과 0은 각각 사업이 시행된 상태와 시행되기 이전의 상태를 나타내며,  $\eta$ 는  $\varepsilon_0 - \varepsilon_1$ 이며 효용격차의 분포를 정형화하기 위한 확률변수(stochastic variable)이다. 각 응답자는 사업시행을 통해 얻을 수 있는 간접효용의 증가분( $\Delta v$ )이 양(+)이면 “예”라고 답하고 제시금액의 지불에 대해 동의하는 것으로 개인의 효용을 증가시킬 것이다. 따라서 응답자가 “예” 응답을 할 확률은 다음의 식(3)과 같다.

$$\Pr(\text{Yes}) = \Pr(\Delta v \geq \eta) = F_\eta(\Delta v) \tag{3}$$

여기서,  $F_\eta(\cdot)$ 는 확률변수  $\eta$ 의 누적분포함수로 응답자가 실제로 지불의사질문에 대해 “예”라는 응답을 하였다면 확률변수인 지불의사액 C에 대하여  $\Pr(\text{Yes}) = \Pr(B \leq C) = 1 - G_C(B)$  임을 의미한다. 따라서  $\eta$ 의 누적분포함수는 다음의 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서  $G_C(\cdot)$ 는 확률변수 C의 누적분포함수이며, B는 역시 제시된 금액(bid price)이다.

$$F_\eta(\Delta v) = 1 - G_C(B) \tag{4}$$

또한 효용극대화를 추구하는 응답자 N명의 표본을 가정할 경우 i번째 응답자가 제시금액( $B_i$ )에 “예”라고 응답할 때와 i번째 응답자가 제시금액( $B_i$ )에 “아니오”라고 응답할 때로 구별하면, 로그-우도함수는 식(5)와 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N [I_i^Y \ln(1 - G_C(B_i)) + I_i^N \ln G_C(B_i)] \tag{5}$$

만약,  $\Delta v$ 는 B에 대해 선형함수( $\Delta v = \alpha - \beta B$ )이고, 선형 연구들의 사례에 따라  $G_C(B_i)$ 가 로지스틱 분포를 따른다면, 다음의 식(6)과 같은 SBDC 모형의 로그-우도함수를 얻을 수 있다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N [I_i^Y \ln \frac{1}{1 + \exp -(\alpha - \beta B_i)} + I_i^N \ln \frac{1}{1 + \exp(\alpha - \beta B_i)}] \tag{6}$$

Hanemann에 의하면, 근거한 개인이 사업시행에 대한 WTP가 0보다 크거나 같다고 가정할 경우, 평균



WTP는 다음의 식(7)과 같이 계산되며 이를 절단된 평균 WTP(truncated mean WTP ;  $C^{++}$ )라고 한다.

$$C^{++} = \frac{1}{\beta} \ln[1 + \exp(a)] \quad (7)$$

한편, 일부 응답자들이 사업시행을 통해 공공재의 공급수준을 현재보다 높이는 것 보다는 공급수준을 현재보다 더 낮추는 것이 더욱 바람직하다고 생각한다면 응답자들의 WTP는 영(零)보다 작을 수 있으며, 이는 사업시행에 대해 도리어 보상받아야 한다고 생각할 것이다.

이러한 측면을 고려하여, Hanemann(1989)은 응답자의 WTP가 음(-)의 값을 포함하는 모든 실수 영역에 존재하도록 하는 대안적인 평균 WTP(mean WTP :  $C^+$ )를 제안하였으며, 아래 식 (8)과 같다.

$$C^+ = a/\beta \quad (8)$$

### 3. CVM 적용 : 해안선 자전거도로 건설의 예

#### 3.1 대상재화 선정 및 시나리오 작성

본 연구에서는 해안선 일주 자전거 도로사업이 건설될 경우를 가정하여 CVM 기법을 활용, 해당 사업의 비시장적 편익을 산출하였으며, 편익 산출을 위한 설문조사는 자전거 도로에 대한 일반적인 의견조사(Part A), 해안선 일주 자전거도로 사업에 대한 설문(Part B), 응답자에 대한 사회경제적 사항에 대한 설문(Part C)의 세 단계로 구분하여 시행하였다.

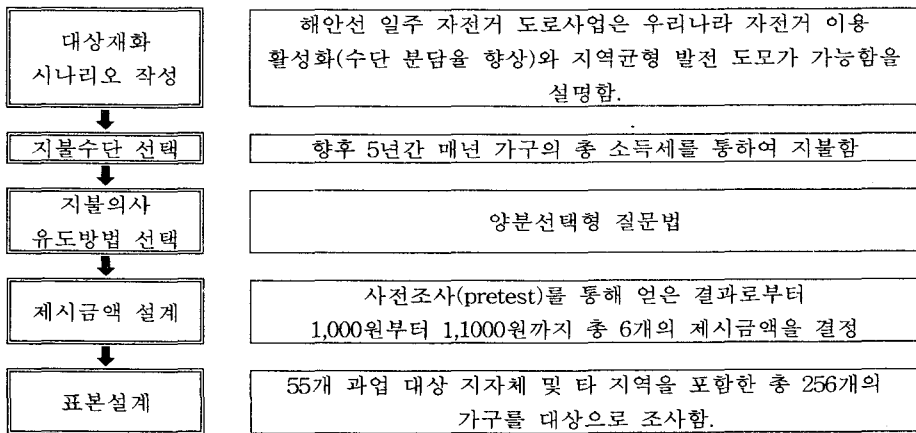


그림 1. CVM 적용절차 흐름도

#### 3.2 지불수단 선택

본 연구에서는 해안선 일주 자전거 도로 건설과 향후 자전거 이용활성화에 초점을 맞추어 지불수단 및 방식을 제시하였으며, 지불 방식은 향후 5년간 매년 지불하는 것으로 하였다. 또한, 범위효과(scope effect)를 방지하기 위해 현재 오직 해안선 일주 자전거 도로 사업만이 평가대상이라는 점을 분명히 하였다.

#### 3.3 설문 조사

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있으나, 본 연구에서는 일대일 개별면접설문을 사용하여 보다 정확한 WTP 응답을 이끌어내도록 하였으며, 자전거도로 건설에 대한 이해를 돕기 위해 개략적인 자전거도로 건설 노선도와 자전거 도로 유형 등을 보기카드로 함께 제시하였다.

#### 3.3 CVM 적용결과

##### 3.3.1 제시금액 및 표본설계

제시금액의 경우에는 사전조사(pretest)(전화 설문조사 86명, 현장 조사 32명 등 2회)를 통해 얻은 결과로부



터 1,000원부터 1,1000원까지 총 6개의 제시금액을 결정하였으며, 조사 대상지역은 실제 도로 사업에 해당하는 55개 지자체(서해안, 남해안 등 서울-부산)와 타 지역 등 256개 가구수를 대상으로 하였다. 응답자는 만 20세 이상 65세 이하의 소득이 있는 세대주 및 주부를 상대로 하였다.

표 2. 제시금액 설계 및 WTP 분포

제시금액 (원)	자전거 도로 사업		“예” 응답 수(%)	“아니오” 응답 수(%)
	표본 수(명)	백분율(%)		
1000	43	16.8	28(65.12)	15(34.89)
3,000	44	17.2	23(52.27)	21(47.72)
5,000	40	15.6	12(30)	28(70)
7,000	42	16.4	5(11.9)	37(88.1)
9,000	44	17.2	5(11.36)	39(88.64)
11,000	43	16.8	3(6.98)	40(93.02)
계	256	100	76(29.69)	180(70.31)

3.3.2 편익 추정결과

본 연구에서는 설명변수들의 계수들을 산정하기 위하여 Limdep 프로그램에서 최우추정법을 통해 산출하고 모형에 따른 총 편익을 산출하도록 하였다. 다음 표 3은 앞서 살펴본 식(7)을 최대화하는 모수  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 추정된 결과 상수항과 제시금액에 대한 추정계수를 나타낸 것이며, 이 추정계수들의 통계적 유의성을 t-값과 p-값으로 판단했을 때 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

표 3. WTP의 분포

제시금액 (원)	표본수(명)	“예” 응답 수(%)	“아니오” 응답 수(%)	제시금액 (원)	표본수(명)	“예” 응답 수(%)	“아니오” 응답 수(%)
1,000	43	28(65.12)	15(34.89)	7,000	42	5(11.9)	37(88.1)
3,000	44	23(52.27)	21(47.72)	9,000	44	5(11.36)	39(88.64)
5,000	40	12(30)	28(70)	11,000	43	3(6.98)	40(93.02)
				계	256	76(29.69)	180(70.31)

본 연구에서 추정된 WTP는 앞서 살펴본 바와 같이 유의한 결과를 나타내었으며, 제시금액이 증가할수록 지불의사가 줄어들고 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

표 4. WTP 모형의 추정결과

변 수	추정계수	표준오차	t-값	p-값
상수항	1.00589 ( $\alpha$ )	0.286685	3.5087	0.000
제시금액	0.358972 ( $\beta$ )	0.0534893	6.71111	0.000
log-likelihood			-125.4766	

이렇게 산출된 모형의 가구당 연간 WTP는 추정된 계수 값과 식(7), 식(8)을 이용하여 다음과 같이 계산 되어 진다.

표 5. 가구당 연간 WTP

구 분	추정 결과	비고
평균 WTP ( $C^{**}$ )	2,114원	한 가구당 지불의사 금액
절단된 평균 WTP ( $C^*$ )	2,802원	

CVM을 이용한 자전거 도로 건설에 따른 편익 산출 결과, 한 가구당 연간 최대 2,802원에서 최소 2,114원의 부담금을 낼 의사가 있음을 알 수 있었다. 그러나 최대 2,802원의 경우에는 실제 부담금을 내야 할 시점



에서 지불의사가 변경 될 여지가 있으므로, 평균 지불의사 금액은 최소 2,114원으로 보는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

추정된 가구당 연평균 WTP와 통계청 2004년말(15,538,741 세대수) 자료를 이용하여, 자전거 도로 건설에 따른 연간 공익적 가치를 연간 편익(가구당 연간 WTP\*세대수)으로 계산한 결과, 다음과 같이 대략 328억원에서 435억원에 이르는 것으로 산출되었다.

표 6. 자전거 도로 건설에 따른 편익 산출 결과

구 분	가구당 연간 WTP(원)	세대수	연간 편익(억원)
평균 WTP	2,114	15,538,741	328.48
절단된 평균 WTP	2,802	15,538,741	435.39

#### 4. 결 론

자전거 도로 건설의 경우, 일반 도로 건설과는 그 특성과 규모, 이용목적이 상이하어, 기존 경제성 분석방법으로는 편익 산출을 기대하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 자전거 도로 건설에 따른 편익은 지역균형발전, 건강편익 증진, 대기오염 감소, 자전거 이용활성화 등 비시장재화로 판단하여, 비시장재화에 대한 편익을 산출하는데 대표적인 방법인 CVM 기법을 활용하였다.

본 연구결과 가구당 연간 평균 WTP는 추정 모형에 따라 2,114원에서 2,802원으로 추정되었고, 이를 토대로 전국적인 공익적 가치를 자전거 도로 건설이 영향을 미칠 것으로 판단하여 연간 공익적 가치를 편익으로 산출하여 본 결과, 대략 328억원에서 435억원에 이르는 것으로 계산되었다.

앞으로도 이러한 CVM 기법은 기존 경제성 분석을 활용한 편익 산출로는 한계가 있는 도로 건설 분야 중 도로 교 건설에 따른 경관평가, 환경 개선에 따른 편익, 삶의 질 향상 등에 널리 활용될 수 있으리라 판단된다.

#### 참고문헌

1. 고은미, CVM에 의한 급행전철도입으로 인한 편익추정에 관한 연구, 1999
2. 이병주의 3인, CVM을 이용한 관광지 접근도로 신설에 따른 편익추정, 2005
3. 한국개발연구원, 문화·과학시설의 가치추정 연구, 2004
4. Betz, C., J. Bergstrom, and J. M. Bowker, A Contingent Trip Model for Estimating Rail-trail Demand. Journal of Environmental Planning and Management, 46(1) : p. 79-96, 2003
5. Fix, P, and J. Loomis Comparing the Economic Value of Mountain Biking Estimated Using Revealed and Stated Preference. In Journal of Environmental Planning and Management, No 41, pp. 227-236, 1998
6. Glenn W. Harrison and Bengt Kriström, " On the Interpretation of Response to Contingent Valuation Survey", 1995
7. Harrison, G.W., and B. Kriström?. On the Interpretation of Response to Contingent Valuation Survey. Manchester University Press, 1995
8. Lindsey, G. and G. Knaap, Willingness to pay for urban greenway projects. Journal of the American Planning Association, 65(3): p . 297-301, 1999
9. Litman, T., Economic Value of Walkability. World Transport Policy & Practice, 10(1): p. 5-14, 2004
10. NCHRP 7-14 Guidelines for Analysis of Investments in Bicycle Facilities, TRB, 2005
11. Nelson, A. C. and D. P. Allen, If You Build Them, Commuters Will Use Them. Transportation Research Record, 1578 : p. 79-83, 1997
12. Peter Fix & John Loomis, "Comparing the Economic Value of Mountain Biking Estimated Using Revealed and Stated Preference", Journal of Environmental Planning and Management, 41, 1998
13. Sharples, R., A Framework for the evaluation of facilities for cyclists-Part 1. Traffic Engineering and Control, p. 142-149, 1995