

소비자잉여 편익 기법을 이용한 교통투자사업 편익 추정 방안 연구

김태균¹ · 홍기만² · 홍영석^{3*} · 조중래⁴

¹경기연구원 교통물류연구실 연구위원, ²한국건설기술연구원 미래융합연구본부 스마트모빌리티연구센터 박사후연구원, ³명지대학교 산학협력단 연구교수, ⁴명지대학교 교통공학과 명예교수

Study on Estimation the Benefits of Transportation Investment Project Using the Consumer Surplus Benefit Method

KIM, Teagyun¹ · HONG, Kiman² · HONG, Yongsuk^{3*} · CHO, Joong Rae⁴

¹Research Fellow, Department of Transportation & Logistics, Gyeonggi Research Institute, Gyeonggi 16207, Korea

²Postdoctoral Associate, Department of Future Technology and Convergence Research Smart Mobility Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi 10223, Korea

³Research Professor, Department of Transportation Engineering, Myongji University, Gyeonggi 17058, Korea

⁴Emeritus Professor, Department of Transportation Engineering, Myongji University, Gyeonggi 17058, Korea

*Corresponding author: yshong9108@gmail.com

Abstract

The method of calculating benefits in terms of cost-benefit analysis in Korea applies a method of cost-saving benefit analysis. However, as a producer-oriented calculation method, cost-saving benefit analysis is limited in achieving accuracy because it fails to calculate benefits that are not selected as an item and benefits that occur indirectly. Hence, when applied to new modes of transportation that have been recently proposed for adoption, it fails to gain an advantage in terms of cost, and thus, faces the problem of calculating benefits in the form of minuses. Therefore, a method of calculating benefits based on demand function is required to more stably and accurately calculate benefits. The present study applied a user-oriented consumer-surplus benefit analysis method by using the logit model, which is a demand function applied in the modes choice process. The study induced a formula for defining the relationship between the logit model and the demand function and for calculating consumer-surplus benefits. The induced formula is able to calculate accurate benefits if the disparity in consumer surplus before and after implementation is calculated using the area of the demand function. The study made comparisons with cost-saving benefit calculation methods by converting calculated consumer surplus into forms of travel time/travel cost because initially calculated benefits are regarded as a unit of utility for consumer surplus. Furthermore, the study additionally considered benefit items that must be added as system cost items as well as non-choice mode benefit items which cannot be applied during consumer-surplus benefit calculation.

Keywords: consumer-surplus benefit, consumer-surplus, cost-saving benefit, logit model, mode choice model

J. Korean Soc. Transp.
Vol.39, No.2, pp.177-191, April 2021
<https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.2.177>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 3 November 2020

Revised: 11 December 2020

Accepted: 10 February 2021

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초록

국내 도로·철도 사업의 편익 산정방법은 비용절감 편익 분석(Cost-Saving Benefit) 방법을 적용하고 있다. 하지만 최근에는 교통분야에 도입되는 교통수단이 보다 다양해지고 복잡해지면서 일부 사업의 경우 적절한 편익분석이나 정성적인 편익을 반영하는데 한계가 있다. 또한, 수단선택모형과 편익산정 시 사용되는 시간가치나 적용기준이 상이하여 실제 예측되는 수요와 편익이 상이한 경우도 발생한다. 이에 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 로짓모형 기반의 소비자잉여 편익분석 방법론을 제시하는데 목적이 있다. Toy-Network 및 수도권 신교통수단, 도시철도사업을 대상으로 현재 적용되고 있는 비용절감 편익분석방법과 소비자잉여 편익분석방법을 비교한 결과, 신교통수단 도입 시 비용절감 편익분석에서는 신규수단 도입으로 인해 도시철도 수요는 증가하였으나 승용차, 버스 등 다른 여객 수단의 통행시간보다 많은 통행시간이 발생하여 부(-)의 편익이 추정되었다. 반면에 소비자잉여 편익 분석에서는 철도 수단의 효용을 편익으로 산정함에 따라 정(+)의 편익이 추정되는 것으로 나타났다. 이외에 일반 도시철도사업 등에 대한 분석에서도 소비자잉여 편익분석 방법을 적용하였을 때 비용절감 편익분석방법보다 편익이 높게 추정되었으며, 이는 비용절감 편익분석에서 고려하지 못하고 있는 편익과 정성적인 요인을 효용의 가치로 반영하였기 때문으로 분석되었다. 이러한 분석 결과는 향후 신교통수단, 저속수단, 친환경수단 등의 교통투자사업에서 정성적인 요인을 고려한 편익 산정으로 편익 산정에 대한 신뢰성을 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 소비자잉여 편익, 소비자잉여, 비용절감편익, 로짓모형, 수단선택모형

서론

우리나라는 1999년 이후 총사업비 500억원 이상, 국가재정지원 규모 300억원 이상의 SOC건설사업의 경우, 사업 추진의 타당성을 검토하는 예비타당성조사를 수행하고 있다. 예비타당성조사의 주요 평가 항목 중 하나인 경제성 분석은 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis, CBA)을 통해 산정하고 있으며, 여기서 편익은 평가가 가능한, 즉 정량화가 가능한 항목에 대하여 화폐단위로 산정하여 사업 시행으로 인해 발생하는 사회적 총 편익으로 적용하고 있다.

비용편익분석에서 편익의 개념은 경제학에서 정립된 소비자잉여(Consumer Surplus)에서 찾을 수 있으며, 소비자잉여에 의한 접근법은 소비자가 그 재화를 이용하기 위해 지불할 수 있는 최고지불 허용액(Willingness to Pay, WTP)에서 실제 그 재화의 구입을 위해 지불한 금액의 차이를 의미한다. 이러한 소비자잉여를 산정하면 사업 시행에 따른 편익 산정이 가능하지만 이용자 개별 가치의 개념을 명확하게 계량화하기 어렵기 때문에 국내외 교통투자사업에 대한 평가는 편익의 항목을 세분화하고 이와 관련된 계량화 및 화폐화에 대한 자료를 근거로 편익을 산정하고 있다. 이렇게 화폐화된 항목별 편익은 사업의 시행시와 미시행시의 차이를 계산하는 비용절감 편익분석(Cost Saving Benefit) 기법을 적용하고 있다.

과거에는 대중교통사업의 경우, 승용차와 버스 등과 같은 타 교통수단에 비해 상대적으로 높은 성능을 갖추거나 저렴한 비용, 우수한 접근성 등의 편익이 높은 사업이 주로 수행된 반면, 최근 교통부문의 경우, 지속가능성과 녹색 가치 등에 대한 관심이 높아지면서 기존 고속·개인교통 중심의 투자에서 저속·대중교통 중심의 투자로 패러다임이 전환되고 있다. 이러한 영향으로 신교통수단의 도입, 소규모 대중교통 사업과 관련된 사업이 많이 수행되고 있으나, 트램과 같은 저속의 소규모 대중교통 사업에서는 기존 대중교통 수단에 비해 기능의 우위를 확보하지 못하는 경우가 발생한다. 하지만 신규수단에 대한 이용자들의 효용 발생으로 기존 수단에서의 수단선택(전환) 효과가 발생하게 된다. 이 과정에서 현재 적용 중인 비용절감 편익분석 방법을 적용할 경우, 수단선택에 대한 효용의 가치는 고려하지 못하고 상대적으로 낮은 성능으로 인한 부(-)의 편익이 산정될 수 있다. 물론 이러한 문제를 해결하기 위해 국내에서도 쾌적성, 혼잡도 등의 보완적인 편익 연구가 수행되고 있으나 수도권과 같이 복잡하고 다양한 버스·철도망이 구축된 지역에서는 이러한 편익을 고려하는데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 대중교통 투자사업의 분석 과정에서 적용되고 있는 수단선택의 로짓모형을 이용하여 소비자잉여 편익을 산정하는 방법론을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 모형식을 유도하고 실제 신교통수단 및 철도 사업에서의 편익을 비용절감 편익분석과 소비자잉여 편익분석을 통해 비교 분석하고자 하며, 본 연구의 결과는 비용절감 편익분석 방법에서 고려하지 못한 요소를 고려하여 보다 일관성 있는 편익분석방법을 제시함으로써 향후 합리적인 정책적 판단을 수행하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

선행연구

1. 편익산정 관련 연구 고찰

교통분야의 편익 관련 연구는 우선 일반적으로 적용되고 있는 지침을 기준으로 내용을 보완하거나 또는 현재 지침에서 설명하지 못하는 편익에 대한 연구로 Kim and Chung(2005)은 현재 정립된 교통시설 타당성 평가체계를 평가하고 이를 개선하기 위한 의견을 제시하였다. Jang and Jeong(2007)은 사고편익에 대한 보완연구를 수행하였으며, Lee and Lee(2010)은 통행분포와 세분화된 패턴을 고려한 경우 통행시간 절감편익의 차이가 있음을 제시하였다.

또한, 기존 지침에서 이용자가 얻는 편익 중 정성적인 요인들의 계량화에 관한 연구 및 문제점을 제시하는 연구로 Chung(2009)은 복합수단 교통체계의 방향을 제시하고 시설물들의 평가기준과 철도에 따른 사회·경제적 가치를 제시하였다. Jang and Jeong(2007)은 철도 선택에 따른 선택가치와 비사용가치에 관한 연구를 수행하면서 대중교통이 가지는 정성적인 항목에 대한 평가를 추가하였다. Ryu et al.(2015)은 버스의 유형별 시간가치와 혼잡도에 따른 이용자 패턴을 이용하여 혼잡도 완화에 따른 경제적 편익측정 연구를 수행하였다.

소비자잉여를 이용한 편익 분석 방법 연구로 Kim(1989)은 고정수요와 변동수요 하의 편익을 산정하기 위해 소비자잉여 편익방법을 언급하였으며, 수요 변화에 따른 편익의 변화도 추가로 고려해야 한다고 제시하였다. Kim(2000)은 소비자잉여 편익방법의 필요성을 언급하고 가상의 도로사업을 예시로 소비자잉여편익을 산정하였으며, 이때 소비자잉여의 가치 추정을 위한 일반화비용은 임의의 가정을 통해 수행하였다. Kim(2013)은 개발사업의 입주자의 서비스수준을 일반화비용으로 전환하여 소비자잉여를 고려한 편익을 산정하였다. 이 외에 Cho(2000)은 국내 도로투자 평가방법과 일본, 영국, 독일, 프랑스 등 해외 주요 도시의 도로투자 평가 방법 및 기준 등을 비교 검토하였다.

국외의 경우, 수요함수 기반의 소비자잉여 편익에 관하여 지속적인 연구가 이루어지고 있으며, 1970-1990년대까지는 Random Utility Model의 초기연구가 이루어져 정확한 수요함수를 계산하는데 한계가 있었다. 이에 미시행과 시행의 수요함수 관계를 선형으로 가정하는 분석(Rule of a Half, RoH)을 적용하였으나, RoH기법은 소득변화 및 계수변화를 분석하지 못한다는 한계 및 신규수단에 대한 분석이 불가능하다는 단점이 있어 Random Utility Model에 관한 연구가 지속적으로 수행됐다.

소비자잉여를 이용한 편익 산정 개념은 McFadden(1978), Ben-Akiva and Lerman(1985)에 의해 정립되었으며, Kohli and Daly(2006)은 영국 West Midlands 지역의 교통시설 개선사업을 로짓모형 기반의 소비자잉여 편익 분석 방법을 적용하여 평가를 수행한 결과, 기존의 분석방법보다 정확도와 분석의 일관성 측면에서 우위를 보이는 것으로 나타났으나, 효용의 비용변환 문제를 언급하였다. De Jong et al.(2007)은 소비자잉여 편익분석 방법은 수단 선택에 영향을 미치는 다양한 요소(여행시간, 서비스 품질 등)를 포함하고 있으며, 기존에 수행해오던 RoH 기법과의 차이를 분석한 결과, 일반적으로 로짓모형 기반의 소비자잉여 편익분석 방법이 기존의 RoH기법에 비해 높은 편익이 나타나는 것으로 분석하였다. Ma et al.(2015)은 RoH기법과 로짓모형 기반의 소비자잉여 편익 산정 결과를 비교하였으며, 일반적으로 RoH기법 보다 좀 더 높은 편익이 발생하는 것으로 나타났으나, 수단간 영향이나 독립적인 요소들을 가정함에 따라 현실적용에 한계가 있는 것으로 나타났다.

2. 국내 편익분석 방법론

국내 편익 분석 방법은 일반적으로 많이 적용되고 있는 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침」, 「교통시설 투자평가지침」 등에서 제시된 방법론을 검토하였다.

우선 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침」에서는 사업 시설에 따라 직접편익과 간접편익으로 구분된 편익 항목을 제시하고 있으며, 이 중 철도시설과 같은 대중교통 사업의 경우, 직접편익을 철도이용자 편익과 타 수단 이용자 편익으로 구분하고 있다. 세부적으로는 철도이용자 편익의 경우, 철도 이용자의 통행시간 절감, 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등의 항목과 타 수단 이용자 편익의 차량운행비용 절감, 도로·철도간 전환수요에 의한 통행시간 절감, 항공/해운의 전환수요에 의한 편익, 교통사고 감소, 건널목 개선에 따른 사고/지체감소 등의 항목으로 구분된다. 간접편익은 비사용자 편익으로 환경비용 절감, 지역개발효과, 시장권 확대, 지역 산업구조 개편, 고속도로 유지관리비 절감, 주차공간 기회비용 절감, 공사 중 교통혼잡으로 인한 부(-)의 편익, 철도사업으로 인한 도로공간 축소에 따른 부(-)의 편익 등으로 구분된다. 이러한 여러 편익 항목 중 계량화하여 반영되고 있는 항목으로 철도이용자의 (철도 및 타수단 이용자)통행시간 절감, 차량운행비용 절감, 교통사고 감소, 환경비용 절감, 주차공간 기회비용 절감 등의 항목을 이용하여 편익을 산정하고 있으며, 철도사업의 특수 편익으로 부(-)의 편익을 반영하고 있다.

「교통시설 투자평가지침」의 경우에도 앞서 설명한 예비타당성 표준지침에 유사한 항목을 추정하고 있으나, 철도 편익 산정 시에는 선택/비사용 가치 편익을 추가로 고려하고 있다. 선택가치의 경우, 천재지변, 차량문제, 주차제한, 기타 등의 발생 상황에 따라 편익 항목으로 포함하고 있으며, 이외에 여객 쾌적성 향상 편익과 친환경 교통수단에 대해 신규로 고려할 수 있는 수질오염 절감편익 등에 대한 항목을 포함할 수 있도록 산정식을 제시하고 있다.

3. 본 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 크게 소비자잉여 편익의 적용과 대규모 네트워크의 소비자잉여 편익분석 방법의 적용, 편익 분석 방법론 비교로 구분할 수 있다.

국내의 경우 소비자잉여 편익을 적용한 사례가 있었으나 해당 소비자잉여의 가치를 설문조사나 일부 샘플 조사를 통해 측정함으로써 해당 모형의 지속가능성이나 일관성 측면에서 다소 한계점을 보이는 것으로 나타났다. 그 외에 여러 지침에서 제시되는 편익항목만으로 개별 사업에 대한 적절한 평가가 이루어지지 않아 이를 보완하기 위해 다양한 항목별 편익 산정 연구가 수행되었으나 마찬가지로 모든 사업을 대상으로 일관성 있게 적용하는 것에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 이에 본 논문에서는 수단선택모형에서 사용되는 로짓모형에 기초한 소비자잉여 편익 산정방법을 적용함으로써 모형의 일관성을 확보하였다.

국외의 경우 로짓모형을 적용한 수식의 증명과 기법 간의 차이를 사례를 통해 제시하고 있으나, 대부분 Toy-Network를 활용한 기법 간의 수학적 차이를 설명하고 있다. 하지만 수학적으로 증명되는 수식이라고 하더라도 실제 대규모 네트워크에 적용이 가능한지 별도의 판단이 필요하다. 그리고 대중교통 분석에서 적용되는 수단선택 과정의 시간가치와 편익산정 과정에서 적용되는 시간가치의 불일치성 문제, 수도권과 같은 대규모 네트워크에서의 편익 산정 범위에 대한 제약 등의 한계가 있는 것으로 나타났다.

이러한 한계점을 보완하기 위해 본 연구에서는 일관성 있는 편익 산정을 목적으로 로짓모형을 이용한 소비자잉여 편익 산정방법을 제시하고자 한다. 해당 방법은 대중교통분석 모형의 수단선택에서 적용되는 로짓모형을 이용하는 방법으로 동일한 시간가치를 적용함에 따라 수단선택과의 불일치성 문제를 해결할 수 있다. 또한, 대규모 네트워크의 적용가능성을 검토하기 위해 국내에서 주로 활용되고 있는 수도권 네트워크를 대상으로 통행배정을 수행하고 개별 목적과 개별 수단에 대한 경로탐색결과를 취합하여 각 기종점 간 수단별, 경로별 효용분석 작업을 수행하여 소비자잉여 편익분석을 수행하였다. 본 논문은 효용을 기반으로 편익산정을 수행하기 때문에 이용자의 수단선택 결과와 편익산정 결과가 일관되게 추정될 수 있으며, 이 외에 고려되지 못한 정성적인 부분을 고려할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 분석 대상지역의 범위 및 분석자료의 복잡하고 다양한 네트워크에서 편익이 발생하는 지역을 정확하게 고려할 수 있다는 점에서 기존 연구와의 차이가 있다.

소비자잉여편익(Consumer Surplus Benefit) 분석 방법 연구

1. 소비자잉여(Consumer Surplus)와 편익

교통시설 투자에 있어서 경제적 평가의 기준이 되는 이용자편익의 개념은 경제학에서 정립된 소비자잉여(Consumer Surplus)에서 찾을 수 있으며, 재화에 대한 지불의사와 실제 지불 금액의 합계를 제한 것으로 의미한다. 교통투자사업의 편익에는 금전적인 비용 외에 시간비용과 피로 등 비금전적인 비용이 함께 발생한다. 따라서 교통투자사업의 수요함수에서 세로축은 단순히 교통수단에 대한 비용이 아닌 통행시간, 쾌적성, 개인의 만족도 등 종합적인 항목들에 대한 비용 즉, 일반화비용을 의미한다.

새로운 교통투자사업에 의해 특정 수단의 비용이 하락하면 이전의 소비자잉여로 산정되는 삼각형의 형태에서 더 큰 형태의 삼각형으로 소비자잉여는 증가하게 된다. 따라서 편익의 산정에 있어서 사업 시행시와 미시행시에 대한 일반화비용을 산정하고 비용에 대한 각각의 수요를 예측하여 비용과 수요의 변화분을 공공투자사업에 의해 발생하는 편익으로 계산할 수 있다.

2. 비용절감편익(Cost Saving Benefit)과 소비자잉여편익(Consumer Surplus Benefit)

교통체계에서의 수요와 공급관계는 균형이론을 이용하여 설명할 수 있으며, 통행에 소요되는 시간비용과 실제 지불한 비용을 고려한 통행의 비용은 통행량의 함수로 표현할 수 있다. 따라서 균형관계는 통행비용과 통행량 간의 일관성을 찾음으로써 분석할 수 있으며, 고정수요(Fixed Demand)와 변동수요(Variable Demand)에서 이용자편익은 통행비용의 변화에 따른 총통행수요의 변화 여부에 의해 결정된다. 여기서 고정수요에서의 이용자편익은 통행비용이 감소함에도 불구하고 통행수요에 변화가 일어나지 않는 경우를 의미하며, 변동수요의 이용자편익은 통행비용 감소에 따라 통행수요가 증가하는 경우를 의미한다. 일반적으로 도로사업의 경우, 사업 시행으로 인한 통행비용의 변화에도 수단분담률의 변화는 고려하지 않기 때문에 고정수요로 볼 수 있으며, 대중교통사업의 경우에는 사업 시행으로 통행비용이 변화하는 경우 수단분담과정을 통해 이용수요가 변화하기 때문에 변동수요로 볼 수 있다.

고정수요는 도로 여건 변화와 상관없이 수요의 변화가 발생하지 않기 때문에 사업의 미시행과 시행에 동일한 통행량에 대한 통행시간의 차이로 편익 산정이 가능하며, 통행시간이 변화함에 따라 Figure 1의 좌측과 같이 총비용을 의미하는 사각형이 작아지게 되어 사업 미시행시와 시행시의 총비용의 차이로 편익이 산정된다.

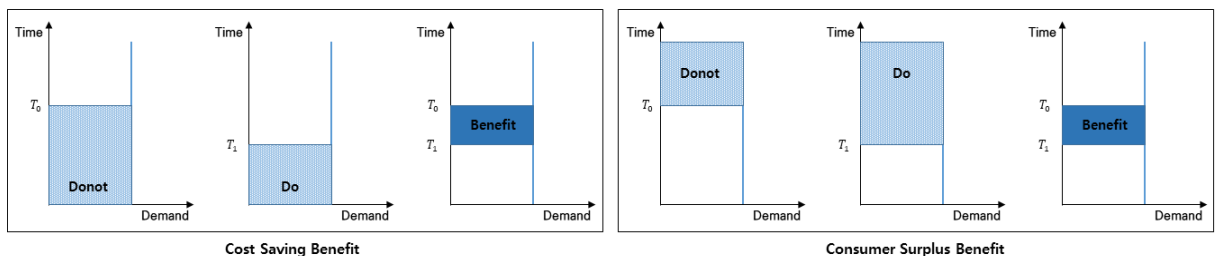


Figure 1. Benefit of fixed demand curve

한편, 소비자잉여 편익분석 방법에서는 사업의 효과로 인해 증가하는 소비자잉여가 편익으로 발생하게 되며, Figure 1의 우측과 같이 미시행시 통행비용이 T_0 일 때, 소비자는 T_0 로부터 지불의사의 차이가 비용으로 산정된다.

또한, 같은 개념으로 시행시에는 통행비용이 T_1 으로 감소함에 따라 지불의사와의 차이가 변경된 T_1 부터 발생하게 된다. 이를 수식으로 표현하면 Equation 1과 같다.

$$\Delta CS = \int_{T_0}^{T_1} (Dt T) = (T_1 - T_0) \cdot D \tag{1}$$

즉, 위의 두가지 편익산정 방법 중 비용절감방법의 경우, 사업 시행으로 통행비용이 감소함에 따라 동일한 통행량에서 감소한 통행비용만큼 편익이 되며, 소비자잉여 방법에서는 통행시간이 감소함에 따라 소비자잉여의 증가분이 편익으로 산정된다. 따라서 고정수요에서는 비용절감 편익산정방법과 소비자잉여편익산정방법의 편익은 동일하다고 볼 수 있다.

변동수요에서의 수요함수는 Figure 2와 같이 표현되며, 비용절감 편익분석의 경우, 미시행과 시행에 각각 발생한 모든 비용을 계산하여 총비용의 차이만큼이 편익으로 산정된다. 여기서 기존 이용자의 통행비용 감소분은 정(+)
의 편익으로 발생하는 반면, 미시행시에 발생하지 않았던 통행량이 새롭게 발생됨에 따라 비용이 증가하게 된다. 따라서 신규이용자의 경우, 부(-)의 편익 형태가 발생하게 된다.

$$\Delta CS = (T_0 - T_1) \cdot D \tag{2}$$

소비자잉여 편익분석에서의 편익 산정은 Equation 3과 같이 표현되며, 사업의 효과로 인해 증가하는 소비자잉여가 편익으로 발생하게 된다. 즉, 기존 이용자들은 감소한 통행시간만큼 소비자잉여가 증가하여 Figure 2의 그래프에서 사각형 형태의 편익이 발생하며, 삼각형의 경우, 새롭게 증가한 이용자의 편익에 해당한다. 이를 대중교통사업으로 적용할 경우, 기존 대중교통 이용자의 편익은 사각형의 형태로, 기존 승용차 등의 타 수단을 이용하던 이용자의 편익은 삼각형 형태로 표현된다.

$$\Delta CS = \int_{T_0}^{T_1} (Dt T) = \frac{1}{2} (T_0 - T_1) \cdot (D_0 + D_1) \tag{3}$$

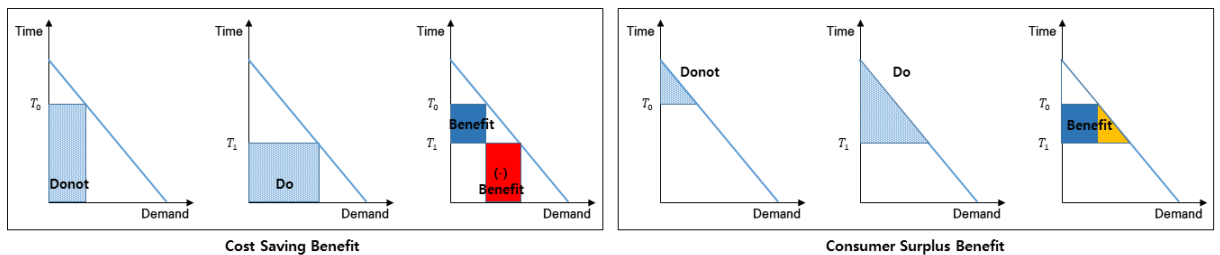


Figure 2. Benefit of variable demand curve

즉, 변동수요에서는 비용절감편익의 경우, 사업 시행시 통행비용이 감소함에 따라 수요가 증가하기 때문에 증가한 수요로 인해 총비용의 증가가 발생할 수 있으며, 이는 사업 미시행시와 비교하였을 때 추가적인 총비용이 발생하여 부(-)의 편익으로 산정될 수 있다. 반면, 소비자잉여편익에서는 기존 이용자에 의해 발생하는 추가적인 편익은 비용절감편익과 동일하게 발생하며, 추가적인 수요에 대한 편익은 수단선택에 영향을 미치는 효용의 기준에서 (+) 효과가 발생할 수 있기 때문에 정(+)
의 편익이 발생한다.

3. 소비자잉여(Consumer Surplus) 편익 산정 방법

현재 국내에서 적용하고 있는 도로·철도 사업의 지침은 개인의 통행행태 특성을 파악하여 수단분담률을 예측하는 로짓모형을 수단선택모형으로 적용하고 있다. 이와 관련하여 Cho(1987)¹⁾는 로짓모형이 수단선택모형으로 이용되었을 경우, 수요함수와 효용과의 관계를 정리하면 소비자잉여의 접근이 가능하다고 제시하고 있으며, 로짓모형을 이용한 소비자잉여를 계산하는 식은 다음과 같이 유도된다.

예를 들어 버스와 지하철에 대한 선택모형이 로짓모형으로 주어졌다고 가정한다면, 각 대안에 대한 수요함수는 Equation 4와 같이 표현된다.

$$D_b = NP_b, D_s = NP_s \quad (4)$$

여기서, N : 총통행량

D_b : 버스이용수요

D_s : 지하철이용수요

여기서, 통행요금이 변하기 전 버스와 지하철 이용자의 효용(U_b^0, U_s^0)과 요금 변화에 따른 효용을(U_b^1, U_s^1)로 가정한다면, 통행요금이 변동됨으로써 전체 선택모집단이 갖는 소비자잉여의 증가분은 각 수단에 대한 수요가 상호 의존적(Interdependent Demand Case)이기 때문에 Hotelling의 선적분에 의해 구해진다.

$$\Delta CS = \int_{(U_b^0, U_s^0)}^{(U_b^1, U_s^1)} (D_b dU_b + D_s dU_s) \quad (5)$$

선택확률 P 를 일반적인 로짓모형의 형태로 표현하면 Equation 6과 같고, 이를 소비자잉여의 기본식에 대입하면 Equation 7과 같이 표현된다. 이를 다시 정리하면 Equation 8과 같이 표현할 수 있으며, 여기서 ΔAC 는 선택모집단 이용자 잉여증가분의 평균값을 의미한다.

$$P_b = \left[\frac{\exp(U_b)}{\exp(U_b) + \exp(U_s)} \right], P_s = \left[\frac{\exp(U_s)}{\exp(U_b) + \exp(U_s)} \right] \quad (6)$$

$$\Delta C = \int_{(U_b^0, U_s^0)}^{(U_b^1, U_s^1)} N \cdot \frac{\exp(U_b) dU_b + \exp(U_s) dU_s}{\exp(U_b) + \exp(U_s)} \quad (7)$$

$$\Delta AC = \Delta C / N = \ln [\exp(U_b^1) + \exp(U_s^1)] - [\ln \exp(U_b^0) + \exp(U_s^0)] \quad (8)$$

한편, 선택모집단의 최대기대효용은 통행요금이 변화됨에 따라 E_t 만큼 증가된다고 할 때 E_t 는 Equation 9와 같이 표현되며, 이를 위의 Equation 8과 비교하면, 교통정책 변화로 인한 효율성의 철도로서 최대기대효용의 변화와 평균 소비자잉여의 변화는 동일함을 알 수 있다. 즉, 로짓모형의 분모에 해당되는 모든 수단의 효용의 합계에 로그를 취하면 해당 네트워크의 전체 효용이 된다는 것을 의미한다.

$$\Delta E_t = \ln [\exp(U_b^1) + \exp(U_s^1)] - \ln [\exp(U_b^0) + \exp(U_s^0)] \quad (9)$$

1) Cho J.R. (1987), Limits of Logit Models in Transportation Policy Evaluation : Expected Utilities in Logit Models.

4. Toy Network를 이용한 편익 비교(신설사업)

앞에서 제시된 변동수요의 경우 단순히 비용절감을 기준으로 편익을 산정할 경우 (-)부의 편익이 발생하게 된다. 물론 대규모 사업의 경우 운행비용 편익 등과 상쇄되어 전체의 편익은 (+)정의 편익을 가지는 경우가 많다. 하지만 소규모사업이나 도로상에 영향이 크지 않은 사업의 경우에는 이용 수요가 존재함에도 전체적인 편익이 (-)부의 편익이 발생할 수 있다. 이러한 상황을 모형을 통해 검증하기 위하여 Toy Network를 구축하여 분석을 수행하였다.

신설수단 도입에 따른 편익 비교를 위해 존 2개, 링크 3개(단방향, 전용차로), 노드 2개, 존간거리 10km의 Toy Network를 구축하였으며, 링크의 속성은 Table 1과 같다. 여기서 Highway의 VDF는 BPR식으로 α 0.15, β 4.0을 적용하였으며, 존간 통행량은 승용차 1,125통행/일, 버스 375통행/일로 총통행량은 1,500통행/일로 설정하였다.

Table 1. Toy network attribute

Link	Length (km)	Lane	Capacity (pcphpl)	Free flow speed (km/h)	Mode
Highway	10.0	1	1,200	60.0	Auto
HOV line	10.0	-	-	35.0	Bus
Railway	10.0	-	-	35.0	Rail

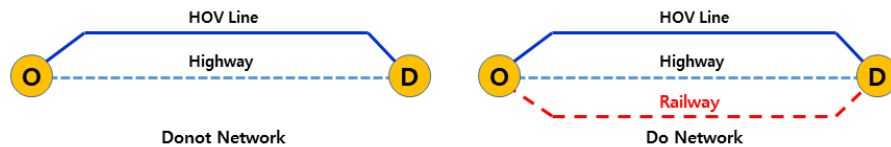


Figure 3. Toy network

앞서 Toy Network의 초기값이 설정됨에 따라 변수로 적용할 수 있는 항목은 효용에 대한 Time Parameter이다. Time Parameter의 계수를 추정하기 위하여 반복 Iteration 수행을 통해 최종 Time Parameter는 -0.231로 설정하였다. Table 2는 초기 네트워크 수렴 결과이다.

Table 2. Convergence of toy network volume

Iteration	Mode	Initial volume (v)	Time (min)	Probability	Estimated volume (v')	Time parameter	Auto volume gap (v-v')
0	Auto	1,125	12.40	73.9%	1,109	-0.220	15.9
	Bus	375	17.14	26.1%	391		
1	Auto	1,109	12.27	74.6%	1,119	-0.221	6.1
	Bus	391	17.14	25.4%	381		
2	Auto	1,119	12.35	74.3%	1,115	-0.222	9.8
	Bus	381	17.14	25.7%	385		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	Auto	1,123	12.39	74.9%	1,124	-0.230	1.2
	Bus	377	17.14	25.1%	376		
11	Auto	1,124	12.39	75.0%	1,125	-0.231	0.3
	Bus	376	17.14	25.0%	375		

사업의 효과를 분석하기 위하여 Railway를 신설하였다. 신규수단이 추가됨에 따라 수단선택모형을 적용하였고, 수단선택 과정에서 전환되는 통행량이 이전에 사용된 도로에 영향을 미치지 때문에 안정적인 수단선택 결과 도출을 위해 수단분담률을 변화가 발생하지 않는 수준까지 반복 수행한 결과, 신설에 따른 이용수요는 236.2통행/일 발생하였으며, Table 3과 같은 결과가 도출되었다.

Table 3. Convergence of mode choice

Iteration	Mode	Volume	Time	Utility	Probability
0 (Donot)	Auto	1,125.0	11.2	-2.588822	66.7%
	Bus	375.0	17.1	-3.977143	16.6%
	Rail	0	17.1	-3.977143	16.6%
..					
3	Auto	1,027.90	10.8	-2.50733	68.5%
	Bus	236.1	17.1	-3.97714	15.8%
	Rail	236.1	17.1	-3.97714	15.8%
4	Auto	1,027.40	10.8	-2.50702	68.5%
	Bus	236.3	17.1	-3.97714	15.7%
	Rail	236.3	17.1	-3.97714	15.7%

Table 4에서 비용절감 편익의 경우 신규수단의 총 통행시간이 4,049.8분 증가하였으나 승용차와 버스의 총 통행시간의 감소가 각각 1,449.8분, 2,378.7분으로 신규수단의 총 통행시간보다 221.28분 적은 것으로 분석되었다. 이를 시간가치(10,000원/시로 가정)를 적용하여 환산할 경우 -36,881원/일의 (-)부의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

Table 4. Result of cost saving benefit (time saving)

-	Mode	Volume	Time	Total time (min)	Benefit (won/day)
Donot	Auto	1,125.0	11.2	12,553.55	
	Bus	375.0	17.1	6,428.57	18,982.13
	Rail	0	-	-	
Do	Auto	1,027.5	10.7	11,103.73	
	Bus	236.2	17.1	4,049.84	19,203.41
	Rail	236.2	17.1	4,049.84	
Gap	Auto	-97.5	10.8	1,449.8	
	Bus	-138.8	17.1	2,378.7	-221.28
	Rail	236.2	17.1	-4,049.8	-36,881

소비자잉여 편익은 네트워크의 통행시간에 Time Parameter를 곱하여 효용을 산정할 수 있다. 또한, 소비자잉여 편익을 통해 계산되는 편익의 단위는 utility(효용)으로 비용절감 편익과 동일한 기준으로 비교하기 위해서는 효용의 단위를 시간단위로 수정해 주어야 한다. 시간단위로의 전환 방법은 사용된 효용에 사용된 Time Parameter의 역수(Marginal Utility of Traver Time)을 곱하여 계산할 수 있으며, Table 5와 같은 결과가 도출되었다.

Table 5. Result of consumer surplus benefit (time saving)

-	Mode	Volume	Time	Utility	Benefit (won/day)
Donot	Auto	1,125.0	11.2	-2.577663	
	Bus	375.0	17.1	-3.960000	
	Rail	0	-	-	
Do	Auto	1,027.5	10.7	-2.495065	
	Bus	236.2	17.1	-3.960000	
	Rail	236.2	17.1	-3.960000	
Gap	Auto	-97.5	-0.5	$\Delta CS(u) : \log(\exp(-2.495065) + \exp(-3.960000) + \exp(-3.960000)) - \log(\exp(-2.495065) + \exp(-3.960000))$ = 0.2385944(u)	258,219
	Bus	-138.8	0.0		
	Rail	236.2	-		
$\Delta CS(\text{min}) : 0.2385944(u) / 0.231 = 1.03(\text{min})$					

신설사업의 효과로 계산된 효용은 0.2385944(u)로 나타났으며, 시간으로 환산하면 1.03분으로 나타났다. 효용은 한단위 증가에 따른 효과이기 때문에 총통행량 1,500통행/일을 곱하여 총 편익을 산정하면 258,219원/일의 편익이 발생하는 것으로 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

두 가지 편익분석 방법을 이용하여 Toy Network에서의 편익을 산정한 결과, Railway 신설에 따라 이용수요가 신규로 발생하였으며, 기존 수단인 승용차와 버스 통행량은 감소하는 것으로 나타났다. 신설된 수단의 경우 승용차보다 통행속도가 낮고 버스와 동일한 속도를 가짐에도 수단선택의 과정에서는 이용수요가 발생하게 된다. 하지만 이용수요가 발생하였음에도 비용절감 편익분석의 경우 (-)부의 편익이 산정되었다.

5. Toy Network를 이용한 편익 비교(개선사업)

앞선 Toy Network의 경우 신설수단 도입에 따라 발생하는 수요와 편익의 특성을 분석하기 위한 것이었으며, 노선의 개선에 따른 수요와 편익의 특성을 분석하기 위하여 추가로 Railway 개선에 대한 Toy Network 분석을 수행하였다. 존간 통행량은 승용차 998.7통행/일, 버스와 지하철 각 250.7통행/일로 총통행량은 1,500통행/일로 설정하였다. Time Parameter는 -0.215로 산출하였다. 설정된 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Toy network attribute

Link	Length (km)	Lane	Capacity (pcphpl)	Free flow speed (km/h)	Mode
Highway	10.0	1	1,200	60.0	Auto
HOV line	10.0	-	-	35.0	Bus
Railway	10.0	-	-	(Donot) 35.0/ (Do) 50.0	Rail

Table 7은 비용절감 편익의 결과로 경우 Rail의 총 통행시간이 2,131.5분 증가하였으나 승용차와 버스의 총 통행시간의 감소가 각각 2,583.9분, 1,199.6분으로 Rail의 총 통행시간 보다 1,652.0분 낮은 것으로 분석되었다. 이를 시간가치(10,000원/시로 가정)를 적용하여 환산할 경우 275,328원/일의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

Table 7. Result of cost saving benefit (time saving)

-	Mode	Volume	Time	Total time (min)	Benefit (won/day)	
Donot	Auto	998.7	10.7	10,705.42	19,299.48	-
	Bus	250.7	17.1	4,297.03		
	Rail	250.7	17.1	4,297.03		
Do	Auto	789.9	10.3	8,121.57	17,647.51	-
	Bus	180.7	17.1	3,097.45		
	Rail	529.4	12.1	6,428.49		
Gap	Auto	208.8	0.4	2,583.85	1,651.97	275,328
	Bus	70	-	1,199.58		
	Rail	-278.7	5	-2,131.46		

Table 8을 살펴보면, 개선사업의 효과로 계산된 효용은 0.328228(u)로 나타났으며, 시간으로 환산하면 1.53분으로 나타났다. 효용은 한단위 증가에 따른 효과이기 때문에 총통행량 1,500통행/일을 곱하여 총 편익을 산정하면 381,660원/일의 편익이 발생하는 것으로 편익이 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 비용절감 편익보다 다소 높게 나타났으며, 이는 효용에 포함되는 정성적 요인이 추가적으로 반영된 결과로 분석된다.

Table 8. Result of consumer surplus benefit (time saving)

-	Mode	Volume	Time	Utility	Benefit (won/day)
Donot	Auto	998.7	10.7	-2.304707	-
	Bus	250.7	17.1	-3.685714	
	Rail	250.7	17.1	-3.685714	
Do	Auto	789.9	10.3	-2.210550	-
	Bus	180.7	17.1	-3.685714	
	Rail	529.4	12.1	-2.610714	
Gap	Auto	208.8	0.4	$\Delta CS(u) : \log(\exp^{-2.304707} + \exp^{-3.685714} + \exp^{-3.685714})$	381,660
	Bus	70	0	$-\log(\exp^{-2.210550} + \exp^{-3.685714} + \exp^{-2.610714})$	
	Rail	-278.7	5	$= 0.328228(u)$	
$\Delta CS(\min) : 0.328228(u) / 0.215 = 1.53(\min)$					

실증 분석

Toy Network 분석 결과와 본 연구에서 구분한 편익 항목 구성이 실제 네트워크에서 어떠한 편익 차이를 보이는 지 검토하기 위하여 현재 이용되고 있는 수도권 네트워크를 대상으로 트램사업 및 도시철도 사업에 대한 비교-분석을 수행하였다.

분석자료는 국가교통DB센터(KTDB)에서 제공하는 수도권 2014년 현행화 자료로 4개의 목적별 수단선택모형을 제시하고 있다. 따라서 여객 통행량은 PA 목적별 주수단 O/D를 이용하였으며, 화물통행량은 전국 톤급별 화물 O/D를 수도권 존재계에 맞춰 세분화하였다. 전체 9개(승용차, 택시, 버스, 철도, 버스+철도, 기타버스, 화물(소형, 중형, 대형)로 구분된 수단 중 수단선택 모형에 적용되는 승용차, 택시, 버스, 철도, 버스+철도 수단은 5개 수단으로 나머지 수단은 고정수요 형태로 편익으로 산정하였다.

본 연구에서는 예비타당성 조사지침에서 적용하고 있는 수도권 시간가치(2014년 기준)로 환산하여 편익을 산정하였다. 또한, 자료의 일관성을 위하여 배포된 O/D와 동일하게 2014년 기준 수도권 여객 기종점통행량(O/D)현행화 공동사업에서 제시된 수단선택모형을 적용하였다. 차종별 시간가치는 Table 9와 같다.

Table 9. Average time cost

-	Auto (won)	Bus (won)	Truck (won)
Average time cost	15,148	90,100	16,587

소비자잉여 편익분석은 분석에 활용된 수단분담모형의 수단별 비용 파라미터를 활용하여 수단별 시간가치를 산정하여 적용하였다. 총 효용은 분석한 침투/비침투 네트워크의 기종점 간 수단별 통행속성에 기반하여 효용을 합산하여 산출하였다. 산출된 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Time parameter of purpose

	HBW	HBS	HBO	NHB
Parameter auto	-0.00014217	-0.0003734	-0.00013657	-0.00016301
Parameter transit	-0.00030527	-0.0003734	-0.00024312	-0.00016301
-1/Parameter	3,276	2,678	4,113	6,135

1. 트램 사업에 대한 편익 비교 결과

해당 사업은 신도시 내 트램을 도입하는 사업으로 인접한 지하철 노선과 연계함으로써 신도시 내부의 수요를 분산을 목적으로 하는 사업이다. 트램 사업의 적용 개요는 총연장, 5km, 정거장 10개소, 표정속도 20-25km/h, 운행

간격 5-15분으로 이를 분석한 결과, 영향권 내 수단분담률 변화 및 이용수요는 Table 11과 같이 나타났다.

Table 11. Results of mode choice in influence area (tram)

-		Auto	Taxi	Bus	Rail	Bus+Rail	Total
Donot	Trip	182,369	34,674	125,349	20,606	30,790	393,787
	Rate (%)	46.31	8.81	31.83	5.23	7.82	100.00
Do	Trip	176,849	33,808	123,223	29,544	30,363	393,787
	Rate (%)	44.91	8.59	31.29	7.50	7.71	100.00
Gap	Trip	-5,520	-865	-2,126	8,937	-426	-
	Rate (%)	-1.40	-0.22	-0.54	2.27	-0.11	-

tram demand: 18,057 trip/day.

위의 분석 결과를 이용하여 두 가지 방법으로 편익을 산정한 결과, Table 12에서 비용절감 편익분석에서는 약 128.9억원/년이 산정되었으나, 이중 대중교통의 통행시간절감편익은 약 -93.7억원/년으로 나타났다.

Table 12. Results of cost saving benefit (tram) (unit : one hundred million/year)

Operating cost savings	Travel cost savings		Accident cost saving	Environmental benefits	Parking cost savings	Total
	Road	Rail				
89.9	104.7	-93.7	8.5	7.0	12.8	128.9

Table 13에서는 첨두/비첨두 각각의 소비자잉여를 제시하였고, Table 14의 합산결과, 소비자잉여 편익분석에서는 선택수단에 대한 편익이 약 204.2억원/년, 비선택수단에서의 편익 약 6.0억원/년, 외부불경제편익 약 7.0억원/년으로 총 약 217.2억원/년으로 나타나 Table 15와 같이 비용절감편익 산정 결과에 비해 약 1.68배 높게 나타났다.

Table 13. Consumer surplus benefit (u)

	HBW	HBS	HBO	NHB
Non peaktime Consumer surplus benefit	1,510	2,903	3,428	1,326
Peaktime Consumer surplus benefit	3,910	3,221	-524	279

Table 14. Results of consumer surplus benefit (tram) (unit : one hundred million/year)

-	Consumer surplus benefit				Non-choice benefit		External diseconomies benefit	Total
	HBW	HBS	HBO	NHB	Operating cost savings	Travel cost savings	Environmental benefits	
Total consumer surplus benefit (u)	5,420	6,124	2,904	1,605	-	-	-	-
Value of time (won/hour) benefit	3,276	2,678	4,113	6,135	-	-	-	-
	64.80	59.86	43.60	35.94	5.15	0.89	6.95	217.19

Table 15. Results of consumer surplus benefit (tram) (unit : one hundred million/year)

-	Total
Cost-saving benefit	128.9
Consumer surplus benefit	217.19
benefit	1.68

2. 도시철도 연장사업에 대한 편익 비교 결과

해당 사업은 기존의 도시철도를 연장하여 타 노선과 연계하는 사업이다. 동일한 방법으로 수도권 내 도시철도 연장사업에 대한 편익을 산정하였으며, 해당 사업은 총연장 10km, 정류장 6개소, 표정속도 40-50km/h, 운행 간격 6-15분으로 분석 결과, 영향권 내 수단분담률 변화 및 이용수요는 Table 16과 같이 나타났다.

Table 16. Results of mode choice in influence area (urban rail)

-		Auto	Taxi	Bus	Rail	Bus+Rail	Total
Donot	Trip	16,986,686	3,327,901	7,061,354	6,064,054	3,049,664	36,489,659
	Rate (%)	46.55	9.12	19.35	16.62	8.36	100.00
Do	Trip	16,966,128	3,327,192	7,060,312	6,073,999	3,062,028	36,489,659
	Rate (%)	46.50	9.12	19.35	16.65	8.39	100.00
Gap	Trip	-20,558	-709	-1,042	9,945	12,364	-
	Rate (%)	-0.05	-0.00	-0.00	0.03	0.03	-

urban rail demand: 48,723 trip/day.

Table 17의 편익산정 결과에서는 비용절감편익방법 적용시 약 824.2억원/년으로 나타났으며, 이중 대중교통 통행시간절감편익은 약 76.7억원/년으로 산정되었다.

Table 17. Results of cost saving benefit (urban rail) (unit : one hundred million/year)

Operating cost savings	Travel cost savings		Accident cost saving	Environmental benefits	Parking cost savings	Total
	Road	Rail				
281.1	385.4	76.7	30.3	25.8	24.8	824.2

Table 18에서는 첨부/비첨두 각각의 소비자잉여를 제시하였고 Table 19 합산결과 소비자잉여 편익분석에서는 선택수단에 대한 편익이 약 987.7억원/년, 비선택수단에서의 편익 약 13.1억원/년, 외부불경제편익 약 22.4억원/년으로 총 약 1,023.2억원/년으로 나타나 비용절감편익 산정 결과에 비해 약 1.24배 높게 나타났다.

Table 18. Consumer surplus benefit (u)

	HBW	HBS	HBO	NHB
Non peaktime Consumer surplus benefit	11,735	3,782	8,466	9,315
Peaktime Consumer surplus benefit	27,418	4,805	2,271	2,942

Table 19. Results of consumer surplus benefit (urban rail) (unit : one hundred million/year)

-	Consumer surplus benefit				Non-choice benefit		External diseconomies benefit	Total
	HBW	HBS	HBO	NHB	Operating cost savings	Travel cost savings	Environmental benefits	
Total consumer surplus benefit (u)	39,153	8,587	10,738	12,257	-	-	-	-
Value of time (won/hour) Benefit	3,276	2,678	4,113	6,135	-	-	-	-
	468.13	83.94	161.20	274.46	2.6	10.5	22.4	1,023.2

결론

현재 우리나라의 비용편익분석에서 편익 산정은 비용절감 편익분석방법을 적용하고 있으나, 이는 생산자 관점의 편익산정 방법으로 편익을 구성하는 항목으로 선정되지 못한 편익과 간접적으로 발생하는 편익을 반영하지 못하고 있다는 한계가 있다. 이는 최근 여러 지자체에서 도입하고자 하는 신교통수단사업에 적용할 경우, 타수단에 비해 성능적인 우위 확보가 어려워 사업의 수요는 발생함에도 불구하고 부(-)의 편익이 산정될 수 있다. 이러한 문제 해결을 위해 다양한 편익 항목을 추가하거나 보완하는 연구가 수행되고 있으나 한계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 수단선택과정에서 적용되는 로짓모형을 이용하여 로짓모형과 수요함수와의 관계를 정의하고 소비자잉여편익 산정을 위한 수식 유도를 통해 이용자 관점의 소비자잉여 편익분석 방법을 제시하였다.


수도권 데이터를 이용하여 철도수단 적용에 따른 사례 분석을 수행한 결과, 현재 적용 중인 비용절감 편익분석 방법에 비해 소비자잉여 편익분석 방법에서 편익이 약 1.2-1.7배 높게 나타났으며, 이는 비용절감편익분석에 비해 수단선택모형과의 일관성을 확보와 대중교통 선호 등의 정성적인 편익이 반영되었기 때문으로 판단된다.


본 연구의 분석 결과는 계량화시키기 어려운 편익에 대하여 효용의 개념하에 편익으로 반영함에 따라 교통수요분석 과정에서 적용되는 수단선택모형과의 일관성 확보와 정성적 편익을 고려할 수 있다는데 의의가 있으며, 신교통수단과 같은 저속의 대중교통수단에서도 이용수요와 일관된 편익 발생으로 분석결과의 신뢰성 향상과 합리적인 방법 제시로 교통투자사업의 정책적 판단을 수행하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 수단선택모형과 일관성을 확보했다고 하더라도 기본적으로 통행속도가 낮거나 통행요금이 높은 경우에는 새로운 수단으로 전환이 적을 수도 있으며, 적은 수요 대비 편익이 과대 추정될 경우도 발생할 여지가 있다. 이러한 문제점을 방지하고 개선하기 위해서는 지속적으로 사례에 대한 분석과 데이터 축적이 필요하다. 따라서 향후 지속적으로 이루어질 예비타당성 조사를 비롯한 각종 편익분석 분야에서 기존의 비용절감 편익분석을 기본으로 하되 소비자잉여 분석방법 결과를 보완책으로 검토·관리 할 필요가 있다고 판단된다.


알림


본 논문은 주저자의 박사학위 논문의 일부를 발췌하여 작성하였습니다.

ORCID

KIM, Teagyun  <http://orcid.org/0000-0002-6755-6340>

HONG, Kiman  <http://orcid.org/0000-0003-1187-3918>

HONG, Yongsuk  <http://orcid.org/0000-0001-6145-0863>

CHO, Joong Rae  <http://orcid.org/0000-0002-0314-5606>

References

- De Jong, Andrew D., Marits P., Toon H. (2007), The Logsum as an Evaluation Measure: Review of the Literature and New Results, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Ben-Akiva M., Lerman S. R. (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Cho J. R. (1987), Limits of Logit Models in Transportation Policy Evaluation: Expected Utilities in Logit Models, *J. Korean Soc. Transp.*, 5(1), Korean Society of Transportation, 25-31.

- Cho N. G. (2000), International Comparison of Road Project Appraisal, *The Korea Spatial Planning Review*, 127-143.
- Chung S. B. (2009), Research for Revising the Evaluation Criteria of Socio-Economic Values in the Transportation Sector, The Korea Transport Institute, Sejong, South Korea.
- Jang S. E., Jeong G. H. (2007), An Improved Methodology for Estimating Traffic Accident Cost Savings in the (preliminary) Feasibility Study, *J. Korean Soc. Transp.*, Korean Society of Transportation, 25(5), 15-21.
- Kim G. S. (1989), Measurement of User Benefits for the Appraisal of Transportation Investments, Korea Planning Association, Seoul, South Korea.
- Kim K. S., Chung S. B. (2005), (A) Study on the Plan for Improving Appraisal System for Feasibility of Transportation Infrastructures, Korea Transport Institute.
- Kim S. B. (2000), A Feasibility Study on Public Project Economic Evaluation & Consumers Surplus, *Journal of the Korean Urban Management Association* 13(2), 3-28.
- Kim S. B. (2013), Consumer Surplus Analysis of Trust-Development Project of State-Owned land, *Journal of the Korean Urban Management Association* 26(4), 1-32.
- Kohli S., Daly A. (2006), Proceedings of the European Transport Conference (ETC) 2006.
- Lee S. E., Lee S. J. (2010), A Study on Ways to Improve Benefits of Travel-time in Analyzing the Economic Efficiency) KCI, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 30(3D).
- Ma S., Kockelman K. M., Fagnat D. J. (2015), Welfare Analysis Using Logsum Differences Versus Rule of Half: Series of Case Studies, *Transportation Research Record*, 2530.
- McFadden D. (1978), Modelling the Choice of Residential Location. *Transportation Research Board*, 72-77.
- Ryu S. G., Han S. W., Ryu J. S. (2015), Evaluation Method for Social Benefit by Mitigating the Metropolitan Bus In-vehicle Congestion Level, Gyeonggi Research Institute, Suwon, South Korea.