

# 개인성향 요인이 탄소저감형 교통서비스 잠재선호에 미치는 영향에 관한 연구

## Effect of Attitudinal Factors on Stated Preference of Low-carbon Transportation Services

이 윤 희\* · 이 경 재\*\* · 추 상 호\*\*\*

\* 주저자 : 서울특별시 교통운영과 주무관  
\*\* 공저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정  
\*\*\* 교신저자 : 홍익대학교 도시공학과 교수

Yoonhee Lee\* · Gyeongjae Lee\*\* · Sangho Choo\*\*\*

\* Transportation Operation Division, Seoul Metropolitan Government  
\*\* Dept. of Urban Planning, Univ. of Hongik  
\*\*\* Dept. of Urban Design and Planning, Univ. of Hongik

† Corresponding author : Sangho Choo, shchoo@hongik.ac.kr

Vol. 22 No.6(2023)  
December, 2023  
pp.49~65

pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2023.22.6.49>

Received 24 October 2023  
Revised 4 November 2023  
Accepted 13 November 2023

© 2023. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

### 요 약

최근 전세계적으로 환경에 대한 관심이 커지고, 국제사회가 ‘탄소중립’을 선언하면서 ‘탄소’를 고려한 다양한 수단선택모형 연구가 실시되고 있으나, 탄소에 대한 개인성향을 반영한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 탄소저감형 이동수단(전동킥보드 등)을 포함한 대중교통 서비스로 SPT(Sustainable Public Transit)라는 새로운 수단을 제시하고, 수도권 통근자를 대상으로 실시한 SP(Stated Preference)조사를 활용하여 요인분석을 통해 응답자의 탄소에 대한 개인성향을 분석한 후, 다항로짓모형을 활용하여 SPT에 대한 수단선택모형을 구축하였다. 분석 결과, SPT 잠재선호에 영향을 미치는 요인으로 성별, 소득, 개인성향(‘새로운경로 탐색에 대한 열정’, ‘수단간 환승 선호’, ‘탄소저감지식’, ‘탄소저감실천’) 변수가 유의한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구는 수단선택모형 구축시 수단의 속성변수로 탄소배출량을 선정하거나, 탄소저감과 관련한 개인성향 변수를 구축했다는 부분에서 의의가 있다.

핵심어 : 탄소저감, 수단선택, 다항로짓모형, 잠재선호도, 개인성향

### ABSTRACT

In response to the growing global concern for the environment, the international community has recently committed to achieving ‘carbon neutrality.’ As a result, numerous studies have been conducted on mode choice models that include carbon emissions as a variable. However, few studies have established a correlation between individual preferences and carbon emissions. In this study, a new mode of transportation named sustainable public transit (SPT), incorporating carbon-reducing transport options like electric scooters, is proposed. Analyzing the individual preferences of commuters on carbon emissions through factor analysis, a stated preference (SP) survey was conducted. A mode choice model for SPT was constructed using multinomial logit models. The results of the analysis showed that gender, income, and specific preferences, such as a passion for exploring new routes, a preference for intermodal transfers, knowledge of carbon reduction, and carbon reduction practices, significantly influence latent preferences for SPT. Therefore, this study is significant as it considers carbon emissions as an attribute variable during the construction of mode choice models and reflects the individual preference variables associated with carbon reduction.

Key words : Low-carbon, Mode choice, Multinomial logit model, Stated preference, Attitudinal factor

## I. 서론

기후변화는 오늘날 전 세계가 당면한 가장 중대한 위기이자 대응이 시급한 문제이다. 현재 대기 중 이산화탄소 농도와 기온은 1850년 이후 가장 높은 수치를 기록하고 있다. 이러한 기후변화는 이상기후를 야기하며, 그 빈도와 규모는 급속도로 증가하고 있다(IPCC, 2021). 이와 같은 위험성을 인지한 국제사회는 선제적 대응방안으로 2015년에 파리협정을 체결하였으며, 지구온난화 완화 목표 달성을 위해 미국, EU, 일본, 중국 등 다수의 국가가 탄소중립을 선언하였다. 탄소중립이란, 온실가스 배출량을 최대한 줄이고, 나머지 배출원의 온실가스 배출량은 대기 온실가스 제거(조림 사업과 탄소 포집기술 등을 활용)로 상쇄하여 순배출량 '0'(net-zero)이 달성된 상태를 의미한다.

이러한 흐름에 따라 2020년, 국내에서도 2050 탄소중립을 선언하였으며, '2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)'상향안을 발표하였다. 이중 수송부문의 온실가스 배출량 목표 감축률은 2018년 대비 37.8%로 설정하였다. 현재 국내 탄소 총배출량의 13.7%를 수송부문이 차지하고 있으며, 수송부문의 96.5%가 도로 분야에서 발생한다. 따라서, 국토교통부는 NDC 달성을 위한 감축 전략으로 자동차 수요관리 및 연료 전환, 행태 개선 등을 제시하였다. 특히, 교통수요관리 방안으로 승용차 이용억제와 대중교통 및 녹색교통 활성화를 제시하였고, 이와 더불어 개인형 교통수단을 활용한 탈탄소화가 추진되어야 한다는 점을 강조하였다.

이러한 국가 정책에 부합하게 본 연구에서는 통행시 탄소배출을 저감할 수 있는 새로운 교통서비스를 제안하고, 해당 수단 선호도에 미치는 영향요인을 규명하고자 한다. 본 연구에서는 탄소 저감형 이동수단이 포함된 대중교통(Sustainable Public Transit, SPT)이라는 새로운 서비스를 제안하고자 하며, Stated Preference(SP) 조사 기법을 활용하여 기존 교통수단과 SPT가 주어졌을 때, SPT에 대한 잠재선호도를 분석하고자 한다. 또한, 이용자가 수단을 선택할 때 해당 수단의 탄소배출량을 고려하거나, 탄소저감과 관련된 개인성향이 고려되는지 분석하기 위해 관련 변수를 포함하여 수단선택모형을 구축하고자 한다.

본 연구의 시간적 범위는 2023년이고, 공간적 범위는 수도권<sup>1)</sup>으로 설정하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 수단선택모형에 관한 선행연구를 고찰하였다. 3장에서는 본 연구에 사용된 자료를 수집하기 위해 수행한 설문지의 구성과 SP조사 실험 설계에 대해 설명하며, 표본의 구성에 대해 살펴보았다. 4장에서는 본 연구에서 활용한 다항로짓 모형에 대해 설명하였고, 5장에서는 요인분석과 다항로짓모형 추정 결과를 제시하였다. 마지막으로 6장에서는 연구의 결론과 한계를 제시하고자 한다.

## II. 선행연구검토

수단선택모형은 교통분야에서 수요 분석 및 예측을 위해 오래전부터 사용해 온 모형으로, 교통수단을 선택하는 행태를 모형화한 것이다. 특히, 새로운 수단이나 계획 중인 수단 등 연구자가 궁금한 수단의 수요를 추정할 때 필수적으로 등장하는 모형이며, 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 수단선택모형으로는 로짓모형이 있다. 로짓모형은 효용함수에 포함되는 독립변수가 단위에 제약을 받지 않고 사용될 수 있으며, 통행자의 속성, 교통수단이 제공하는 서비스의 속성 및 통행 목적 등 통행 자체의 속성을 자유롭게 효용함수에 포함시킴으로써 통행자의 현실적인 선택 행태를 설명할 수 있다는 장점이 있다(Kim et al., 2011).

1) 서울특별시, 경기도, 인천광역시

본 연구는 SPT라는 새로운 서비스가 제시되었을 때 기존 교통수단과 새로운 서비스 간 잠재 선호도를 조사하고자 하며, 탄소관련 변수가 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 이와 같은 연구 목적을 고려하여 수단선택 모형에 관한 연구 중에서도 SP조사 자료를 활용한 연구와 개인성향을 고려한 연구를 검토하였다. SP조사 자료를 활용한 연구의 경우, 설문 설계 시 대안의 속성을 수단의 특성 및 탄소 배출 관련 특성으로 선정한 연구에 대해 검토하였다. 개인성향을 고려한 연구의 경우, 통행행태 또는 탄소배출 저감과 관련된 개인성향을 포함하여 모형을 구축한 연구에 대해 검토하였다.

## 1. SP조사 자료를 활용한 수단선택모형에 관한 연구

Kim et al.(2017)은 대규모 스포츠시설을 도착지로 하는 통행의 수단선택 모형을 구축하고자 경기 관람자를 대상으로 SP조사를 실시하였다. SP조사 설계시, 선택대안은 승용차, 택시, 버스, 지하철 총 4가지의 교통수단으로 선정하였다. 대안의 속성은 통행비용과 통행시간으로 각각 2수준으로 구분하였다. 분석결과, 대규모 스포츠시설과 같이 정해진 시간에 이벤트가 발생하는 경우, 정시성이 보장되는 대중교통 수단이 선호되며, 연령대가 낮을수록 여성 및 자주 방문하는 사람일수록 지하철을 선호하는 것으로 나타났다. Kim et al.(2020)은 서울시 Mobility as a Service(MaaS)에서 통근자의 교통대안 선택 모형을 구축하고자 SP조사를 수행하였다. SP조사 설계시, 선택대안은 승용차, 카풀, 대중교통, 대중교통+택시, 대중교통+공유자전거로 총 5가지의 대안으로 선정하였으며, 대안의 속성은 통행시간, 도보시간, 통행비용, 환승횟수로 선정하였다. 네스티드로짓모형을 활용하여 분석한 결과, MaaS 수단선호에 가장 큰 영향을 주는 변수는 나이였으며, 나이대별로 이산적인 선호를 보이는 것으로 나타났다. 해당 연구에서는 2가지의 네스티드 모형을 추정하였는데, 첫 번째 모형에서는 50대와 높은 교육수준을 지닌 사람들이 상대 집단보다 MaaS 복합수단을 선호하는 것을 밝혔다. 두 번째 모형에서는 30, 50대와 가구 내 월평균 소득이 500만원 이하인 경우, 남성, 직장 내 복장 규정이 자유로운 경우 상대 집단보다 대중교통, 대중교통+공공자전거 대안을 선호하는 것을 밝혔다. Kim et al.(2021)은 공유 전동킥보드를 고려한 수단선택모형을 구축하기 위해 1·2기 신도시 지역주민을 대상으로 SP조사를 수행하였다. 해당 연구에서 진행한 SP조사의 선택 대안은 승용차, 공유 자동차, 택시, 버스, 지하철, 자전거, 도보로 총 7가지로 선정하였다. 각 대안의 속성은 통행속도, 접근시간, 기본요금, 추가 요금으로 선정하였다. 다항로짓모형을 활용하여 선택모형을 추정한 결과, 40세 이하, 자전거 소유, 주로 이용하는 수단이 대중교통인 경우 긍정적인 영향을 보인 반면, 가구 월소득 300만원 미만, 개인 승용차 보유는 이용선호도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. Go et al.(2022)은 수도권 통근 상황에서의 온디맨드 서비스 선호도를 알아보기로 SP조사를 수행하였다. SP조사에 사용된 선택 대안은 승용차, 카셰어링, 택시, 대중교통, DRT로 총 5가지로 선정하였으며, 속성변수는 차내시간, 접근시간(access), 도달시간(egress), 총 통행시간, 통행비용으로 선정하였다. 네스티드로짓모형을 활용한 모형추정 결과, 공유차 이용 경험이 있거나 연령대가 낮을수록 승용차보다 온디맨드 서비스 선호도가 높았으며, 소득이 낮을수록 승용차보다 택시와 대중교통을, 소득이 높을수록 승용차보다 편도 공유차 서비스와 수요대응형 서비스를 이용할 확률이 높은 것으로 나타났다.

Prasetio et al.(2019)은 통근시 인도네시아의 전기동력 대중교통 수단의 선호도를 파악하기 위해 SP조사를 수행하였다. SP조사의 선택대안으로는 공공 전기차, 셔틀, 공공버스, 오토바이, 승용차로 선정되었고, 속성은 접근시간, 접근통행비용, 배차간격, 대기시간, 통행시간, 통행비용, 혼잡시간, 주차요금, 배기가스 배출수준, 진동 및 소음 수준으로 선정하였다. 다항로짓모형을 활용하여 분석한 결과, 통근자는 수단선택시, 통행시간과 혼잡시간에 민감한 것으로 나타났다. 또한, 배기가스, 진동 및 소음 수준은 개인교통을 이용하는 통근자보다 대중교통을 이용하는 통근자에게 더 민감하였으며, 통근자는 배출량을 크게 중요하게 생각하지는 않지

만, 일반 버스보다는 전기버스를 더 선호하는 것으로 나타났다. Raffaelli et al.(2022)은 탈탄소 관광을 목표로 하는 공공 정책의 실현 가능성과 그 효율성을 파악하고자 탈탄소화 전략에 대한 관광객의 SP조사를 수행하였다. 조사에 활용된 선택대안은 기차이며, 대안의 속성은 운행빈도, 기차의 탄소배출, 환승여부, 이용요금으로 선정하였다. 분석결과, 관광객은 탄소배출량이 적은 기차를 타는 것에 지불의사가 낮은 것으로 나타났다.

## 2. 개인성향을 고려한 수단선택모형에 관한 연구

Kim et al.(2021)은 교통수단 선택은 정량적 요인뿐만 아니라 정성적 요인에도 영향을 받는다고 판단하여 전동킥보드 수단과 관련된 위험성이라는 요인과 도보 수단과 관련있는 건강에 대한 인식이라는 요인을 포함하여 수단선택모형을 구축하였다. 정성적 요인은 이항로짓모형으로 계량화하였고, 수단선택모형은 다항로짓모형을 활용하였다. 모형 분석결과, 자전거보다 전동킥보드에서 더 위험성을 느끼는 경향이 있고, 초단거리 통행시 정성적요인이 수단선택에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 영향을 미치는 통행시간은 3.17-5.06분인 것으로 밝혀졌다. Lee et al.(2022)은 개인성향과 대중교통 만족도가 자율주행 수요대응 대중교통 잠재선호에 미치는 영향을 분석하기 위해 혼합로짓모형을 이용하여 수단선택모형을 추정하였다. 분석 결과, 현재 대중교통의 통행 환경에 만족할수록 승용차 대신 자율주행 수요대응을 선호하는 경향이 있으며, 운전을 선호하지 않을수록 택시와 승용차보다는 자율주행 수요대응을, 대중교통 우선도가 높을수록 버스, 자율주행 수요대응, 택시 순으로 선호하는 경향을 밝혀냈다.

Yang and Ho(2016)은 관광지에 녹색교통시스템 도입 후 관광객의 선택 선호도를 조사하여 탄소 저감 효과를 분석하고자 하였다. 탄소 관련 개인성향 변수는 요인분석을 통해 ‘환경 보호 실천’과 ‘탄소 저감 정책 지지’변수를 도출하였다. 해당변수를 포함하여, 다항로짓모형으로 선택모형을 추정한 결과, 환경보호를 실천하고자 하거나, 탄소 저감 정책을 지지할수록 저탄소 교통수단 이용이 증가하는 것으로 나타났다. Jia et al.(2018)은 통근통행 수단선택시 태도와 저탄소 요인이 미치는 영향을 분석하였다. 해당 연구에서 도출한 탄소 관련 잠재변수는 저탄소 지식, 저탄소 인식, 저탄소 실천으로 해당 요인을 포함하여 선택모형을 구축하였다. 분석결과, 저탄소 지식과 저탄소 습관은 통근자의 대중교통 이용을 증가시키며, 3가지 탄소관련 변수 중 저탄소지식이 대중교통이용에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. Guo et al.(2023)은 도크리스(dockless) 공유 자전거에 대한 태도와 선호도가 수단선택에 미치는 영향을 분석하였다. 해당 연구에서 도출한 잠재변수는 ‘배출량 감소’ 항목이 포함된 사회적 편익과 도크리스 공유 자전거 이용만족도이다. 해당 변수를 포함하여 선택모형을 분석한 결과, 사회적 편익에 긍정적이거나, 공유 자전거 이용만족도가 높을수록 공유 자전거와 대중교통의 혼합 이용이 증가하는 것으로 나타났다.

## 3. 선행연구 검토를 통한 시사점

전 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지면서 ‘탄소’를 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히, 탄소 배출과 매우 밀접한 관련이 있는 교통 분야 역시 수단선택모형에 탄소 관련 변수를 포함하는 추세이다.

선행연구 검토 결과, 일부 국외 연구에서는 수단의 속성변수로 배기가스 배출수준, 탄소배출량 등을 제시하고 있다. 또한, 탄소 관련 잠재변수로 환경보호 실천, 탄소 저감 정책지지, 저탄소 지식, 저탄소 인식, 저탄소 습관, 사회적 편익(오염물질 배출감소 등) 등을 도출하여 수단선택에 미치는 영향을 분석하고 있다. 그러나, 이처럼 수단선택모형 구축 시 수단의 속성변수로 탄소배출량을 선정하거나, 탄소 저감과 관련한 개인성향 변수를 구축하는 국외 연구와 달리 국내에서는 이와 관련된 연구가 미비한 것으로 보인다. 따라서, 탄소

관련 변수를 구축하여 수단선택모형을 추정하는데 본 연구의 의의가 있다.

### III. 자료수집

본 연구에서 자료수집을 위해 진행된 설문조사는 기존 교통수단인 승용차, 대중교통과 가상의 서비스인 SPT에 대한 통행 시나리오를 제시하고, 응답자가 선호하는 대안을 선택하도록 설계하였다. 먼저, 본 설문은 공간적 범위는 승용차와 대중교통의 이용 비율이 비슷하며, 공유 자전거, 공유 전동킥보드 등을 포함한 다양한 교통수단이 활성화되어 있는 수도권으로 설정하였다. 또한, 설문에서 다양한 통행 시나리오를 제시하기 때문에 답변의 일관성을 위해 정기적으로 통행하는 20세 이상에서 만 60세 미만의 통근자를 조사대상으로 선정하였다. 조사기간은 2023년 6월 14일부터 19일까지 온라인으로 진행되었으며, 총 134부의 표본이 수집되었다. 그 중 비논리적 응답자 제거를 위해 설계한 동일 문항에 대해 일정한 답변을 하지 않은 응답자를 제거하여, 최종적으로 119개의 표본을 분석에 활용하였다.

#### 1. 표본특성

본 설문에서는 표본의 특성이 특정 집단에 밀집되지 않도록 2020 인구총조사 자료를 기반으로 지역(시도 단위)\*성\*연령에 따라 층화하여 표본비를 산정한 후, 해당 비율에 맞게 조사를 진행하였다. 응답자의 사회경제적 특성을 살펴보면(<Table 1>), 성별의 경우 남성이 55.5%, 여성이 45.5%로 나타났으며, 연령대는 20대가 23.5%, 30대가 22.7%, 40대가 28.6%, 50대가 25.2%로 나타났다. 직업의 경우 관리자 및 사무 종사자가 51.3%이며, 전문가 및 관련 종사자가 17.6%, 서비스 종사자가 11.8%로 나타났다. 응답자 63.1%의 월평균 소득은 200만원에서 400만원 사이로, 200만원 이상 300만원 미만인 26.1% 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 가구원 수의 경우 4인이 31.1%로 가장 높은 비율을 차지하며, 다음으로 3인이 29.4%, 1인과 2인은 17.6%로 동일하게 나타났으며 5인 이상은 4.2%로 나타났다.

<Table 1> Socio-demographics statistics

(N=119)

Variables	Sample size	Ratio (%)		Variables	Sample size	Ratio (%)	
Gender*	Male	66	55.5	Residence*	Seoul	45	37.8
	Female	53	44.5		Incheon	15	12.6
Age*	20s	28	23.5		Gyeonggi	59	49.6
	30s	27	22.7	< 1.0 million	3	2.5	
	40s	34	28.6	1.0 ~ 2.0 million	7	5.9	
	50s	30	25.2	2.0 ~ 3.0 million	31	26.1	
Education	High school	13	10.9	3.0 ~ 4.0 million	30	25.2	
	Attending University	11	9.2	4.0 ~ 5.0 million	14	11.8	
	University Graduation	94	79.0	5.0 ~ 6.0 million	7	5.9	
	Other	1	0.8	6.0 ~ 7.0 million	6	5.0	
Occupation	Professional	21	17.6	7.0 ~ 8.0 million	7	5.9	
	Service	14	11.8	8.0 ~ 9.0 million	4	3.4	
	Sales	5	4.2	9.0 ~ 10.0 million	6	5.0	
	Manager/Office	61	51.3	> 10.0 million	4	3.4	
	Other	18	15.1				

Note: \* = Same as the ratio of "2020 Population and Housing Census"

## 2. 개인성향조사

본 설문지의 개인 성향 문항은 관련된 선행연구(Park and Jung, 2012; Park and Oh, 2014; You, 2014; Jia et al., 2018; Bao et al., 2019; Song, 2020; Lee et al., 2022; Guo et al., 2023)를 참조하여 작성하였으며, 리커트 5점 척도로 조사하였다. 문항은 새로운 경로 탐색에 대한 열정(PN), 수단간 환승 선호(PT), 정시성 추구(IP), 탄소저감지식(LK), 탄소저감실천(LH), 탄소저감태도(LA)로 구성하였다(<Table 2>).

<Table 2> Attitudinal indicators and distribution of sample

(N=119)

Attitudinal indicator	Mean	Std.
<i>Passion for Search New Route (PN)</i>		
PN1. I want to try a new route that I haven't used before.	3.24	1.03
PN2. If someone suggests a new route to me, I'll try it.	3.64	1.01
PN3. I try to find better routes in my daily travels.	3.99	0.88
PN4. I am willing to change my route if there is a better route than the one I know now.	4.34	0.78
PN5. I compare various routes and then choose.	4.10	0.86
<i>Preference for Transfer between Travel Mode (PT)</i>		
PT1. I am willing to use more than one modes to get to my destination.	3.73	1.01
PT2. I don't really feel pressured when transferring between modes.	3.35	1.16
PT3. It is unnecessary to use multi-mode in one trip.	3.20	0.96
PT4. I plan my schedule to minimize travel time.	3.99	0.80
PT5. I do not prefer to transfer transportation.	3.48	0.99
<i>Importance of Punctuality (IP)</i>		
IP1. I value punctuality.	4.41	0.74
IP2. If possible, I avoid transit that is likely to delay my scheduled arrival time.	4.30	0.78
IP3. I am willing to pay extra for punctuality.	3.68	0.88
IP4. I leave home in advance to ensure I will arrive on time and as comfortable as possible	4.23	0.76
IP5. I am worried that if public transit is slower than usual, my planned schedule will be delayed.	4.36	0.72
<i>Low-carbon Knowledge (LK)</i>		
LK1. I believe I know which behavior will lead to carbon emissions increase	3.38	0.90
LK2. I believe I know some tips to reduce carbon emissions and protect the environment	3.53	0.93
LK3. Promoting the use of new energy vehicles can save resources and reduce carbon emissions	3.79	0.78
LK4. To save energy and reduce carbon emissions is the necessary way to improve the environment	4.03	0.74
LK5. Vehicle emissions is an important cause of environmental pollution	4.01	0.83
<i>Low-carbon Habit (LH)</i>		
LH1. I am willing to save energy in everyday life, reducing carbon emissions	3.66	0.86
LH2. I try not to use disposable products and to recycle renewable resources.	3.71	0.90
LH3. I always separate the waste.	4.39	0.74
LH4. I try to use public transit whenever possible to reduce carbon emissions.	3.80	0.94
LH5. I try to give priority to purchasing products from companies that strive to protect the environment.	3.38	0.84

Attitudinal indicator	Mean	Std.
<i>Low-carbon Attitude (LA)</i>		
LA1. I am willing to pay extra for transit services that reduce carbon emissions.	3.15	1.01
LA2. I am willing to change my habits to reduce carbon emissions.	3.71	0.82
LA3. I don't want to make my daily life inconvenient in order to reduce carbon emissions.	3.33	0.93
LA4. I have an interest in environmental organizations activities.	3.83	0.79
LA5. I prefer eco-friendly vehicles over internal combustion engine vehicles.	3.66	0.87

조사 결과, 응답자는 ‘정시성 추구’에 긍정적으로 답변하였다. 특히, 약속시간을 지키는 것에 대해 가장 높게 평가하였다(IP1,4.41). 반면, ‘수단간 환승 선호’와 ‘탄소저감태도’는 다른 그룹에 비해 평균 점수가 비교적 낮게 나타났다. ‘수단간 환승 선호’ 그룹 내의 높은 점수를 받은 문항(PT1, PT4)를 살펴보면, 응답자는 수단간의 환승에 대한 거부감은 없으나, 환승 시간이 길어지는 것에는 거부감이 있는 것으로 나타났다. ‘탄소저감태도’ 그룹 내에서 높은 점수를 받은 문항(LA2, LA4, LA5)을 살펴보면, 응답자는 탄소저감을 위한 활동에 긍정적인 태도를 취하고 있는 것으로 나타났다.

### 3. 잠재선호실험설계

본 연구에서는 잠재선호 실험을 통해 SPT의 선호도에 대해 조사하였으며, 설문지의 예시는 <Fig. 1>과 같다. 응답자에게는 단거리 통근통행, 장거리 통근통행, 단거리 여가통행, 장거리 여가통행 4가지 가상의 상황이 주어졌으며, 각 상황별로 제시된 통행시간, 통행비용, 탄소배출량을 고려하여 3가지 수단 중 가장 선호하는 수단 한 가지를 선택하였다.

Q4.1. There are travel times, travel costs, and carbon emissions of the modes you can use when commuting to work. Which of the following modes would you like to use?			
	Car	Public Transit	SPT
<b>Travel time</b>	18 min	37 min	33 min
<b>Travel cost</b>	2,884 won	1,350 won	2,150 won
<b>Carbon emission</b>	1,302 g (Car, 100%)	370 g (28% of Car)	113 g (9% of Car)
<b>Choice</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<Fig. 1> An example of SP survey (translated into English)

가상의 상황에서 제시된 통행특성 변수의 속성수준은 <Table 3>과 같다. 속성수준은 기준값을 산정한 후, 기준값을 기준으로 3수준으로 설정하였다. 일부 속성은 제외하고는 모두 기준값의 90%, 100%, 110%로 수준을 구분하였다. 반면, 대중교통 통행비용 수준의 간격은 수도권 통합환승할인제도에 따른 기본 추가요금인 100원으로 산정하였고, SPT의 통행비용과 탄소배출량 수준은 기준값의 최소값과 최대값의 중간값으로 산정하였다.

각 속성의 기준값은 최대한 현실을 반영하도록 설계하였다. 단거리와 장거리의 기준은 통행자들의 실제

이동거리를 반영하기 위해 교통카드 데이터 중 수도권 내에서 발생한 통행 자료를 활용하여 이동거리를 설정하였다. 먼저, 대중교통의 통행비용은 수도권 통합요금제의 기본요금을 기준값으로 설정하였고, 통행시간은 앞서 교통카드 데이터에서 산출된 통행시간을 기준값으로 설정하였다. 대중교통의 탄소배출량은 버스와 지하철의 1인당 온실가스 배출량 원단위(The Seoul Institute, 2018)의 평균값에 이동거리를 곱하여 계산하였다. 승용차 통행비용은 승용차 운영비용<sup>2)</sup>을 기준값으로 설정하였고, 통행시간은 대중교통 통행시간에 ‘승용차 대비 대중교통의 통행시간비<sup>3)</sup>를 나누어 기준값을 계산하였다. 승용차의 탄소배출량은 승용차의 1인당 온실가스 배출량 원단위(The Seoul Institute, 2018)에 거리를 곱하여 계산하였다. 마지막으로, SPT에는 대중교통이 포함되기 때문에 속성변수의 값이 대중교통과 비슷하게 산정되었으며, SPT의 통행시간은 대중교통 통행시간 기준값과 동일하게 설정하였다. 그러나, SPT에는 탄소저감형 이동수단이 포함되기 때문에 어떤 수단이 포함되는지에 따라 통행비용과 탄소배출량이 달라진다고 판단하였다. 따라서, SPT에서 통행비용과 탄소배출량이 최소 및 최대 발생할 수 있는 경우를 기준값으로 설정하였다.

<Table 3> Attribute level

Mode	Attribute	Attribute level	
		Short distance	Long distance
Private Car	Travel time	18 min / 20 min / 22 min	43 min / 48 min / 53 min
	Travel cost	2,360 won / 2,622 won / 2,884 won	6,669 won / 7,410 won / 8,151 won
	Carbon emission	1,066g / 1,184g / 1,302g	3,330g / 3,700g / 4,070g
Public Transit	Travel time	33 min / 37 min / 41 min	61 min / 68 min / 75 min
	Travel cost	1,250 won / 1,350 won / 1,450 won	1,450 won / 1,550 won / 1,650 won
	Carbon emission	302g / 336g / 370g	945g / 1,050g / 1,155g
SPT	Travel time	33 min / 37 min / 41 min	61 min / 68 min / 75 min
	Travel cost	1,250 won / 2,150 won / 3,050 won	1,450 won / 2,350 won / 3,250 won
	Carbon emission	0g / 113g / 225g	0g / 467g / 934g

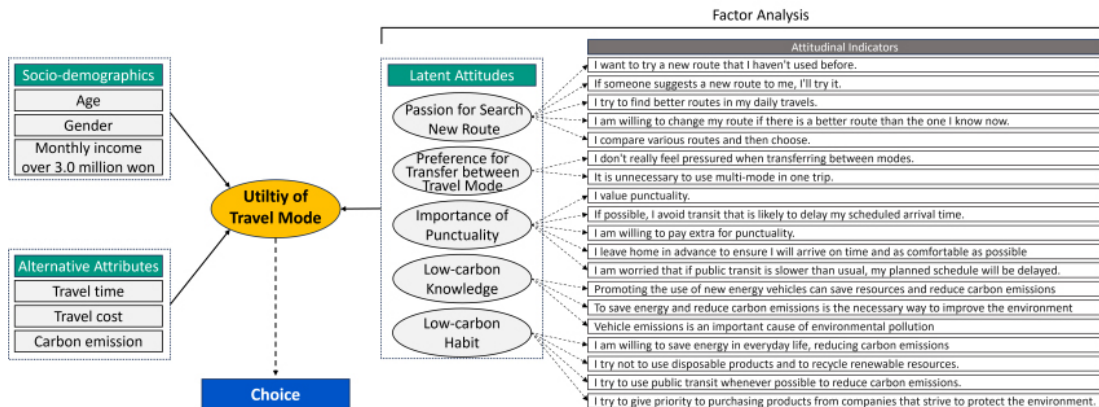
#### IV. 분석방법론

본 연구에서는 요인분석을 통해 개인성향에 대한 잠재변수를 도출한 후, 개인이 교통수단을 선택할 때, 잠재변수와 개인특성 변수가 어떻게 영향을 미치는지 분석하였다. 본 연구에서 구축한 모형을 구조화한 그림은 <Fig. 2>와 같다.

2) 2022년 국가교통조사 보고서

3) 2022년 대중교통 현황조사





<Fig. 2> Modeling Framework

### 1. 요인분석

요인분석이란, 사회과학 분야에서 많이 활용되는 분석방법으로 측정변수 간의 공분산(또는 공분산을 표준화한 상관계수)를 통해 상호관련성을 분석하여 이들 간에 공통으로 작용하는 요인(factor)을 추출하여 정보의 손실을 최소화하면서 소수의 잠재변수(latent variable)로 축약하는 통계기법이다(Choi et al., 2017).

먼저, 측정변수  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 에 대해  $m$ 개의 요인을 고려한 통계모형은 <Eq. 1>과 같은 형태를 갖는다. 이때, 모든 측정변수의 평균은 0, 표준편차는 1로 표준화되었다고 가정한다(Kang, 2013).

$$\begin{cases} x_1 = \lambda_{11}f_1 + \lambda_{12}f_2 + \dots + \lambda_{1m}f_m + e_1 \\ x_2 = \lambda_{21}f_1 + \lambda_{22}f_2 + \dots + \lambda_{2m}f_m + e_2 \\ \vdots \\ x_p = \lambda_{p1}f_1 + \lambda_{p2}f_2 + \dots + \lambda_{pm}f_m + e_p \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

이때, 모든 측정변수에 영향을 미치는 공통요인(common factor)은 확률변수  $f_1, f_2, \dots, f_m$  이고, 단 하나의 측정변수  $x_i$ 에만 영향을 미치는 확률변수인  $e_i$ 는 유일성 변수(uniqueness variate)라고 부른다. 모형의  $i$ 번째 측정변수  $x_i$ 에 대한  $j$ 번째 요인인  $f_j$ 의 중요성을 나타내는 가중계수  $\lambda_{ij}$ 는 요인부하량(factor loading)이라고 한다. 또한, 몇 가지 기본적인 가정하에서 측정변수  $x_i$ 의 분산을 <Eq. 2>와 같이 표현할 수 있다(Kang, 2013).

$$Var(x_i) = c_i + \psi_i = \{\lambda_{i1}^2 + \lambda_{i2}^2 + \dots + \lambda_{im}^2\} + \psi_i \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $c_i$ 는 측정변수  $x_i$ 의 공통성(communality)이며,  $x_i$ 의 분산 중  $m$ 개의 요인에 의하여 설명된다.

### 2. 다항로짓모형

확률선택모형의 기본원리는 모든 의사결정자가 선택가능한 대안들 중 만족도가 가장 높은 대안을 선택한다는 가정을 전제로 한다(Hausman and McFadden, 1984). 확률효용이론에서 의사결정자의 만족도인 효용은

확률함수로 가정하며, 각 대안별 총 효용은 <Eq. 3>과 같이 표현할 수 있다.

$$U_j = V_j + \epsilon_j \dots\dots\dots (3)$$

본 연구와 같이 대안이 3개 이상인 경우에는 <Eq. 4>와 같은 다항로짓모형을 사용한다.

$$U_m(j) = \theta_{mj} + \beta' X_{mj} + \epsilon_{mj} \dots\dots\dots (4)$$

<Eq. 4>은 개인 m의 대안 j에 대한 효용함수이며,  $X_{mj}$ 는 설명변수로, 개인의 특성 또는 대안의 특성을 나타낸다. 여기서, 개인 m이 대안 j를 선택할 확률  $P_m(j)$ 는 아래 <Eq. 5>와 같다.

$$P_m(j) = \frac{\exp(\theta_{mj} + \beta' X_{mj})}{\sum_{k=1}^J \exp(\theta_{mk} + \beta' X_{mk})} \dots\dots\dots (5)$$

## V. 분석 결과

### 1. 요인분석결과

본 연구의 요인분석에는 총 30개의 설문 문항이 활용되었으며, 분석결과, 15개의 문항이 5개의 요인으로 구분되었다. 먼저, 표본적합도인 KMO MSA(Measure of Sampling Adequacy)이 0.798로 나타나 본 설문 문항이 요인분석에 적합한 것으로 판단하였다(Kaiser, 1974; Kang, 2013; Xia et al., 2022). 또한, Bartlett 구형성 검정 결과, 잠재변수 간의 상관성이 인정되어 공통요인이 존재한다고 판단되었고(Kang, 2013), 본 설문 문항이 요인분석을 실시할 가치가 있다는 결과가 나타났다.

요인분석에서 도출된 요인(잠재변수)에 대해 설문문항(측정변수)이 가지는 회귀계수인 요인부하량의 값이 클수록 잠재변수를 잘 설명하는 것으로 판단할 수 있다(Seo et al., 2018). 요인부하량이 0.3 이상일 경우에는 좋은 문항이라고 볼 수 있으며(Crocker and Algina, 1986; Seo et al., 2018), 본 연구에서 채택된 문항은 전부 0.6 이상으로 타당하다.

본 분석을 통해 총 5개의 요인이 추출되었으며, 각 요인에 해당하는 측정변수를 포괄하여 지칭할 수 있도록 잠재변수명을 지정하였다. 먼저, “새로운 경로 탐색에 대한 열정”, “수단간 환승 선호”, “정시성 추구”는 통행과 관련된 개인성향 요인이다. “새로운 경로 탐색에 대한 열정”은 통행시 새로운 경로에 대한 거부감이 없고, 경로를 탐색하는 것에 대한 열정이 있는 성향을 반영한다. “수단간 환승 선호”는 통행시 교통수단 간의 환승을 해야 하는 상황에 부담감을 느끼지 않는 성향을 의미한다. “정시성 추구”는 통행시 예정된 시간을 지키는 것을 선호하며, 이를 위해 추가비용을 지불할 의사가 있는 성향을 나타낸다. 다음으로, “탄소저감지식”과 “탄소저감실천”은 탄소저감과 관련된 개인성향 요인이다. “탄소저감지식”은 탄소 배출량을 저감시킬 수 있는 방법에 대한 지식이 있는 상태를 의미한다. “탄소저감실천”은 탄소 배출량을 줄이기 위해 일상생활에서 노력하는 성향을 의미한다.

이러한 5개의 요인을 다항 로지스틱 회귀분석의 변수로 활용하기에 앞서, 분석의 정확도를 높이기 위해

신뢰도 분석을 진행하였다. 요인의 신뢰도는 각 잠재변수의 내적 일관성을 설명하기 위해 사회과학 연구에서 일반적으로 사용되는 신뢰도 분석방법인 Cronbach  $\alpha$ 로 판단하였다. Cronbach  $\alpha$  규칙에 의하면  $\alpha$ 값이 0.8 이상일 때 해당 잠재변수를 신뢰할 수 있으며(Xia et al., 2022), 본 연구의 잠재변수는 모두 해당 범위에 속한다. 따라서, 잠재변수 ‘새로운 경로 탐색에 대한 열정’, ‘수단간 환승 선호’, ‘정시성 추구’, ‘탄소저감지식’, ‘탄소저감실천’은 다항 로지스틱 회귀분석의 독립변수로 활용할 수 있는 것으로 판단하였다.

<Table 4> Results of factor analysis

(N=119)

Latent variable	Attitudinal indicator	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Passion for Search Now Route	PN1.	0.791				
	PN2.	0.843				
	PN3.	0.728				
	PN4.	0.635				
	PN5.	0.711				
Preference for Transfer between Travel Mode	PT2.		0.649			
	PT3.		-0.854			
Importance of Punctuality	IP1.			0.806		
	IP2.			0.797		
	IP3.			0.510		
	IP4.			0.810		
	IP5.			0.687		
Low-carbon Knowledge	LK3.				0.766	
	LK4.				0.760	
	LK5.				0.772	
Low-carbon Habit	LH1.					0.830
	LH2.					0.801
	LH4.					0.613
	LH5.					0.745
Cronbach $\alpha$		0.840*	-0.926*	0.800*	0.804*	0.800*
KMO Measure of Sampling Adequacy		0.798				
Bartlett Test of Sphericity	Approx $\kappa^2$	974.381				
	Degree of freedom	171				
	p-value	0.000**				

Note: \* = Cronbach  $\alpha > 0.6$ , \*\* = p-value < 0.05

## 2. 다항로지트모형추정결과

본 연구의 SP조사에서는 단거리 통근통행, 장거리 통근통행, 단거리 여가통행, 장거리 여가통행 총 4가지의 상황에 대해 설문을 진행하였다. 따라서, 각 상황별로 수단선택모형을 구축하여 비교 분석하였다. 수단선택모형 추정시 대안공통변수로 각 대안의 통행시간, 통행비용, 탄소배출량 변수를 고려하였으며, 대안특정변수로는 응답자의 사회경제적특성과 개인성향 변수를 고려하였다. 모형에 활용된 변수는 <Table 5>와 같다.

수단선택모형 추정 결과, 4가지 모형의  $\rho^2$ 는 0.193 ~ 0.320 사이로 적절한 수준의 설명력을 갖춘 것으로 판단되며, 모형에 의미를 부여할 수 있는 것으로 보인다. 또한, 4가지 모형 모두 통행의 저항요소인 통행시

간, 통행비용 변수의 계수가 유의하며, 음의 방향으로 추정되어 합리적인 추정 결과가 도출된 것으로 판단하였다. 반면, 탄소배출량은 모든 모형에서 유의하지 않는 것으로 나타났다.

먼저, 단거리 통근통행의 시간가치는 8,360원/시간, 장거리 통근통행의 시간가치는 14,232원/시간, 단거리 여가통행의 시간가치는 12,055원/시간, 장거리 여가통행의 시간가치는 12,270원/시간으로 나타났다. 통근통행의 경우 단거리와 장거리 상황에 따라 시간가치의 차이가 큰 반면, 여가통행의 경우 별다른 차이가 없는 것으로 보아 이동거리의 차이는 여가통행보다 통근통행에서 더 크게 작용하는 것으로 판단된다.

<Table 5> Definition of variables

Variable		Definition
Alternative attributes	Travel time	Travel time (min)
	Travel cost	Travel cost (won)
	Carbon emission	Carbon emission (g)
Demographics	Age	Age (years)
	Gender	1 if respondent is male, otherwise 0
	Income	1 if respondent's monthly income is higher than 3 millions won otherwise 0
Attitudinal attributes	PN	Passion for Search Now Route (Latent variable)
	PT	Preference for Transfer between Travel Mode (Latent variable)
	IP	Importance of Punctuality (Latent variable)
	LK	Low-carbon Knowledge (Latent variable)
	LH	Low-carbon Habit (Latent variable)

두 번째로, 사회경제적 특성에 대해 살펴보면, 연령은 4가지 모형에서 모두 유의하지 않게 나타났다. 성별의 경우, 단거리 통근통행시 여성일수록 SPT를 선호하는 것으로 나타났으나, 단거리 여가통행시 남성일수록 SPT를 선호하는 것으로 나타났다. 소득의 경우, 단거리 통근통행을 제외한 나머지 3가지 상황에서 모두 월 평균 소득이 300만원 이하일수록 승용차보다 SPT를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 SPT의 통행비용이 비교적 저렴하기 때문으로 판단된다.

세 번째로, 개인성향에 대한 분석결과를 살펴보면, ‘새로운 경로 탐색에 대한 열정’의 경우, 통근통행 상황에서만 유의하게 나타났으며, 새로운 경로에 대한 거부감이 없는 사람일수록 SPT를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 SPT가 다른 대안에 비해 통행 시 이용할 수 있는 이동수단이 많아 경로 선택지가 많기 때문으로 판단된다. ‘수단간 환승 선호’의 경우, 4가지 상황에서 모두 유의미한 것으로 나타났으며, 교통수단 간의 환승에 대한 거부감이 없는 성향일수록 대중교통과 SPT를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 대중교통과 SPT 모두 2가지 이상의 수단을 포함하고 있으며 통행시 원하는 수단을 조합하여 이용할 수 있기 때문으로 판단된다. ‘정시성 추구’의 경우, 모든 모형에서 유의하지 않게 나타났다. ‘탄소저감지식’의 경우, 장거리 통행에서는 대중교통과 SPT 모두 유의하게 나타났으며, 단거리 통행에서는 SPT만 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 탄소 배출량을 저감시키는 방법에 대한 지식이 있을수록 장거리 통행시 SPT, 대중교통 순으로 선호하는 것을 알 수 있고, 단거리 통행시에는 SPT를 선호하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과를 통해 탄소저감방법에 대해 인지하고 있는 사람이 탄소저감형 교통수단을 선택하는 과정에 있어, 탄소저감에 대한 지식이 탄소저감행동으로 이어질 수 있다는 것을 간접적으로 확인할 수 있다. ‘탄소저감실천’의 경우, 4가지 상황에서 모두 유의하게 나타났으며, 탄소배출량을 감소시키기 위한 행동을 실천하는 성향일수록 SPT, 대중교통 순으

로 선호하는 것을 알 수 있다. 특히, 단거리보다 장거리에서 그 차이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 이동거리가 길어질수록 대중교통과 SPT 간의 탄소배출량 차가 증가하기 때문으로 판단된다. 따라서, 이동거리가 길어질수록 통행시 탄소배출량을 줄일 수 있는 수단을 고려할 확률이 높은 것을 확인할 수 있다.

<Table 6> Estimation results

Attribute		Commute		Leisure		
		Shor distance	Long distance	Short distance	Long distance	
		coefficient	coefficient	coefficient	coefficient	
Alternative specific constant	Public transit	0.829	-0.773	-0.502	-2.033*	
	SPT	0.436	-1.166	-0.776	-2.782**	
Alternative attribute	Travel time	-0.167**	-0.237**	-0.261**	-0.164**	
	Travel cost	-0.001**	-0.001**	-0.001**	-0.001**	
	Carbon emission	-2.65E-04	-1.42E-04	-0.001	1.93E-05	
Demographics	Age	Public transit	-0.010	-0.015	0.010	-0.010
		SPT	0.013	-0.008	0.023	0.002
	Gender	Public transit	-0.321	-0.343	0.373	1.234**
		SPT	-0.745**	-0.064	0.522*	1.446**
	Income	Public transit	0.357	-1.028**	-0.470	-1.011**
		SPT	0.361	-0.905*	-0.632*	-0.864**
Attitudinal attribute	PN	Public transit	0.111	0.253	-0.089	0.050
		SPT	0.252*	0.334**	0.113	0.159
	PT	Public transit	0.670**	1.396**	0.747**	0.666**
		SPT	0.433**	1.321**	0.523**	0.675**
	IP	Public transit	-0.019	-0.02	-0.261	-0.233
		SPT	0.196	0.079	-0.131	-0.215
	LK	Public transit	-0.008	0.527**	0.17	0.243**
		SPT	0.311**	0.659**	0.386**	0.549**
	LH	Public transit	0.570**	0.352**	0.403**	0.266**
		SPT	0.748**	0.806**	0.435**	0.415**
	Sample size		595	595	595	595
	L(0)		-653.674	-653.674	-653.674	-653.674
L( $\beta$ )		-506.49	-444.493	-521.926	-527.690	
$\rho^2$		0.225	0.320	0.202	0.193	
Value of time (won / hour)		8,360	14,232	12,055	12,270	

Note: \* =  $p < 0.1$ , \*\* =  $p < 0.05$ , reference mode: car

## VI. 결론 및 연구의 한계점

기후변화의 위험성을 인지한 국제사회가 탄소중립을 선언하고, 관련 정책을 발표하면서, 국내에서 탄소중

립에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라, 국내 탄소배출량의 상당 비율을 차지하며, 생활공간 및 이동과 밀접한 교통 분야에서는 교통체계 및 운영 관리 또는 교통수단에 변화를 주고자 다양한 정책이나 서비스를 제안하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 SPT라는 새로운 수단을 제시하고, SP조사를 진행하였으며, 탄소와 관련된 변수를 포함한 수단선택모형을 구축하여 선택에 미치는 영향요인을 분석하였다.

자료 구축을 위해 진행된 SP조사는 수도권 통근자를 대상으로 수행되었으며, 응답자 134명에 대해 조사가 이루어졌고, 최종적으로 유효표본 595개를 수집하였다. SP조사의 결과를 바탕으로 다항로짓모형을 활용하여 수단선택모형을 구축하였다. 선택모형을 분석한 결과, 본 연구에서 시사하고자 하는 바는 다음과 같다.

먼저, 수단선택모형 분석 결과, 탄소배출량이 유의미하지 않게 도출된 점으로 보아, 아직 통행시간과 통행비용에 비해 탄소배출량이 수단선택에 미치는 영향력이 작은 것으로 해석할 수 있다. 따라서, 탄소배출량이 통행시간, 통행비용과 동등하게 비교될 수 있도록 탄소가치를 높일 것을 시사한다. 이는 일정 부분 정부의 개입이 필요하다고 생각되며, 탄소 저감의 대가를 복지로 제공하는 등 탄소가치를 높일 수 있는 방법을 구상해야 한다.

두 번째, 소득이 낮을수록 SPT를 선호하는 것을 고려하여, SPT에 포함되는 각 수단은 연계 할인을 적용하고, 단독 이용시 요금보다 저렴하게 운영하면 통행시 탄소배출량을 줄이면서 해당 수단의 이용률을 증가시킬 수 있다. 예를 들어, SPT에 포함되는 탄소 저감형 이동수단 중, 공유 전동킥보드는 이용 시 소득이 높을수록 이용의향이 증가하는 경향성이 있다(Choi et al., 2020). 그러나, SPT를 통해 수단간 환승 할인이 제공되면 이용자의 소득계층을 늘어나 공유 전동킥보드의 이용률을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

세 번째, 개인성향 문항에 대한 기초통계분석에서 응답자가 환승 시간이 길어지는 것에 대한 거부감이 있는 것으로 나타난 반면, 수단간 환승에 거부감이 없는 성향의 사람이 SPT에 대한 선호도가 높은 점을 활용하여 SPT 이용시 환승 시간이 지체되지 않도록 SPT에 포함되는 모든 수단의 실시간 최적 배치가 이루어질 필요가 있다. 또한 모든 수단의 실시간 배치 현황 정보가 하나의 맵에 표현되도록 시스템을 구축할 경우 SPT 이용에 도움이 될 것으로 보인다.

네 번째, 탄소 저감 지식이 있는 사람일수록 SPT를 선택한다는 점을 고려하여 통행자에게 탄소 저감 지식에 대한 교육이 필요하다는 것을 시사한다. 지식은 행동의 전제 조건 중 하나이며(Cheng and Wu, 2015), 선행연구에 따르면, 환경 지식은 환경적으로 책임 있는 행동, 녹색 제품 구매 행동 등 다양한 친환경 행동에 긍정적인 영향을 미친다(Carmi et al., 2015; Cheng and Wu, 2015; Lin and Niu, 2018). 따라서, 교통을 포함한 여러 다양한 분야에서 캠페인 및 이벤트를 통해 통행에 관련된 탄소 저감 지식을 공유하는 것과 탄소 저감 가치에 대한 교육을 통해 탄소 배출을 감소시키는 통행행태를 유도할 수 있을 것으로 보인다. 특히, 실생활에서의 탄소저감 방법과 체감할 수 있는 효과에 대해 교육하여 실질적인 동기를 부여할 필요가 있다.

마지막으로, 탄소배출량을 감소시키기 위한 행동을 실천하는 성향일수록 SPT를 선호한다는 점에 기반하여, 정책 및 서비스 제공자는 마일리지 적립 등과 같은 혜택 제도를 통해 통행자가 탄소 저감 실천 의지를 끌어낼 수 있는 환경을 제공할 필요가 있다. 특히, 이동 거리가 증가할수록 통행시 발생하는 탄소 배출량을 고려할 확률이 높게 나타난 것으로 보아, 1회 통행 거리가 긴 경우 탄소배출이 적은 수단을 이용하면 통행비용을 할인해 주는 등 저탄소 수단 이용 장려를 통해 탄소 저감을 실천할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 진행하면서 몇 가지 한계점이 존재하였는데, 첫째는 새로운 수단인 SPT의 의미가 포괄적이어서 속성변수의 속성값을 선정하는 것이 까다로웠던 점이다. 둘째는 속성변수 중 탄소배출량 원단위에 대한 정보가 부족하였고, 그에 대한 산정식도 노후되어 있었다는 점이다. 따라서, 향후에는 SPT에 포함되는 수단을 명확히 지정하고 각 수단의 조합별로 세분화하여 연구할 필요가 있다. 또한, 탄소배출량 원단위 산정에 관한 연구를 추가로 진행하여 탄소배출량이 수단선택에 미치는 영향을 보다 정확하게 분석할 수 있으며, 더

나아가 수단선택시 탄소의 가치에 관한 연구도 가능할 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며(과제번호 RS-2023-00245871), 2022년 석사 학위논문을 수정.보완함

## REFERENCES

- Bao, X. M., Park, J. C. and Joung, S. H.(2019), “Determinants of Eco-Friendly Consumption Behavior: Focusing on Eco-Friendly Attitude, Environmental identity and Normalization of Eco-Friendly Consumption Behaviors”, *CONSUMER POLICY AND EDUCATION REVIEW*, vol. 15, no. 3, pp.127-149.
- Carmi, N., Arnon, S. and Orion, N.(2015), “Transforming environmental knowledge into behavior: The mediating role of environmental emotions”, *The Journal of Environmental Education*, vol. 46, no. 3, pp.183-201.
- Cheng, T. M. and Wu, H. C.(2015), “How do environmental knowledge, environmental sensitivity, and place attachment affect environmentally responsible behavior? An integrated approach for sustainable island tourism”, *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 23, no. 4, pp.557-576.
- Choi, C. H. and Yu, Y. W.(2017), “The Study on the comparative analysis of EFA and CFA”, *Journal of Digital Convergence*, vol. 15, no. 10, pp.103-111
- Choi, M. H. and Jung, H. Y.(2020), “A Study on the Influencing Factor of Intention to Use Personal Mobility Sharing Services”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 38, no. 1, pp.1-13.
- Crocker, L. and Algina, J.(1986), *Introduction to classical and modern test theory*, Holt, Rinehart and Winston(6277 Sea Harbor Drive, Orlando, FL 32887).
- Go, Y. W., Lee, J. H. and Kim, J. H.(2022), “A Stated Preference Analysis of On-Demand Mobility Services in the Commuting Context in Seoul Metropolitan Area”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 40, no. 5, pp.700-716.
- Guo, D., Yao, E., Liu, S., Chen, R., Hong, J. and Zhang, J.(2023), “Exploring the role of passengers’ attitude in the integration of dockless bike-sharing and public transit: A hybrid choice modeling approach”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 384, no. 135627, pp.1-13.
- Hausman, J. and McFadden, D.(1984), “Specification tests for the multinomial logit model”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp.1219-1240.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)(2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Jia, N., Li, L., Ling, S., Ma, S. and Yao, W.(2018), “Influence of attitudinal and low-carbon factors on behavioral intention of commuting mode choice-A cross-city study in China”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 111, pp.108-118.

- Kaiser, H. F.(1974), “An index of factorial simplicity”, *Psychometrika*, vol. 39, no. 1, pp.31-36.
- Kang, H. C.(2013), “A Guide on the Use of Factor Analysis in the Assessment of Construct Validity”, *Journal of Korean Academy of Nursing*, vol. 43, no. 5, pp.587-594.
- Kim, J. H., Kim, L. K. and Yoo, H. S.(2021), “Choice Behavior Analysis for Feeder Modes on First and Last Mile with Qualitative Factors”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 39, no. 1, pp.14-29.
- Kim, J. Y., Kim, S. J., Lee, G. J. and Choo, S. H.(2021), “Estimating a Mode Choice Model Considering Shared E-scooter Service-Focused on Access Travel and Neighborhood Travel-”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation System*, vol. 20, no. 1, pp.22-39.
- Kim, J. Y., Lee, S. J., Kim, D. K. and Jeon, J. W.(2011), “Development and Application of the Mode Choice Models According to Zone Sizes”, *Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 6, pp.97-106.
- Kim, J. Y., Lee, S. J., Kim, J. Y. and Park, H.(2017), “A Study on Mode Choice of Trips to Sport Facilities Using SP Survey Data”, *Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 3, pp.197-209.
- Kim, Y. G., Kim, E. J. and Kim, D. K.(2020), “Developing Commuters’ Transportation Alternative Choice Model in Seoul Mobility-as-a-Service”, *Korean Society of Transportation*, vol. 38, no. 4, pp.292-308.
- Lee, J. H., Kim, J. H. and Chung, J. H.(2022), “Effect of Personal Attitudes and Satisfaction with Public Transportation on Stated Preference of Automated Mobility on-Demand”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 40, no. 1, pp.81-98.
- Lin, S. T. and Niu, H. J.(2018), “Green consumption: Environmental knowledge, environmental consciousness, social norms, and purchasing behavior”, *Business Strategy and the Environment*, vol. 27, no. 8, pp.1679-1688.
- Ministry of Land, Infra. and Transp(2022a), *National Transportation Survey Report*.
- Ministry of Land, Infra. and Transp(2022b), *Public transportation status survey report*.
- Park, S. H. and Jung, J. H.(2012), “An Analysis on Purchasing Decision Factors of Air Transportation Consumers by Personal Dispositions”, *Journal of Transport Research*, vol. 19, no. 1, pp.17-38.
- Park, S. H. and Oh, K. W.(2014), “Environmental Knowledge, Eco-Friendly Attitude and Purchase Intention about Eco-Friendly Fashion Products of Fashion Consumers”, *Fashion & Textile Research Journal*, vol. 16, no. 1, pp.91-100.
- Prasetio, E. A., Belgiawan, P. F., Anggarini, L. T., Novizayanti, D. and Nurfatiasari, S.(2019), “Acceptance of electric vehicle in Indonesia: Case study in bandung”, *2019 6th International Conference on Electric Vehicular Technology*, pp.63-71.
- Raffaelli, R., Franch, M., Menapace, L. and Cerroni, S.(2022), “Are tourists willing to pay for decarbonizing tourism? Two applications of indirect questioning in discrete choice experiments”, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 65, no. 7, pp.1240-1260.
- Seo, W. J. Lee, S. M., Kim, M. R. H. and Kim, J. J.(2018), “Exploratory Factor Analysis in Psychological Research: Current Status and Suggestions for Methodological Improvements”, *Institute of Social Sciences Chungnam National University*, vol. 29, no. 1, pp.177-193.
- Song, E. G.(2020), “The Effects of Green Commitment and Social Support on Consumers’



Environment-Friendly Practice Actions”, *Consumer Policy and Education Review*, vol. 16, no. 1, pp.65-88.

The Seoul Institute(2018), ‘Clear’ trend of reducing carbon emissions in the transportation sector, *Transportation demand management policy needs to be continued*.

Xia, X., Jiang, H. and Wang, J.(2022), “Analysis of user satisfaction of shared bicycles based on SEM”, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp.1-15.

Yang, C. W. and Ho, Y. L.(2016), “Assessing carbon reduction effects toward the mode shift of green transportation system”, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 50, no. 5, pp.669-682.

You, D. R.(2014), “A Study on the Eco-Friendly Attitude of Disposal Behavior According to Personal and Collective Self-Esteem”, *Journal of Consumer Policy Studies*, vol. 45, no. 3, pp.183-206.