

구조방정식 모델을 이용한 수소충전소 수용에 미치는 요인분석

이미정 · 백종배[†]

한국교통대학교 안전공학과
27469, 충북 충주시 대소원면 대학로 50
(2021년 12월 8일 접수, 2022년 1월 24일 수정본 접수, 2022년 2월 23일 채택)

The Factor Analysis for Acceptance on Hydrogen Refueling Station Using Structure Equation Model

Mi Jeong Lee and Jong-Bae Baek[†]

Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation
50, Daehak-ro, Chungju, Chungbuk, 27469, Korea

(Received 8 December 2021; Received in revised from 24 January 2022; Accepted 23 February 2022)

요 약

수소 기술과 관련된 연구는 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 우리나라도 수소경제 강국으로 도약하기 위해 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 특히, 세계 수소차 보급률 1위가 그 증거이다. 그러나 수소차의 인프라인 수소충전소 구축이 지연되고 있다. 지연요인은 대중들의 반대가 가장 크다. 이와 같이, 대중들의 지지를 받지 못한 정책은 성공적으로 실현될 수 없고, 지속가능하지 않다. 따라서 이 연구에서는 수소충전소를 찬성하고 반대하는 수용성에 미치는 요인을 분석하고자 한다. 연구방법으로는 선행연구를 검토하여 수용성에 미치는 기초요인을 파악하였고, 설정된 요인을 바탕으로 설문지를 설계하고 조사하였다. 설문지에 대한 타당도와 신뢰도를 검증하였으며, 상관분석을 통해 가설을 검증하였다. 그리고, 구조방정식 모델링을 사용하여 수소충전소 수용성에 미치는 요인 모델을 개발하였다. 연구결과로 수용성을 사적수용성과 공적수용성으로 구분하였으며, 사적수용성의 경우에는 환경에 대한 태도와 수소충전소에 대한 지식의 정도가 높을수록, 수소충전소에 대한 위험을 느끼는 정도가 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다. 그리고 공적수용성의 경우에는 이익이 많고, 환경에 대한 태도가 좋을수록, 위험을 감수하는 개인의 특성이 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다. 이 연구를 통해 수소충전소 등 국가정책 시행 시 주민들의 수용성 제고 방안을 모색하는 기초자료로써 제공하고, 과학적인 소통의 분석자료로 활용될 것을 기대한다.

Abstract – Research related to hydrogen technology is being actively conducted around the world. Korea is also making great efforts to develop technology to leap forward as a hydrogen economy powerhouse. In particular, the world's No. 1 hydrogen vehicle penetration rate is proof of this. However, the construction of hydrogen refueling stations is being delayed. The biggest delay factor is the public opposition. As such, policies without public support cannot be successfully implemented and are not sustainable. Therefore, this study intends to analyze the factors affecting the acceptability of hydrogen refueling stations in favor of and against them. As a research method, the basic factors affecting acceptability were identified by reviewing previous studies, and a questionnaire was designed and investigated based on the established factors. The validity and reliability of the questionnaire were verified, and the hypothesis was verified through correlation analysis. And, using structural equation modeling, a factor model was developed on the acceptability of hydrogen refueling stations. As a result of the study, acceptability defined private acceptability and public acceptability. In the case of private acceptability, it was confirmed that the higher the attitude toward the environment, the higher the level of knowledge about the hydrogen charging station, and the lower the degree of feeling the risk of the hydrogen charging station, the higher the acceptability. In the case of public acceptability, it was confirmed that the higher the benefit, the better the attitude toward the environment, and the lower the risk-taking characteristics of the individual, the higher the acceptability.

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jbbaek@ut.ac.kr

‡이 논문은 광운대학교 교재교육 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

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.

Therefore, in this study, based on the potential factors verified in previous studies, the main factors affecting the acceptance on hydrogen refueling stations were identified. And the acceptance model was developed using structural equation modeling. This study is expected to provide basic data to seek ways to improve the acceptance of public when implementing national policies such as hydrogen refueling stations, and to be used analysis data for scientific communication.

Key words: Hydrogen refueling station, Acceptance, Risk communication, Structure estimation modeling, Risk perception

1. Introduction

세계적으로 수소경제에 대한 관심이 뜨겁다. 특히 미국, 일본, 중국 유럽국가들은 수소에너지를 활용한 다양한 정책과 프로그램이 있다[1-6]. 우리나라는 2019년 이후 수소 관련 기술개발 및 수용성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, “수소경제 활성화 로드맵”의 발표와 “전국수소경제위원회”의 출범을 통해 수소경제 선도국가로 도약하고 있다[8].

우리나라는 21년 11월 기준 수소차는 1만 9,000여대를 보급 중에 있으며, 전 세계 수소차 보급률 1위로 선두주자이다[9]. 그러나, 수소충전소 구축은 113기로 수소충전소 1기당 168대에 달한다. 이와 같이 인프라가 차량 보급 속도를 따라가지 못하고 있는 실정이다[10].

수소충전소 보급 계획이 지연되는 원인으로는 구축 부지 부족, 운영비, 인허가, 인근 주민의 수용에 대한 부정적인 인식 등이 있다[11-12]. 이 중에서 부지, 인허가, 운영비의 경우에는 현재 규제 개선을 통해 해결하고 있다[13]. 그러나 주민들의 수용에 대한 부정적인 인식은 아직까지 해결되지 않은 문제로 남아있다[14]. 이와 같이 주민들의 지지를 받지 못한 정책은 성공적일 수 없으며, 지속적으로 보장받을 수 없다.

따라서 이 연구에서는 수소충전소의 수용성에 미치는 기초요인을 정량적으로 분석하고자 한다. 그 결과로 국가정책을 시행할 때 주민들의 수용성 제고 방안을 모색하는 기초자료를 제공하고, 과학적인 의사소통 분석 자료로 사용하고자 한다.

2. Methods

2-1. Literature review

국가별로 수소충전소 수용성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

Kyoko[15]는 정보제공 유무에 따른 수용도를 비교하였다. 위험 정보가 제공되지 않은 그룹보다 제공된 그룹에서 수용률이 더 높았다. 이를 통해 대중들에게 자신의 안전에 위협이 될 수 있는 위험한 정보일지라도 판단을 내릴 때 정보 제공 여부를 고려하여 두려움과 불확실성을 완화할 수 있음을 파악하였다. 따라서 대중에게 위험정보를 제공하는 것이 수소충전소의 수용성을 높이는 데 효과적임을 확인하였다.

Kyoko 등[16]의 연구에서는 응답자의 66%가 수소충전소에 지지하였고, 연령별로 유의한 차이는 없었으나, 성별에서는 남성이 여성보다 더 선호하는 것을 확인하였다. 특히 자동차 사용자의 경우 지지가 높았다. 잠재요인으로는 수소에 대한 지식 및 고유의 이미지, 환경문제에 대한 인지, 수소충전소에 대한 위험 인지, 고유의 위험을 받아들이는 경향, 고유의 위험을 피하는 경향으로 설정하였으며, 이항회귀분석을 사용하였다. 수소에 대한 지식 및 고유의 이

미지에 대해서 잘 알고 있거나, 수소충전소에 대한 위험 인지가 낮거나, 고유의 위험을 받아들이는 경향이 높거나, 피하는 경향이 낮을수록 수소충전소 지지력이 높았다.

Anna[17]는 지지자, 반대자, 무관심자, 님비(NIMBY) 그룹의 수소 인프라 수용성에 미치는 요인을 로지스틱 회귀분석을 사용하여 파악하였다. 지지자와 무관심자는 대체로 수용성이 높고, 반대자와 님비그룹이 비슷한 경향을 보였다. 특히 젊은 남성이며, 기후변화에 대해 우려하는 사람일수록 수용성이 높았으나, 교육의 정도에서는 유의미한 차이가 없었다. 여기서 님비그룹은 기술에 대해 긍정적인 태도를 갖지만 자신의 이웃과 관련된 기반 시설을 수용하지 않는 사람들을 말한다. 님비그룹이 다른 그룹에 비해 이해관계자에 대한 신뢰가 더 높았다. 따라서 잠재적인 수용성을 높이기 위해서는 님비그룹을 독려할 필요가 있으며, 참여와 토론과 같은 투명한 계획이 진행된다면 님비그룹의 수용성에도 변화가 있을 것으로 예상된다.

Huijts 등[18]의 연구에서는 여성보다 남성이, 젊고, 산업에 대한 신뢰가 높을수록, 수소충전소에 가까이 사는 사람보다 멀리 사는 사람이 더 긍정적이었다. 또한 세입자보다는 주택소유자가, 정보제공을 받는 응답자의 수용성이 높았다. 그러나 교육 및 소득의 정도에서는 유의미한 차이가 없었다. 이 연구에서의 특이한 점은 지식의 수준을 객관적과 주관적 지식으로 표현하고 있다. 객관적 지식은 일반적인 수소에 대한 지식을 말하며, 주관적 지식은 응답자가 생각하는 수소의 장단점, 수소충전소의 기술수준, 수소차에 대한 지식이다. 두 종류의 지식 모두 수용성과 유효함을 확인하였으며, 지식수준이 높을수록 수용성이 높았다.

Tarigan[19]은 구조방정식 모델링을 사용하여 3가지 모델을 구현하였다. 전체 수용성과 사적수용성, 공적수용성을 다룬 모델을 제시하였다. 이 연구에서는 다른 연구와 다르게 지식이 많을수록 수소충전소 수용성이 낮았다. 그러나 지식이 많을수록 환경에 대한 태도가 높아지고, 이는 수용성을 높이는 매개효과를 검증하였다. 이와 같이 지식의 단일요인으로는 수용성에 부정적인 영향을 미친다. 그러나 지식을 통해 환경에 대한 태도가 높아지면 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 수소충전소의 수용성을 높이기 위해서는 환경에 대한 제도 실현 및 홍보가 효과적일 것으로 기대된다.

Shin[7]은 일부 지역에서 수소에너지 생산 및 이용시설에 대한 정책수용성을 연구하였다. 이 연구에서는 지역주민의 정부정책에 대한 수용성을 확인하였으며, 분산분석을 사용하였다. 대체로 수용성은 긍정적이었으며, 시설에 대한 효율적인 가치에 대한 인식도 높았다. 그러나 정보제공에 대해서는 불신이 존재하고 있었으며, 시설에 대한 중립적이고 객관적인 정보제공이 미흡한 것을 확인하였다. 그리고 수소에 대한 고유의 위험성보다는 시설이 내재하고 있는 관리적 위험에 대해서 우려하고 있었다.

Lee[20]은 수소충전소의 수용에 대한 SWOT-AHP 방법을 이용하여 대중의 수용을 향상시키기 위한 전략을 제안하였다. 우선순위는

강점, 위협, 기회, 약점 순으로 확인되었다. 강점으로는 운전자의 편의성, 기후변화 대응, 미세먼지 저감이 있었다. 위협으로는 안전, 위치, 접근성이 있었다. 수소 경제 정책을 성공적으로 구현하기 위해서는 강점요인을 극대화하고 위협요인을 고려한 정보제공 및 제도 개선이 필요하다고 하였다.

검토한 연구의 대부분은 주민들의 지지가 성공적인 정책 실현에 필수적이라는 것을 알 수 있다[21]. 지지와 같은 행동의도는 수용성으로 정의될 수 있으며 정책 실현을 위해 수용성에 미치는 요인을 파악할 필요가 있다.

국외에서는 수소충전소의 수용성에 미치는 요인과 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있으나, 국내에서는 진행된 연구가 부족하다. 또한, 구조방정식 모델링을 사용하여 잠재요인의 관계를 규명한 연구는 드물다. 따라서 이 연구에서는 선행연구에서 검증된 잠재요인을 바탕으로 구조방정식 모델을 이용하여 우리나라 대중들을 대상으로 수소충전소의 수용성에 미치는 요인을 파악하였다.

2-2. Development of research model and hypothesis

이 연구에서는 수소충전소가 구축된 지역 주민들을 대상으로 수소충전소의 수용성에 미치는 요인의 관계를 규명하였다. 잠재변수는 수소충전소의 수용성과 관련된 선행연구에서 도출된 외생 잠재변수로 Awareness, Environment, Risk acceptance, Benefit, Risk Perception for HRS (Hydrogen Refueling Station)로 설정하였다. 내생 잠재변수는 수용성으로 Individual Acceptance와 Public Acceptance로 구분하였다. 이 때 외생변수는 구조방정식 모델에서

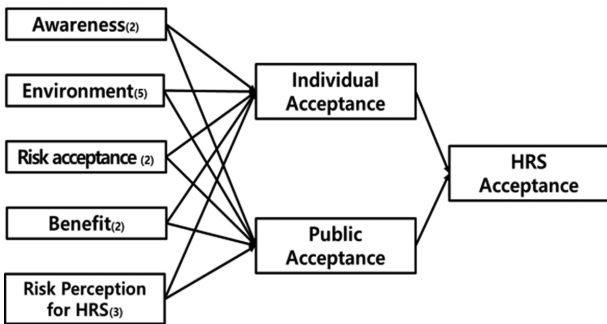


Fig. 1. Research model.

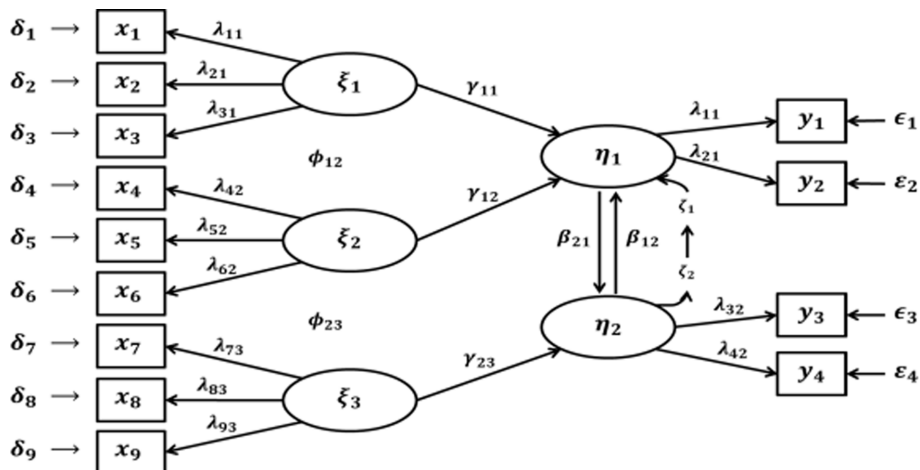


Fig. 2. Structural equation model.

독립변수를, 내생변수는 종속변수를 의미한다. 잠재변수 간의 가설 모형은 잠재변수 간 독립적인 형태를 지닌 모형으로 설정하였으며, Fig. 1과 같다. 가설은 ‘각각의 외생 잠재변수가 Individual Acceptance와 Public Acceptance에 영향을 미친다’로 정의하였다.

2-3. Definition and measurement of variables

사용한 변수는 선행연구를 기반으로 검증된 측정도구들을 수정 및 보완하여 구성하였다. 외생변수는 Awareness, Environment, Risk acceptance, Benefit, Risk Perception for HRS로 하였고, 내생변수는 Individual Acceptance와 Public Acceptance로 하였다. 변수는 총 16문항으로 구성하였으며, 리커트 5점 척도를 사용하였다. Awareness는 수소와 수소충전소에 대해서 알고 있는 정도를 측정하였으며, Environment는 환경에 대한 태도, Risk acceptance의 경우 위험을 감수하는 개인적인 특성, Benefit은 수소충전소 구축으로 인하여 발생하는 이익, Risk Perception for HRS의 경우 수소충전소에 대한 위험을 느끼는 정도를 나타낸다.

2-4. Survey Design

수소충전소가 구축된 지역 주민들을 대상으로 설문지를 배포하였다. 설문은 2020년 6월 2일부터 6월 11일까지 실시하였으며, 수집한 설문지 400부 중 미응답을 제거한 설문지는 396부이다. 설문에 대하여 측정도구의 타당도와 신뢰성을 검증하였다. 또한, 측정변수간의 상관관계를 분석하고, 잠재변수를 검증하기 위하여 Lisrel 10.0을 이용하여 구조방정식을 모델링하였다.

2-5. Structure equation modeling

구조방정식 모델링을 통해 수용성에 미치는 요인 간의 관계를 분석하였다. 공분산 구조분석으로도 불리는 구조방정식 모델은 측정모델과 구조모델로 구성되어있다. 측정모델은 확인적 요인분석의 특성을 가지며, 구조모델은 다중회귀분석 및 경로분석의 특성을 갖는다.

구조방정식 모델은 잠재변수와 관측변수 간의 관계, 잠재변수와 잠재변수 간의 관계 및 방향 등을 사전에 가설로 설정하고 이를 기초로 하여 분석하는 것이다. 구조방정식 모델의 예시는 Fig. 2와 같다.

구조방정식 모델을 사용할 경우 신뢰성 확보를 위해 표본 수가 많아야 하며, 표본 수는 추정 모수의 5-10배 이상이거나 최소 150

개 또는 200개 이상이어야 한다. 이 연구에서는 표본 수가 200개 이상이므로 구조방정식 모델을 사용하기 적합하다고 할 수 있다 [22].

3. Result

3-1. Verification of measuring tools

3-1-1. Validation

타당도 검증을 위하여 집중타당성과 판별타당성을 확인하였다. 집중타당성을 확인하는 방법은 평균분산추출지수(Average Variance Extracted, AVE), 개념신뢰도(Construct Reliability) 등이 있다(Eq. 1-2).

$$AVE = \frac{\sum \text{요인부하량}^2}{[(\sum \text{요인부하량})^2 + \text{오차분산의 합}]} \quad (1)$$

$$\text{개념신뢰도} = \frac{(\sum \text{요인부하량})^2}{[(\sum \text{요인부하량})^2 + \text{오차분산의 합}]} \quad (2)$$

집중타당성이 있다는 것은 표준화된 요인부하량이 최소 0.5 이상이 되어야하며, 0.7이상이면 바람직하다고 할 수 있다. 그리고 평균 분산추출지수는 0.5이상이어야 하며, 개념신뢰도의 경우 0.7이상이면 수렴타당성이 있는 것으로 간주된다[23-24]. Table 1은 집중타당성의 분석결과로 표준화된 요인부하량이 0.5 이상이며, 평균분산추출지수가 0.5 이상이고, 개념신뢰도가 0.7 이상이므로 잠재변수 모두 집중타당성이 있다고 할 수 있다.

판별타당성은 잠재변수간의 서로 다른 잠재변수간 차이를 나타내는 것이다. 잠재변수간 AVE값과 상관관계의 제곱 값을 비교하여

AVE가 상관관계의 제곱보다 크면 판별타당성이 있는 것으로 간주한다. Table 2는 판별타당성의 분석결과로 각 잠재변수의 AVE가 상관관계의 제곱보다 크므로 모두 판별타당성이 있다는 것을 확인하였다.

3-1-2. Reliability

신뢰도 검증을 위하여 Cronbach's α 값을 이용한 내적일관성 분석을 통해 검증하였다. Cronbach's α 값이 0.6 이상이면 잠재변수를 구성하고 있는 측정문항의 응답이 일관성이 있고, 그 결과로 신뢰도가 높다고 판단할 수 있다. Table 3은 신뢰도 검증 결과로 각 잠재변수의 Cronbach's α 값이 0.6이상이므로, 잠재변수 모두 신뢰도가 대체적으로 만족할만한 수준인 것을 확인하였다.

3-2. Hypothesis test

Fig. 1에 기초한 가설을 검증하기 위하여 상관분석을 하였으며, 변수 모두 등간척도이므로 Pearson의 상관분석을 하였다. Individual Perception의 경우에는 Awareness, Environment, Benefit, Risk Perception for HRS에 상관이 있었으며, Public Perception의 경우에는 Environment, Risk Acceptance, Benefit에 상관이 있음을 확인하였다. 상관관계와 유의확률은 Table 4와 같다.

3-3. Establishment and identification of research models

앞의 설명과 같이 구조방정식 모델은 구조모델과 측정모델로 구성된다. 구조모델은 경로를 구조방정식으로 전환하는 것으로 회귀모델과 유사하다. Fig. 2에 대한 구조방정식과 측정방정식의 식은 다음과 같다.

Table 1. Convergent validity result

Latent Variable	Average Factor Loading	AVE	Construct Reliability
Awareness	0.706	0.625	0.893
Environment	0.683	0.772	0.909
Risk acceptance	0.917	0.801	0.889
Benefit	0.788	0.537	0.698
Risk Perception for HRS	0.911	0.848	0.918

Table 2. Discriminant validity result (Correlation Coefficient-AVE)

Latent Variable	Awareness	Environment	Risk Acceptance	Benefit	Risk Perception for HRS
Awareness	1				
Environment	0.094	1			
Risk Acceptance	0.004	0.000	1		
Benefit	0.022	0.094	0.046	1	
Risk Perception for HRS	0.004	0.303	0.941	0.002	1
AVE	0.698	0.893	0.918	0.889	0.909

Table 3. Internal consistency result

Latent Variable	Awareness	Environment	Risk Acceptance	Benefit	Risk Perception for HRS
Cronbach's α	0.845	0.842	0.651	0.670	0.820

Table 4. Correlation analysis

Latent Variable	Awareness	Environment	Risk Acceptance	Benefit	Risk Perception for HRS
Individual Acceptance	.170***	.199**	0.075	.290**	-.273**
Public Acceptance	0.072	0.272**	-.089*	0.279**	-0.075

***p<0.01, **p<0.05

• 구조방정식

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \zeta_1 \quad (3)$$

$$\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{22}\xi_2 + \gamma_{23}\xi_3 + \zeta_3 \quad (4)$$

• 측정방정식

- 내생변수

$$y_1 = \lambda_{11}\eta_1 + \varepsilon_1 \quad (5)$$

$$y_2 = \lambda_{21}\eta_2 + \varepsilon_2 \quad (6)$$

- 외생변수

$$x_1 = \lambda_{11}\xi_1 + \delta_1 \quad (7)$$

$$x_2 = \lambda_{21}\xi_1 + \delta_2 \quad (8)$$

식 (3)~(8)을 사용하는 Individual Perception과 Public Perception에 대한 구조방정식은 식 (9), 식 (10)과 같다.

$$\text{Individual Acceptance} = 0.10 * \text{Awareness} + 0.34 * \text{Environment} + 0.09 * \text{Benefit} - 0.07 * \text{Risk Perception for HRS} + 1.16 \quad (9)$$

$$\text{Public Acceptance} = 0.09 * \text{Environment} - 0.06 * \text{Risk Acceptance} + 0.17 * \text{Benefit} + 1.12 \quad (10)$$

사적수용성의 경우에는 환경에 대한 태도와 수소충전소에 대한 지식의 정도가 높을수록, 수소충전소에 대한 위험을 느끼는 정도가 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다. 그리고 공적수용성의

경우에는 이익이 많고, 환경에 대한 태도가 좋을수록, 위험을 감수하는 개인의 특성이 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다.

3-4. Model fit

여러 적합지수를 이용하여 모델의 전반적인 적합도를 평가할 수 있다. 모델적합도는 표본공분산행렬이 모델로부터 얻어진 예측행렬과 일치하는 정도를 측정하는 것이다. 적합지수(Goodness-of fit index)는 절대적합지수(Absolute fit index), 증분적합지수(Incremental fit index), 간명적합지수(Parsimonious fit index)로 나눌 수 있다. 절대적합지수는 구조모델과 측정모델에 대한 전반적인 모델적합도를 평가한 것이다. 그리고 증분적합지수는 제안모델과 다른 대안모

Table 5. Fit assessment result

Model Fit Index	Criteria	Result	Judgment
$\chi^2(p)$	$p > 0.05$	61.86	Good
GFI	≥ 0.9	0.983	Good
AGFI	≥ 0.9	0.942	Good
RMR	≤ 0.05	0.355	Good
RMSEA	≤ 0.08	0.037	Good
NFI	≥ 0.9	0.973	Good
NNFI	≥ 0.9	0.970	Good
IFI	≥ 0.9	0.990	Good
CFI	≥ 0.9	0.990	Good
PNFI	lower the better	0.324	Good
PGFI	lower the better	0.289	Good

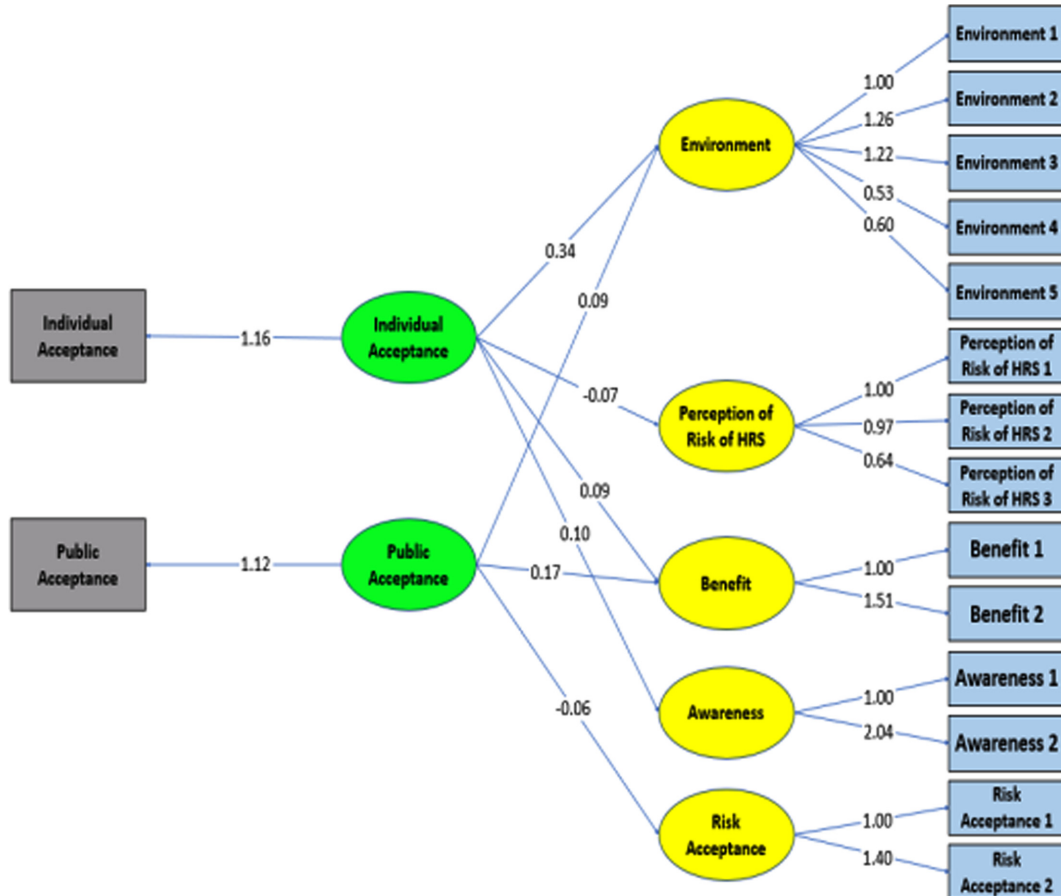


Fig. 3. Risk Perception for HRS.

델의 적합도를 비교한 것이다. 간명적합지수는 추정된 계수에 의해 달성된 적합도의 양을 결정할 목적으로 각기 다른 추정계수의 수를 갖는 모델을 비교하기 위해 적합지를 조정하는 것이다. 절대적합지수로는 χ^2 , GFI, AGFI, RMR, RMSEA 등이 있으며, 증분적합지수로는 NFI, NNFI, IFI, CFI 등이 있다. 그리고 간명적합지수로는 PNFI, PGFI 등이 있다. 모델적합지수는 기준에 만족할 경우 양호하다고 판단할 수 있다. 이 연구에서는 Table 5와 같이 적합지수의 기준에 결과가 모두 양호하다는 것을 확인하였다.

최종적인 구조방정식 연구모델은 Fig. 3과 같다.

4. Discussion

이 연구는 수용성에 미치는 요인을 분석하는 것으로서, 구조방정식을 사용하여 적합한 모델을 검증하였다. 국외에서는 수소충전소에 관한 구조방정식 방법론을 사용한 연구가 진행되어왔으나, 국내에서는 이 연구방법론을 사용한 사례를 확인하지 못하였으며, 국내에 적합한 잠재변수를 사용하여 검증하였다는 것에 의의가 있다.

선행연구를 검토한 결과를 바탕으로 설정한 잠재변수에 따른 설문문항(관측변수)을 설계하였으며, 관측변수가 잠재변수를 잘 설명하고 있는지 확인하기 위하여 주 요인을 분석한 결과 공통성이 0.5 이상의 수치를 보였다.

선행연구에서는 잠재변수 별 인구학적 특성을 분석하였으며, 대체로 여성보다는 남성, 나이가 젊을수록 수용성이 더 높은 것을 확인하였다. 그러나, 이 연구에서는 성별과 나이에서 유의미한 차이는 없었다.

또한, 선행연구에서는 이 연구와 같이 사적수용성과 공적수용성을 구분하여 수용성의 기초요인을 파악하지는 않았으나, 이 연구에서는 수용성을 분리하여 파악하였으며, 사적수용성보다 공적수용성이 더 높은 것을 확인하였다.

국가마다 수용성에 미치는 요인을 분석해본 결과, 일본, 네덜란드, 노르웨이의 경우 대체로 수소충전소에 대한 수용성이 높았으며, 특히 지식의 정도에 따라 높음이 확인되었다. 그러나, 이 연구에서는 지식의 정도보다는 환경에 대한 태도가 많은 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 또한 독일과 노르웨이는 이 연구 결과와 같이 기후변화에 대한 우려나 환경에 대한 태도가 높았으며, 이는 곧 수용성과 연결된다는 것을 확인하였다. 그리고 일본의 경우 다른 나라와 다르게 수소충전소에 대한 위협을 느끼는 정도와 위협을 감수하는 개인의 특성을 요인으로 반영하였으며, 이 연구 결과와 같이 수소충전소에 대한 위협을 느끼는 정도가 적고, 위협을 감수하는 개인의 특성이 작을수록 수용성이 높다는 것을 확인하였다.

5. Conclusion

수소차 보급률 1위인 우리나라는 수소차 보급속도 대비 수소충전소 인프라가 매우 부족하다. 이는 구축 부지 부족, 인허가, 운영비와 주민들의 수용성 때문이다. 현재 구축 부지 부족, 인허가와 운영비의 경우에는 최근 시행된 「수소충전소 인허가에 대한 한시적 특례」에 따른 인허가 절차 간소화로 제도개선이 이루어지고 있다. 그러나 주민들의 반대는 수그러들지 않고 있으며, 수소충전소 보급의 가속화에 대한 우려의 목소리가 커지고 있다. 이는 단순한 제도개선이 아닌 대중의 이해와 합의가 필요하다.

따라서 이 연구에서는 대중들의 수소충전소 수용성에 미치는 기초요인을 정량적으로 분석하였고, 기초요인에 따른 수용성 모델을 개발하였다.

선행연구를 통해 수소충전소 수용성에 미치는 기초요인을 파악하였으며, 설정된 요인을 바탕으로 설문을 설계하고 조사하였다. 또한 설문에 대한 타당도와 신뢰도를 검증하였으며, 상관분석을 통해 가설을 검증하였다. 그리고 측정오차를 포함하여 순수한 구조관계를 파악할 수 있는 구조방정식 모델링을 사용하여 수용성에 미치는 기초요인이 사적수용성과 공적수용성에 영향을 미치는 모델을 개발하였다.

수용성의 기초요인을 규명하고자 내생변수인 수용성을 사적수용성과 공적수용성으로 정의하였으며, 사적수용성의 경우에는 환경에 대한 태도와 수소충전소에 대한 지식의 정도가 높을수록, 수소충전소에 대한 위협을 느끼는 정도가 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다. 그리고 공적수용성의 경우에는 이익이 많고, 환경에 대한 태도가 좋을수록, 위협을 감수하는 개인의 특성이 적을수록 수용성이 크다는 것을 확인하였다. 아울러, 연구모형의 적합도 검증 결과 모두 양호한 것을 확인하였다.

그러나 이 연구는 특정 지역만을 적용하였다. 따라서, 대상을 확대하여 적용한다면, 이를 통해 수소충전소 보급과 같은 국가정책을 시행할 때 대중들의 수용성 제고 방안을 모색하는데 기초자료를 제공하며, 과학적인 의사소통 분석도구로써 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgement

이 연구는 2022학년도 한국교통대학교의 지원을 받아 수행하였음.

Reference

1. European Commission, COM 301 final, "A hydrogen Strategy for A Climate-neutral Europe." (2020).
2. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/wasserstoffstrategie-deutschland-baut-heimatmarkt-fuer-wasserstoff-auf.html>.
3. <https://www.bmbf.de/de/nationale-wasserstoffstrategie-9916.html>.
4. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1
5. <https://www.s-ge.com/en/article/global-opportunities/20201-c5-japan-hydrogen-market>
6. KIEP, "Directions and Implications of Hydrogen Strategies in Major Countries," *Today's Global Economy*, **20**, 12 (2020).
7. Shin, B. H., "A Study on Policy Acceptance of Local Residents for Hydrogen Energy Production and Use Facilities," Kang Won National University (2020).
8. Joint Ministries, Hydrogen Economy Revitalization Roadmap (2019).
9. Ministry of Trade, Industry and Energy, "Future Performance, Management Performance Improvement Performance", (2021).
10. Monthly Hydrogen Economy, Hydrogen industry main statistics (2021.11).
11. <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01344806622716880&media Code-No=E>.
12. <http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=70512>.
13. http://www.nbcnews.com/id/6460036/ns/us_news?environment/

- t/gas-station-first-us-pump-hydrogen/.
14. <https://www.kado.net/news/articleView.html?idxno=1085184>.
 15. Kyoko One&Kiyotaka Tsunemi, "Identification of public acceptance factors with risk perception scales on hydrogen fueling stations in Japan", *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, pp.10697-10707 (2017).
 16. Kyoko One et al., "Does Risk Information Change the Acceptance of Hydrogen Refueling Stations in the General Japanese Population?," *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 16038-16047(2019).
 17. Anna-lena Schonauer and Sabrina Glanz, "Hydrogen in Future Energy Systems : Social Acceptance of the Technology and Its Large-scale Infrastructure," *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 16038-16047(2021).
 18. Huijts, N. M. A. and Wee, B.van, "The Evaluation of Hydrogen Fuel Stations by Citizen : The Interrelated Effects of Socio-demographic, Spatial and Psychological Variables," *International Journal of Hydrogen Energy*, 40, 10367-10381(2015).
 19. Ari, K. M. Tarigan, et al., "Estimating Determinants of Public Acceptance of Hydrogen Vehicles and Refuelling Stations in Greater Stavanger," *Journal of Hydrogen Energy*, 37, 6063-6073 (2012).
 20. Lee, Y. H. et al., "Improving Public Acceptance of H₂ Stations : SWOT-AHP Analysis of South Korea," *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 17597-17607(2021).
 21. Paul Slovic, "Perception of Risk, Science," *New Series*, 236(4799), 280-285(1987).
 22. Bae, B. R., *Lisrel 9.1 Structural Equation Modeling*, Chungnam (2014).
 23. Fornell, C. and Larcker, D. F., "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error," *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50(1981).
 24. Anderson, J. and Gerbing, D. W., "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach," *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423(1988).

Authors

Mi Jeong Lee: Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju 27469, Korea; pslab@ut.ac.kr

Jong-Bae Baik: Professor, Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju 27469, Korea; jbbak@ut.ac.kr