Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 6 pp.843-851, December 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.6.843

승용차 운전자에 대한 사용성 평가 구조 모형 개발

박준수[1] · 박성준[2] · 임영재[1] · 정의승[3]

[1]고려대학교 정보경영공학전문대학원 / [2]남서울대학교 산업경영공학과 / [3]고려대학교 정보경영공학부

Development of a Usability Evaluation Structural Model on Car Driver

Junsoo Park[1], Sungjoon Park[2], Youngjae Lim[1], Eui S. Jung[3]

[1]Graguate School of Industrial Management and Security, Korea University, Seoul, 136-701
[2]Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan, 330-707
[3]Division of Information Management Engineering, Korea University, Seoul, 136-701

ABSTRACT

This study aims to systematically develop a usability evaluation model using the Structural Equation Model (SEM) from experiment of usability on using vehicle. Vehicle developers have been adding many functions for enhance the user satisfaction. But it will be made the trade-off problem of usability and design elements of vehicle interior from attempt to make best usability satisfaction in a restricted space. To solve the trade-off problem, we set a new solution criterion from usability evaluation model. The usability experiment is based on major activity pool from derived user's acts pattern in vehicle for make more accurate usability evaluation model. And this model was built with twenty-nine measurement variables for the evaluation of usability of vehicle user. As a result, the proposed SEM model showed statistical significance as well as a high level of R Square (0.7144). This model shows the relationships of detailed usability and design elements. According to the result, this study introduces the criterion to secure the best satisfaction of usability and design elements.

Keywords: Usability, Activity Based Test, Car Interior, SEM, PLS

1. 서 론

제품에 대한 과거의 사용자 요구사항은 대체로 기능과 성능에 국한되어 왔다. 그러나 소득 수준의 향상 및 사회문화적 발전에 따라 사용자들의 요구사항은 더욱 다양한 부분으로 확장되고 있다. 이에 따라 현재의 제품 개발 프로세스는 과거의 전형적인 모형인 생산자 주도형(Manufacturer Active Paradigm)에서 사용자들이 제품 개발에 적극적으로 참여하여 그들이 원하는 것을 적극적으로 반영하는 사용자 주도형(Consumer Active Paradigm)으로 바뀌어 오고 있다(Foxall, 1989). 하지만 이러한 과정을 통해 사용자들의 기능적인 요구사항을 충분히 반영했음에도 시장에서 실패하는 제품들이 존재한다. 이런 경우의 상당수는 사용자의 또 다른 요구사항, 즉 제품의 사용성 측면을 충분히 고려하지 않은 제품들이다(Rubin and Chisnell, 2008). 다양해진 소비자의 요구사항 중 큰 부분을 차지하고 있는 사용성(Usability)을 고려하는 것은 사용자 주도형 디자인에 있어서 가장 중심이 되는 개념이다. 때문에 많은 기업에서 제품 개발 프로세스의 초점을 실제 사용자에 두고, 사용자의

교신저자: 정의승
주 소: 136-701 서울시 성북구 안암동 5가 공학관 513호, 전화: 011-9746-3391, E-mail: ejung@korea.ac.kr

사용성을 고려한 제품들을 개발해 오고 있다(Nagamachi, 2002).

이와 같은 개념은 자동차에 있어서도 예외가 아니다. 현대인에게 있어서 자동차는 일상 생활의 일부분으로서의 가치를 지니며 단순한 운송수단을 넘어 필수품으로 자리잡았다(박종현 등, 2005). 특히, 자동차 내에서 발생하는 사용자의 행동이 단순 주행을 위한 행위 이외에도 다양한 정보의 확인, 엔터테인먼트를 위한 전자 장치의 조작, 휴식 등으로 더욱 다양화 되면서 자동차의 실내는 또 하나의 생활 공간으로 자리잡고 있다. 이러한 변화에 따라 운전자들은 자동차를 평가하는데 있어서 단순히 주행에 대한 기능적인 부분뿐만 아니라 자동차 내부에서의 다양한 활동에 대한 사용성을 고려하게 되었고, 이에 따라 자동차 제조업체 또한 사용성을 향상시키기 위한 노력을 기울이고 있다(정의승 등, 1997).

사용자가 느끼는 자동차에 대한 사용성은 실제로 사용하는데 있어 자동차 내에서 가장 많은 인터페이스 밀도를 지니고 있는 내장 패키지를 얼마나 잘 설계하였는가에 의해 가늠된다. 때문에 사용자 중심 디자인을 구현한다는 관점에서 자동차 내장 패키지에 대한 사용성 평가는 자동차 내장 패키지의 전반적인 품질 척도로서 활용될 수 있다(강선모 등, 1998).

자동차에 더욱 다양한 기능들이 추가되면서 자동차의 내부를 설계하는데 있어서 고려해야 하는 설계 제원의 수가 늘어나고, 그에 따라 한정된 공간 내에서 서로 다른 설계 제원 간의 절충(Trade-off)이 필요한 경우가 발생한다. 예를 들어 최근 자동차 시트의 높이가 높아짐에 따라 전방 하방 시계가 개선되는 반면 헤드룸의 넓이가 좁아지는 등 특정 설계 영역의 개선이 다른 영역에도 영향을 미치는 경우가 발생하고 있다. 이렇게 특정 설계 제원을 최적으로 설계하다 보면 다른 설계 제원이 영향을 받아 상대적으로 사용하기에 불편하게 될 수 있다. 이를 해결하기 위해 한정된 공간 내에서 사용자의 사용성을 최대한 확보하면서 각각의 설계 제원을 최대한 최적에 가깝게 고려할 수 있는 기준이 필요하다.

기존에는 자동차 내장의 시계성에 대한 연구(류태범 등, 2004), 안락성에 대한 연구(조정식, 2007) 등과 같은 자동차의 개별적인 사용성에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 이제는 이러한 개별 사용성을 통합적으로 접근하여 분석하는 연구가 필요하기 때문에 본 연구에서는 자동차 내부에서 발생하는 다양한 사용자의 행동에 기반하여 자동차 내장에 대한 사용성에 영향을 미치는 주요 요인들을 규명하였다. 또한, 선별된 주요 요인을 중심으로 구조방정식(SEM: Structural Equation Model) 기법을 활용하여 요인들 간의 연관관계를 규명하였다. 이를 통해 각 설계 요인들이 종합 사용성에 미치는 영향력의 상대적 중요도를 도출하였고, 자동차 내부 설계에 있어서 물리적 설계 부품간의 상호 관련성을 고려하여 전체 내장 공간의 사용성을 높이도록 최적화된 내장 설계를 할 수 있도록 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 먼저 운전자 중심의 행동 분석을 통해 실험 Task를 구성하고, 피실험자 선정 및 실험 환경 구성을 통해 사용성 평가 실험을 수행하였다. 실험을 통해 얻어진 결과에 대해 구조방정식을 이용한 분석을 수행하여 자동차의 다양한 설계 영역에 대한 사용성을 종합적으로 관리할 수 있는 기준을 제시한다.

2.1 자동차 패키지 설계 중심의 사용자 행동 분석

자동차 내부의 사용성 평가에 있어서 사용자의 행동에 기반한 사용자 관점에서의 접근이 필요하다. 본 연구에서는 자동차의 운전석에서 사용자가 마주하게 되는 패키지 설계를 중심으로 사용자 기반의 주요 사용 행동을 도출하고, 이를 기반으로 자동차 내에서의 사용성 평가 실험을 위한 Task 집합을 선정하였다.

2.1.1 자동차 관련 운전자 행동 조사

사용자 행동 집합을 도출하는데 있어 실제 사용자의 관점을 반영하기 위해 운전경력 2년 이상의 소비자 32명을 대상으로 차량 이용과 관련하여 일어날 수 있는 행동에 대한 Think Aloud 형식의 설문을 수행하였다. 또한 인간공학 전문가 집단과 자동차 패키지 설계 분야의 실무 경험자 8명이 참여하여 자동차의 실내에서 운전자를 통해 발생하는 행동에 대한 브레인스토밍 회의를 실시하여 추가적인 사용자 행동을 도출하였다. 그 결과 사용자 행동에는 주행 시 일어나는 행위뿐만 아니라 물건을 싣거나 자동차 안에서 휴식을 취하는 등의 비 주행 상황까지 모두 고려한 총 284개의 행동들이 추출되어 종합 행동 집합이 생성되었다.

2.1.2 연구 목적에 부합되는 행동 선별 및 유사 행동 통합

앞서 생성된 행동 집합의 모든 행위들은 사용성 평가에 적용하기에 너무 범위가 넓기 때문에 연구 목적 별로 관련 행동을 선별할 필요가 있다.

본 연구에서는 운전석에서의 일반적인 운전자에 대한 사용성 평가를 수행하기 위해 일반적인 신체능력을 갖지 못한

표 1. 주요 사용성 평가항목 정의

주요 사용성	정 의
조작성	• 스티어링휠, 페달, 센터페시아 등 조작 장치를 사용하는데 편리함, 접근(Reach) 등에 관련된 사용성 • 주행 관련 본질적인 기능에 대한 조작 편의성을 포함하는 개념
시인성	• 정보표현, 글자 및 시각정보의 인지(Visual Recognition)와 관련된 사용성 • 설계요소의 높이와 각도에 따른 시야적 답답함, 간섭 등 시계와 관련된 사용성 • 외부정보 확인을 위해 확보되어야 하는 가시도(Visibility), 시야각(Visual Angle)
안락성	• 헤드룸, 레그룸, 숄더룸 등 여유공간(Clearance)에 대한 사용성 • 사용자를 둘러싼 상방, 하방, 전방, 측방의 공간에 대한 사용성 • 시트의 편안함과 운전자세의 자연스러움, 승차감과 관련된 사용성
승강성	• 자동차에 타고 내리는 행동에 대한 사용성 • 승, 하차 시 발생하는 간섭과 승, 하차 동작의 자연스러움과 관련된 사용성

장애인 및 노약자 중심의 행동(예: 동승자가 부축을 받아 승차한다.), 운전자가 아닌 비 운전자 위주의 단순 행동(예: 동승자석에서 비디오 기기를 작동한다.), 승, 하차를 제외한 차량의 외부에서 발생하는 행동(예: 트렁크에 물건을 싣는다.)를 고려대상에서 제외하였다. 또한, 유사한 의미의 행동들을 하나로 통합함으로써(예: 시동을 켠다, 시동을 끈다.) 최종적으로 96개의 행동으로 구성된 운전자 대표 사용 행동 집합을 도출하였다.

2.2 주요 사용성 평가항목 도출

자동차 패키지 요소와 관련이 깊은 사용성을 주요 평가항목으로 선정하기 위해 문헌 조사 및 기존 연구 분석을 통하여 총 26개의 사용성 평가 기준 집합을 구축하였다(Badre, 2002; Dumas and Redish, 1999; Lindholm et al., 2003; Rubin and Chisnell, 2008; Shneiderman and Plaisant, 2004; Wickens, 2004). 이 중에서 전통적인 인지적 인터페이스(Cognitive Interface) 설계요소들은 배제하고 자동차 실내 패키지요소와 연결 가능하다고 판단되는 요소를 중심으로 주요 사용성 평가항목 8가지(조작성, 시인성, 안락성, 승강성, 거주성, 편의성, 적재성, 안전성)를 선정하여 앞서 선정된 행동 집합에 해당 사용성 평가항목을 연결하였다.

2.3 자동차 패키지 사용성 평가 실험

2.3.1 실험 Task 집합 도출

앞선 일련의 과정을 통해 도출된 행동 집합은 실험에 사용하기에 너무 양이 많고, 설계 영역이 중복되거나 불필요한 경우가 발생하여 행동 집합을 축소하는 과정을 거쳤다. 축소된 행동 집합은 앞으로 진행될 실험의 Task로 활용되기 때문에 주요 사용성 평가항목을 포함하여 전체 행동에 대한 대표성을 지니고 있어야 한다. 이를 위해 운전경력 2년 이상의 남녀 18명을 대상으로 앞서 도출된 행동들에 대한 사용 빈도를 조사하는 설문을 수행하였다. 설문 결과 사용자가 자주 발생한다고 생각하는 행동의 사용성은 조작성, 시인성, 승강성, 안락성, 기타 사용성 순으로 나타났다. 설문을 통해 얻은 사용성의 우선순위에 기인한 주요 사용성 요소(표 1)를 바탕으로 가장 중요하다고 판단되는 행동들을 선정하였다. 또한 인간공학 전문가 집단과 자동차 패키지 설계 분야의 실무 경험자들이 중요하다고 평가한 행동을 추가로 선정하였다. 이를 통해 사용성 평가 실험에 사용될 총 21개의 Task 집합을 도출하였고, 이에 대해 24개의 패키지 설계 변수가 연결되었다. 최종적으로 선정된 Task 집합은 표 2와 같다.

2.3.2 피실험자 구성

앞서 도출된 Task 집합을 기반으로 자동차 사용성 평가 실험을 진행하기 위해 2년 이상의 운전경력이 있는 20~30대의 남, 여 12명을 피실험자로 선정하였다. 피실험자는 성인 남, 여의 키(50 Percentile 기준 남자 170cm, 여자 157cm)를 고려하여 선정하였으며, 선정된 피실험자는 표 3과 같다(Size Korea, 2010).

2.3.3 실험 변수 및 실험 절차

설계 변수의 다양한 수준을 위해 실험 차종으로는 자동변속기를 장착한 준중형, 중형, 준대형 차량을 각 1대씩 선정하였으며, 각 차량에 대해 그림 1과 같이 기본 위치, 전방 상단으로 이동한 위치, 후방 상단으로 이동한 위치, 후방 하단으로 이동한 위치의 네 가지 착좌 위치를 지정하였다. 이를 통해 각 피실험자는 총 12가지의 서로 다른 수준의 자동차 패키지 환경에서 실험을 진행할 수 있게 되었다. 측정 변수로는 실험 Task와 관계된 하위의 설계 변수에 대한 세부 사용성 24개, 상위의 주요 사용성 4개, 종합 사용성 1개로 총 29개를 선정하였다. 실험은 총 12개의 실험 조건에 대해 Within-Subject Design으로 이루어졌으며, 학습 효과와 피로도에 의한 오염을 방지하기 위해 Counter

표 2. 자동차 사용성 평가 실험 Task Set

사용자 행동	사용성	설계 변수
시트를 몸에 맞게 조절한다	조작성	시트 컨트롤
TGS 레버를 조작한다		TGS 레버(기어 변속레버)
주행 중 스티어링휠을 조작한다		스티어링휠(조종핸들)
센터페시아의 오디오를 조작한다		센터페시아 (중앙 오디오, 공조 조작)
스티어링휠 버튼을 이용해 오디오를 조작한다		스티어링휠 버튼
톨게이트에서 표를 뽑는다		벨트라인(측면 창문 높이)
계기판을 확인한다	시인성	게이지 클러스터
인사이드미러를 통해 후방 구조물을 확인한다		후방 하방 시계
전방 상방의 도로표지판을 확인한다		전방 상방 시계
전방 좌우의 구조물을 확인한다		전방 수평 시계
전방 하방의 구조물을 확인한다		전방 하방 시계
측방 하방의 차선을 확인한다		측방 하방 시계
도어트림에 왼팔을 기대어 있는다	안락성	도어트림
벨트라인에 왼팔을 기대어 있는다		벨트라인
콘솔박스에 오른팔을 기대어 있는다		콘솔박스 (운전석 오른편 수납함)
정차 중 상체 스트레칭을 한다		헤드룸
		스티어링휠
시트를 몸에 맞게 조절한다		레그룸
바깥 손잡이를 잡아 문을 연다	승강성	스티어링휠~시트 간격
열린 문을 통해 차에 탑승한다		대시보드 하단~시트 간격
		스텝오버 너비
시트에 앉아 문을 연다		스텝오버 높이
열린 문을 통해 하차한다		엔트런스 높이 (운전석 입구의 높이)
		지면~시트 높이

표 3. 사용성 평가 실험의 피실험자 구성

	남자 (평균 신장)	여자 (평균 신장)
신장 50%ile 이상	3명 (177.5cm)	3명 (164.6cm)
신장 50%ile 미만	3명 (166.3cm)	3명 (154.5cm)

Balanced Design(Davier, 2004)을 이용해 설계되었다. 실험 진행에 앞서 피실험자가 Task를 충분히 이해할 수 있도록 사전교육을 실시하였으며, 실험 설문자의 각 문항에 해당하는 설계 변수에 대한 그림을 첨부하였다. 설문은 피실험자가 주어진 수준의 환경에서 Task 집합을 차례로 수행한 뒤

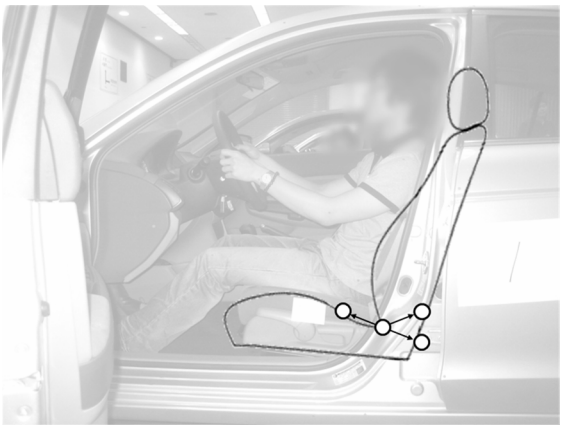

그림 1. 다양한 수준을 제시하기 위한 시트 위치 조정

앞서 설명한 29개의 측정 변수에 대한 평가문항에 답하는 방식으로 진행하였다. 실험 진행자의 역할에 의해 정확한 자료를 수집할 수 있는 개별 면접법으로 진행하였으며(Green, 1995), 피실험자의 설문에 대한 이해를 돕기 위해 각 문항은 Likert Type의 11점 척도로 답하도록 하였다(Ulrich, 2004). 설문지의 예시는 그림 2와 같다.

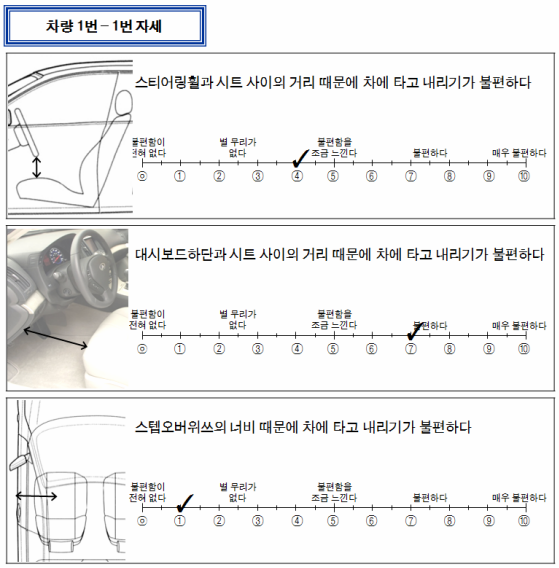

그림 2. 실험 평가 양식

2.3.4 실험 환경 구성

사용성 평가 실험을 위한 실험 환경을 구성하였다. 전방 상방 시계에 해당하는 구조물은 차량 전방 2m, 높이 180cm 위치에 도로 표지판 모형을 세웠고(Wickens, 2004), 전방 하방 시계에 해당하는 구조물은 중형세단 기준 전방 가시거

리 법규가 차량 중심을 기준으로 6~6.5m이므로(정일석 등, 1997) 충분한 전방 시야 확보를 위하여 전방 2m 위치에 높이 30cm 지점에서부터 10cm 간격으로 5개의 선을 그어 피실험자가 평가할 수 있도록 하였다. 전방 수평 시계는 차량의 크기에 관계 없이 85° 이상을 유지해야 하기 때문에(정일석 등, 1997) 전방 수평 시계에 대한 구조물은 운전석 기준 좌측 40°, 우측 50° 지점에 위치하도록 하였다. 톨게이트 발권기의 경우 실제 톨게이트 발권기 실측 및 제품 사이즈 시장 조사를 통해 1m 높이의 간이 구조물을 제작하여 설치하였다. 측방 하방 시계를 위한 구조물의 경우 보통의 주차장에 주차를 하였다고 가정을 하여 차 문으로부터 20cm 지점부터 10cm 간격으로 3개의 선을 그어 평가할 수 있도록 하였다. 후방 하방 시계의 경우 뒤쪽으로 볼 수 있는 가장 가까운 지점이 운전자의 눈으로부터 60m 이내에 있어야 하기 때문에(Haslegrave, 1993) 해당 지점을 계산하여 같은 시야각에 구조물을 위치 시켰다. 실험을 위해 차량 외부에 설치한 구조물의 구성은 그림 3과 같다.

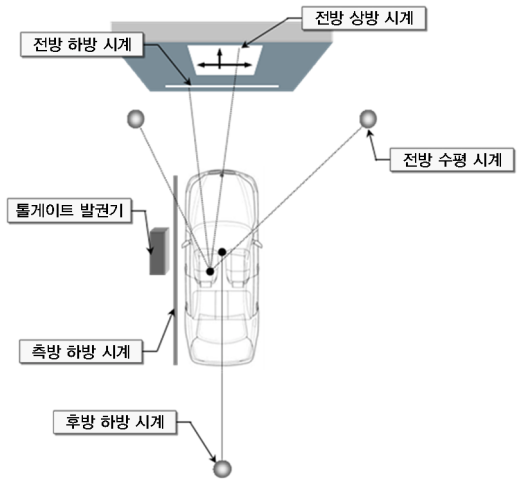

그림 3. 자동차 사용성 평가 실험 환경

2.4 구조방정식을 이용한 사용성 평가 모델 구축

구조방정식 모델은 다수의 정보 내에 원인과 결과 관계, 즉 인과관계를 규명하고자 하는 경우 유용한 분석도구로써 특정 변수가 다른 변수에 미치는 효과를 분석할 수 있다(양병화, 2006). 따라서 본 연구의 자동차 사용성 평가와 같이 세부 평가 요소들의 영향력을 평가하는 경우나 각 하위 개념들이 종합 사용성 평가에 미치는 영향과 정도를 분석해야 하는 경우 매우 유용하게 사용될 수 있는 기법이다.

구조방정식 모형을 추정하는 방법에는 대표적으로 LISREL의 ML(Maximum Likelihood)방법과 PLS(Partial Least Square)방법으로 구분할 수 있다. LISREL이 사용하는 ML의 경우 측정 자료가 다변량 정규분포를 만족해야 하고 모델 추정을 위해 많은 자료수가 있어야 하는 제약이 따른다. 반면, PLS는 분포의 가정이 필요 없고 상대적으로 적은 자료의 수에도 추정이 가능하다는 장점을 가지고 있다(조용관 등, 2001). PLS는 LISREL에 의한 인과관계 모델의 분석대상이 되는 변수가 다변량 정규분포를 따라야 한다는 엄격한 조건에 대해 실제에 있어서는 변수들이 어떠한 분포를 따르는지 모를 뿐만 아니라, 정규분포와는 상당한 차이가 있다는 점에 착안하여 개발한 방법이다(Fornell and Cha, 1994). 따라서 본 연구에서는 PLS 방법을 이용해 구조방정식 모형의 모수를 추정하여 각 요인들 간의 관계를 규명하였다.

표 4. PLS를 통한 자동차 사용성 평가 모델에 대한 Bootstrapping 유의성 평가 결과

평가 요소	주요 사용성 요소	경로 계수	t값	t > 1.658
종합 사용성	조작성	0.290	3.4167	유의수준 0.05에서 유의
	시인성	0.268	3.0524	
	안락성	0.340	4.0383	
	승강성	0.113	1.8260	

3. 연구 결과

먼저, 구조방정식 모델에 대하여 각 측면의 경로 계수를 PLS를 통해 구한 결과는 그림 4와 같다. 그림 4의 조작성, 시인성, 안락성, 승강성의 경로 계수를 살펴보면 자동차 사용자들은 자동차의 사용성에 있어서 안락성을 가장 중요하게 여기고 있으며, 승강성에서 비교적 적은 영향력을 보이고 있음을 알 수 있다. 통계적인 구조방정식 모델을 도출한 다음 제안된 모델이 얼마나 적합한가를 평가하여야 한다. 본 연구에서는 PLS에서 일반적으로 사용하는 Bootstrapping 방법을 활용하여 도출된 평가 모델에 대한 통계적 검정을 실시하였다. Bootstrap은 분석데이터에서 임의로 표본을 다시 뽑아 분석해서 경로 계수를 통계적으로 검증하는 방법이다. Bootstrap에서는 지정한 숫자만큼 반복해서 일부 표본을 추출하는 과정을 거치게 되는데, 일반적으로 500회에서 1,000회를 수행해야 보다 정확한 T 통계량을 산출할 수 있다(하지철, 2010). 본 연구에서는 Bootstrap Sampling을 1,000회 실시하였고, 이를 통해 얻은 각 측면의 경로 계수에 대한 Bootstrapping 결과는 표 4에 제시되어 있다. 최종적으로, 앞서 수행한 자동차 패키지 사용성 평가 실험을

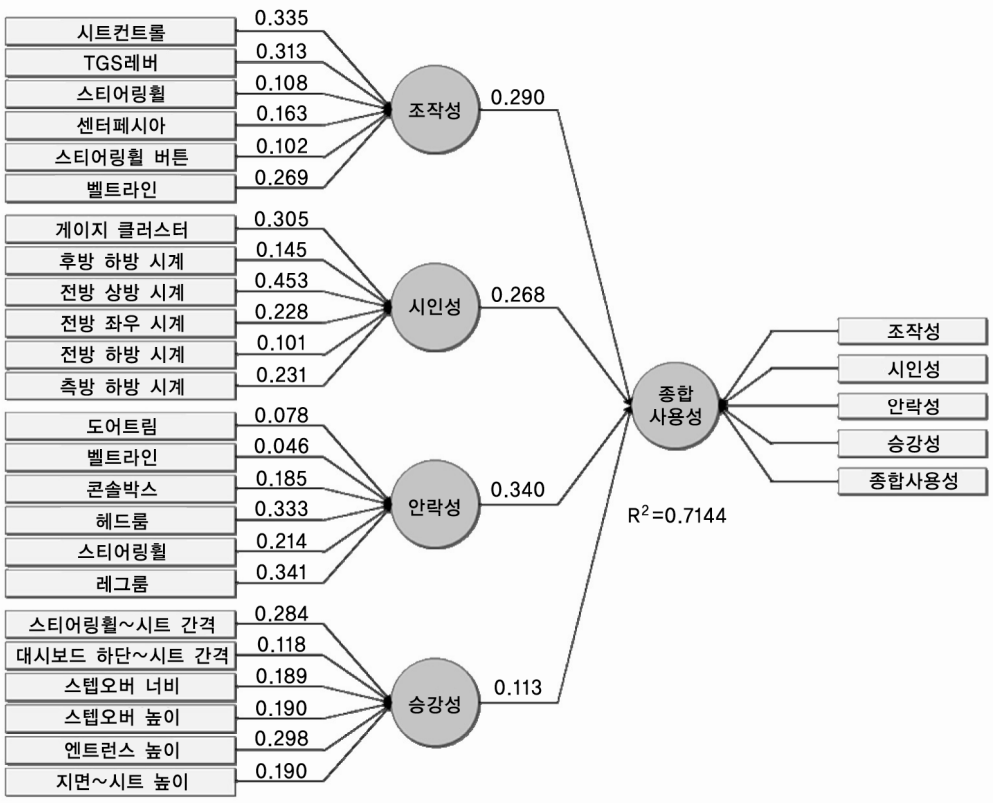

그림 4. PLS를 통한 자동차 사용성 평가 모델의 경로 계수와 Weight

통해 얻은 데이터를 이용해 구조방정식 모델을 분석하여 얻은 결과는 그림 4에 나타나 있다. 자동차 종합 사용성에 대한 결정 계수(R^2)는 0.7144로 충분히 높은 값을 보이고 있어 도출된 모델에 대한 통계적 타당성이 있다고 판단된다.

각각의 사용성 평가 요소들이 자동차의 종합 사용성에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 세부 사용성 평가 요소에 대한 중요도를 산출하였다. 먼저 그림 4의 왼쪽에 위치한 세부 사용성 평가 요소의 경로 계수를 간접 효과라고 하고, 각각의 세부 사용성 평가 요소와 연결된 조작성, 시인성, 안락성, 승강성의 경로 계수를 직접 효과라고 정의하였다. 또한, 간접 변수와 직접 변수를 곱해 각 세부 사용성 평가 요소가 종합 사용성에 미치는 영향의 비중을 산출하고, 이를 설계요소의 중요도라고 정의하였다(사용성 평가 요소 중요도 = 간접 효과 * 직접 효과). 예를 들어, 조작성의 하위 그룹 요소에서 시트 컨트롤의 경우 0.335*0.290만큼의 중요도를 지니게 되고, 안락성의 하위 그룹 요소에서 헤드룸의 경우 0.333*0.340만큼의 중요도를 갖게 된다. 이와 같이 계산된 세부 사용성 평가 요소의 중요도를 비교하여 각 평가 요소의 우선순위를 도출해 낼 수 있다. 도출된 주요 사용성 요소의 중요도와 우선순위는 표 5와 같다.

도출된 주요 중요도를 살펴보면 안락성의 중요도가 높은

표 5. 사용성 중요도 도출 결과

순위	설계 변수	사용성	중요도
1	전방 상방 시계	시인성	12.14
2	레그룸	안락성	11.59
3	헤드룸	안락성	11.32
4	시트 컨트롤	조작성	9.72
5	TGS 레버	조작성	9.08
	.		
	.		
	.		
20	스텝오버 높이	승강성	2.15
21	지면~시트 높이	승강성	2.15
22	스텝오버 너비	승강성	2.14
23	벨트라인	안락성	1.56
24	대시보드 하단~시트 간격	승강성	1.33

순위에 배치되어 있는 것을 알 수 있다. 자동차 패키지 사용에 있어서 주행, 조작, 기능과 관련된 부분 이외에 여유 공간과 관련된 안락성이 높은 비중을 차지하는 것은 자동차가 또 하나의 생활 공간으로 자리잡고 있음을 보여주며, 이

를 통해 자동차 패키지 설계 시 이 부분을 충분히 반영해 주어야 함을 알 수 있다.

앞서 언급한 대로 자동차 패키지의 사용성을 고려하기 위해 한정된 자동차 내부의 공간 내에서 특정 설계 제원을 최적으로 설계하다 보면 다른 설계 제원이 영향을 받아 절충(Trade-off)이 필요한 관계가 발생하여 상대적으로 사용하기에 불편하게 될 수 있다. 이런 경우 본 연구에서 도출한 각각의 설계 제원이 갖는 중요도를 통해 사용자의 사용성을 최대로 확보하면서 각각의 설계 제원을 최적으로 고려할 수 있는 기준을 마련할 수 있다. 이와 같은 사용성 평가 방법은 평가 요소의 변화에 따른 사용자 만족의 변화를 예측할 수 있어 사용자가 느끼는 종합 사용성의 구체적 개선에 유용한 도구로 쓰일 수 있다.

4. 결론 및 토의

하나의 사용성, 혹은 설계요소를 위해 다른 설계요소들을 강제적으로 조정하는 것은 다양한 관점에서 자동차 구매 의사를 결정하는 현재 고객들의 불만사항을 표출시키게 될 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 설계요소 간의 물리적 충돌을 최소화 하면서, 종합 사용성 및 상품성 향상 측면에서 서로 공존할 수 있는 설계 영역의 개선 방식을 제안하였다. 최근의 자동차 내장 설계의 추세와 같이 시트의 높이를 높였을 경우를 예를 들어보자. 사용성 평가를 본 연구와 같이 11점 척도로 수행했을 때, 시트의 높이를 일정 수준 높일 경우 스티어링휠 조작성이 3점, 전방 하방 시계 시인성이 7점, 측방 하방 시계 시인성이 5점, 지면~시트 높이 승강성이 4점 상승하고, 전방 상방 시계 시인성이 4점, 헤드룸 안락성이 2점, 스티어링휠~시트 간격 승강성이 4점 감소한다고 가정한다. 이럴 경우 그림 5와 같이 정량화 하여 종합 사용성의 개선 정도를 예측하고, 이에 따른 개선 여부 및 개선 정도를 예측할 수 있다. 위와 같이 설계요소를 개선할 경우 조작성은 스티어링휠 조작성의 3점 증가분과 영향력인 0.108의 곱에 의해 0.324점이 증가한다. 다시 조작성의 0.324점 증가분은 조작성의 영향력인 0.290과의 곱에 의해 종합 사용성을 0.094점 증가시키게 된다. 시인성은 전방 상방 시계 시인성의 4점 감소분과 영향력인 0.453의 곱에 의해 1.812점 감소하고, 전방 하방 시계 시인성의

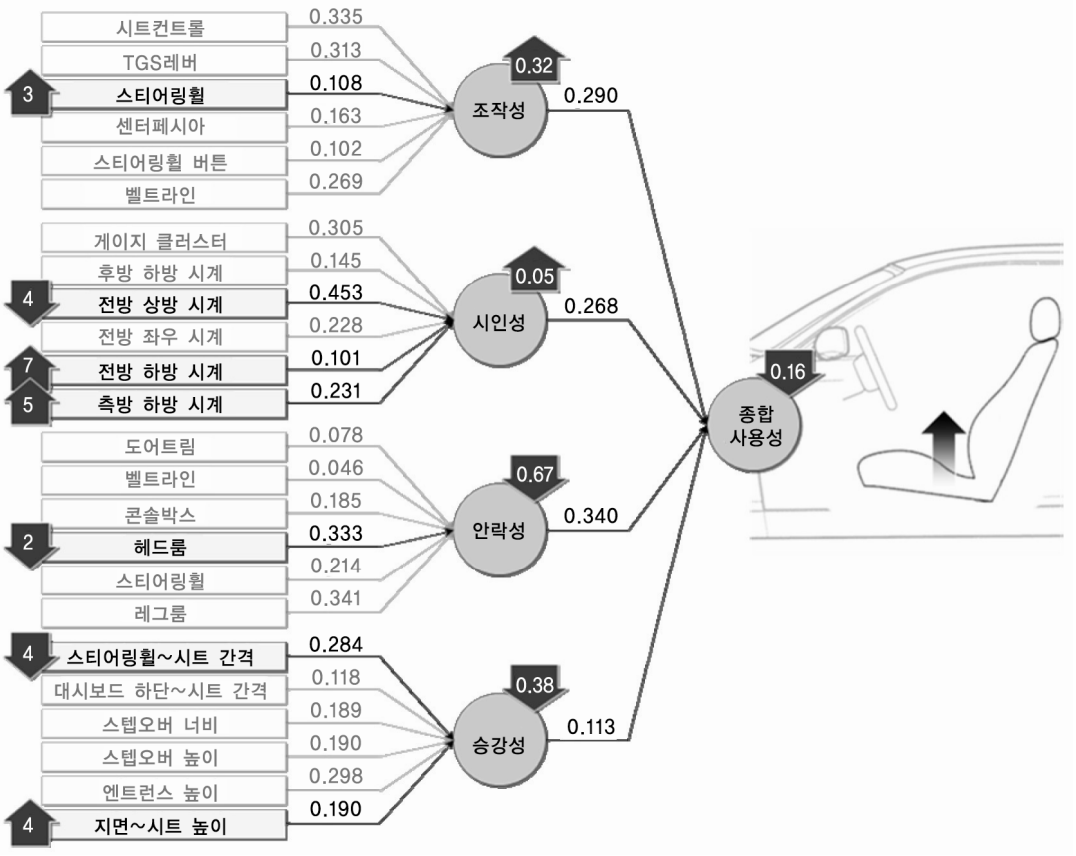

그림 5. 세부 설계요소 개선 시 종합 사용성 개선 예측

7점 증가분과 영향력인 0.101의 곱에 의한 0.707과 측방 하방 시계의 5점 증가분과 영향력인 0.231의 곱인 1.115점에 의해 0.050점이 증가하게 된다. 여기에서 계산된 시인성의 0.050점 증가분과 시인성의 영향력인 0.268의 곱에 의해 종합 사용성이 0.013점 증가하게 된다. 나머지 변수들에 대해서도 이와 같은 방식으로 계산하게 되면 종합 사용성 점수는 안락성에 의해 0.226점 감소, 승강성은 0.042점 감소하게 된다. 이를 통해 위와 같은 시트의 위치 변화가 종합 사용성 평가를 0.162점 감소시키게 되어 해당 설계요소의 개선을 권장할 수 없다는 결과를 얻게 된다. 앞서 언급한 바와 같이 자동차의 특정 사용성을 개선하기 위한 설계요소의 변화는 다른 설계요소와 그에 따른 사용성에 영향을 미치게 되어 오히려 종합 사용성이 감소하는 결과를 가져오게 될 수도 있다. 이와 같이 특정 설계 영역을 개선할 때에는 종합적인 사용성과 설계 영역에 대한 통합적인 고려가 필요하다. 또한, 사용성 개선을 위해 설계 영역을 변경해야 하는 경우 본 연구의 결과를 통해 각 설계요소에 대한 사용성의 변화를 예측하여 설계요소의 최적 개선 조건을 제시할 수 있다. 이와 같이 세부 사용성 요소의 변화에 따른 종합 사용성의 예측 및 평가가 가능한 것은 자동차 사용성 평가에 대한 인과관계 모델의 구축 시 PLS 방법을 이용하여 경로 계수를 구한 것에 기인한 것이다.

본 연구에서는 실증 데이터에 기반한 구조방정식을 이용해 다양한 평가 요소들의 설계치 변화가 종합 사용성에 미치는 영향력을 객관적이고 정량적으로 파악하여 최종 자동차 사용성 평가 모델을 제시하였다. 특히 자동차의 내부에서 발생하는 다양한 행동에 기반하여 사용성에 영향을 미치는 주요 요인들을 규명하고, 구조방정식 기법을 통해 각 설계 요인들이 사용성에 미치는 영향력의 상대적 중요도를 도출하였다. 또한, 이를 활용하여 자동차 내부 설계에 있어서 물리적 설계 부품간의 상호 관련성을 고려하여 설계 제원 간의 간섭을 최적으로 절충할 수 있는 방법을 제시하고, 이를 통해 전체 내장 공간을 사용자의 사용성에 최적화 할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시한 사용성 평가 실험은 실험 Task의 구성에 있어서 사용자의 행동 집합을 구성하고 그에 기인하였기 때문에 실제 사용자 중심의 평가가 가능하도록 한다. 구조방정식을 이용한 분석방법은 세부 설계 영역에 대한 사용성 평가 요소 및 주요 사용성 평가 요소의 경로 계수를 활용함으로써 자동차 내장 패키지의 사용성에 대한 사용자의 주관적인 평가를 정량화한다. 또한, 평가 요소의 변화에 따른 종합 사용성 지수의 변화를 예측할 수 있어 구체적인 자동차 내장의 사용성 개선 방향을 파악하는데 유용한 도구로 이용될 수 있다.

본 연구에서는 제한적인 수의 피실험자를 통한 실험 결과를 바탕으로 구조방정식을 도출되어, 각 변수들의 중요도가 일반화되기 어렵다. 연령, 성별 등 사용자 특성 및 차량의 형태를 분류하고, 각 그룹에 대한 충분한 수의 피실험자와 차종이 확보된다면 더욱 영향력 있는 결과가 도출될 것으로 기대한다. 본 연구에서 제시한 자동차 사용성 평가 모델의 개발 방법은 각 변수의 수정 및 보완을 통해 백색가전, 사무용 기기, 통신 기기 등 다른 분야의 제품에도 적용이 가능하다고 판단된다. 또한, 특정 설계요소를 개선하기 위해 노력하면서, 그에 따라 사용성 만족도가 감소하는 상대 요소들의 최소 만족 요구치를 확보하기 위해 설계 변수의 실제치수와 사용성 만족도 간의 관계에 대한 추가 연구가 이루어 진다면 보다 완벽한 방법론을 개발해 낼 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

강선모, 백승렬, 박범, 운전자의 인지특성을 고려한 자동차 IP 설계에 관한 연구, *한국감성과학회지*, 1(2), 81-91, 1998.

류태범, 신승우, 유희천, 자동차 내장 설계의 정량적 시계성 평가 시스템 개발, *대한산업공학회/한국경영학회 춘계학술대회*, 2004.

박종현, 김영아, 박준호, 조장현, 이철, 윤명환, 구조방정식 모델을 이용한 동적 부품의 감성 품질 만족도 분석, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 2005.

양병화, *다변량 데이터 분석법의 이해*, 커뮤니케이션북스, 2006.

정의승, 전영호, 기도형, 윤명환, 최재호, 박종대, 박성준, 강동석, 자동차 내장설계를 위한 감성공학 접근방법에 관한 연구, *한국경영학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집*, 1997.

정일석, 이정근, 정의승, 윤명환, 최재호, 강동석, 승용차의 시계 요소 조사 및 개선 방향, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 1997.

조용관, 소형기, 이승환, 손소영, 구조방정식모형을 이용한 두뇌한국(BK) 21의 학생만족도 성과 분석, *대한산업공학회 산업공학*, 14(4), 429-440, 2001.

조정식, 컨버터블 차량의 승객 머리 주변 안락성 평가, *한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집*, 1087-1092, 2007.

지식경제부 기술표준원 Size Korea, 인체치수 자료 (http://sizekorea.kats.go.kr/), 2010.

하지철, *마케팅 조사 실무노트 2*, 이담 Books, 2010.

Badre, N. A., *Shaping Web Usability: Interaction Design in Context*, Addison-Wesley Professional, 2002.

Davier, A. A., Holland, P. W. and Dorothy T. T., *The Kernel Method of Test Equating*, Springer London, 2004.

Dumas, J. S. and Redish, J. C., A *Practical Guide to Usability Testing*, Intellect, 1999.

Fornell, C. and Cha, J., Partial Least Squares, *Advanced methods of marketing research*, Bagozzi, Richard P, Blackwell Business, 1994.

Foxall, G. R., User Initiated Product Innovations, *Industrial Marketing*

Management, 18, 95-104, 1989.

Green, P., Automotive Techniques. In Weimer, J.(Ed), *Research Techniques in Human Engineering*, Prentice Hall, 1995.

Haslegrave, C. M., Visual aspects in vehicle design. In Peacock, B. and Karwowski, W.(Ed), *Automotive Ergonomics*, Taylor & Francis, 1993.

Lindholm, C., Keinonen, T. and Kiljander, H., *Mobile Usability: How Nokia Changed the Face of the Mobile Phone*, McGraw-Hill, 2003.

Nagamachi, M., Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development, *Applied Ergonomics*, 33, 289 -294, 2002.

Rubin, J. and Chisnell, D., *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2008.

Shneiderman, B. and Plaisant, C., *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 4th ed., Addison-Wesley, 2004.

Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D., *Product Design and Development*, 3rd ed., McGraw-Hill, 2004.

Wickens, C. D., *An Introduction to Human Factors Engineering*, 2nd ed., Pearson Prentice Hall, 2004.

저자 소개

박 준 수 joyful38@naver.com
고려대학교 전자 및 정보공학부 학사
현 재: 고려대학교 정보경영공학전문대학원 석사과정
관심분야: 제품개발, 감성공학

박 성 준 sjpark@nsu.ac.kr
포항공과대학교 산업공학과 박사
현 재: 남서울대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 제품개발 및 디자인

임 영 재 ergoim@korea.ac.kr
고려대학교 정보경영공학전문대학원 석사
현 재: 고려대학교 정보경영공학전문대학원 박사과정
관심분야: 제품개발, 감성공학

정 의 승 ejung@korea.ac.kr
Pennsylvania State University 산업공학과 박사
현 재: 고려대학교 정보경영공학과 교수
관심분야: 제품개발, 감성공학, 인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 05월 26일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 10월 07일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 10월 14일