JESK J Ergon Soc Korea 2026; 45(2): 59-69
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2026.45.2.59
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Development of a Methodology for Region-specific Seat Comfort Design Strategies Considering Regional Characteristics: A Case Study of Brazil

Dohoon Kwon[1], Yejin Lee[1], Sunwoo Choi[2], Xin Cui[1], Goeun Shim[1], Eunjin Jeon[3], Heeeun Kim[3], Heecheon You[1]

[1]Pohang University of Science and Engineering, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang, Gyeongbuk, 37673
[2]Hyundai Motor Company, MPV & Small Sized Vehicle Body Test Team, Hwaseong, Gyeonggi-do, 18278
[3]Kyungpook National University, Department of Clothing and Textile, Daegu, 41566

지역별 특성 차이를 고려한 현지 특화 시트 컴포트 설계 전략 개발 방법론 수립: 브라질 지역을 중심으로

권도훈[1], 이예진[1], 최선우[2], Xin Cui[1], 심고은[1], 전은진[3], 김희은[3], 유희천[1]

[1]포항공과대학교 산업경영공학과
[2]현대자동차 MSV 바디시험팀
[3]경북대학교 의류학과

Corresponding Author
Heecheon You
Pohang University of Science and Engineering, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang, Gyeongbuk, 37673
Email : hcyou@postech.ac.kr

Received : July 30, 2025
Revised : March 25, 2026
Accepted : April 14, 2026

Copyright@2026 by The Human Factors & Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: This study aims to establish a methodology for developing region-specific seat comfort strategies by investigating literature, environmental and cultural factors, and conducting field visits and local surveys.

Background: Seats lacking proper consideration of comfort may reduce seating satisfaction and increase driver fatigue, which in turn may lead to musculoskeletal disorders and decreased customer satisfaction. Seat comfort is influenced by body shape, sitting posture, and seat design. It may also be affected by environmental conditions such as climate and road quality, and by social and cultural factors including clothing, driving habits, and traffic behaviors. As these conditions differ across regions, seat designs should consider regional characteristics to enhance comfort.

Method: To develop a localized seat comfort strategy, 25 academic articles, forums, national statistics, and institutional reports were reviewed. The environmental factors examined include road condition indices, transportation infrastructure, and climate, while social factors include demographic characteristics, driving patterns, pedestrian and driver behavior, and compliance with traffic regulations. Additionally, field visits and surveys with local experts were conducted to gather first-hand information.

Results: Field investigations in Brazil identified issues such as low road pavement rates, underdeveloped infrastructure, aggressive driving behavior, limited adherence to traffic laws, and a high rate of traffic-related fatalities. Based on these findings, specific seat development strategies, including ergonomic seat designs addressing diverse body shapes and cooling seat solutions for high temperature and humidity, were formulated to incorporate relevant social and environmental factors. These strategies were then refined through expert surveys involving local professionals.

Conclusion: This study proposes a methodology for region-specific seat development

based on the environmental and cultural characteristics of Brazil, supported by local expert feedback. The methodology may be used to inform seat design by reflecting locally relevant factors that influence comfort.

Application: The methodology for developing region-specific seat comfort strategies presented in this study may be systematically applied to other regions beyond Brazil in the development of locally optimized seat designs.

Keywords: Seat comfort, Seat strategy, Ergonomic seat design, Cooling seat, Regional characteristics

1. Introduction

자동차 시트 컴포트(comfort) 요소가 충분히 반영되지 않은 시트는 운전 피로를 가중시킬 수 있으며, 운전자 피로는 집중력 및 판단력과 같은 인지능력 저하를 유발하여 주행 안전성을 저하시킬 수 있다. 착좌 자세에서 인체의 하중은 요추와 골반 부위에 상대적으로 높은 체압을 형성하므로(Park et al., 2007), 인간공학적으로 부적절하게 설계된 시트는 부적절한 착좌 자세를 유발하여 요추와 골반 부위에 과도하게 체압을 편중시키고, 결과적으로 시트 컴포트 저하와 운전 피로도 가중을 초래할 수 있다(Meakin et al., 2008; Zenk et al., 2012). Sikander and Anwar (2019)는 운전자 피로도가 상황 판단 능력이나 집중력과 같은 인지능력 저하를 유발하여 안전사고 발생 확률을 높일 수 있다고 보고하였고, Abdelkareem et al. (2017)은 서스펜션(suspension)과 강성(stiffness)에 변화를 주는 실험에서 운전자가 느끼는 시트 컴포트가 높을수록 주행 성능이 22% 증가한다고 보고하였다. 따라서 시트 컴포트는 운전자의 피로감, 주행 능력, 안전에 영향을 줄 수 있어 시트 설계 시 필수적으로 고려되어야 할 요인이다.

시트 컴포트는 인체 형상, 착좌 자세, 시트 형상 뿐만 아니라 기후 및 도로 조건과 같은 환경적 요인과 착장 의복 및 운전 습관과 같은 문화적 요인에 의해 영향을 받을 수 있다(Figure 1). Fazlollahtabar (2010)은 시트 컴포트에 영향을 주는 요인을 (1) 인간적 요소, (2) 차체/패키지 요소, (3) 시트 요소, 그리고 (4) 사회적 요소로 구분하였다. 인간적 요소에는 인체 형상과 운전 자세 등이 있으며, 차체/패키지 요소에는 운전대 높이, 페달 위치, 차량 유형 등이 포함된다. 시트 요소에는 시트 크기, 강성, 시트 형상 등이 포함되며, 사회적 요소에는 기후, 도로 조건과 같은 환경적 요인과 운전 습관, 의복과 같은 문화적 요인이 포함된다. 그 외에 시트 컴포트에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 라디오 소리, 엔진 소음, 타이어 소음 등의 청각적 소음이 포함될 수 있다.

인간적 요소와 환경적 요소, 문화적 요소의 세부 조건은 지역별로 상이하여 시트 컴포트 향상을 위해 지역별 특성을 고려한 현지 특화 시트의 설계 및 개발이 필요하다. Tetteh et al. (2017)은 가나인 307명을 대상으로 5가지 인체 치수(어깨 너비, 엉덩이 너비, 앉은 무릎 높이, 허벅지 길이, 앉은 키)를 측정하여 4가지 시트 변수(시트 높이, 쿠션 수직 길이, 쿠션 너비, 등받이 높이)를 도출하였다. Yang et al. (2013)은 자동차 요추 지지의 돌출량, 높이, 그리고 지지폭과 착좌 불편감 사이의 상관관계를 분석하여 요추 지지 돌출량은 착좌 불편감에 유의한 영향을 미치나 요추 지지 높이와 지지폭은 착좌 불편감에 유의한 영향을 미치지 않음을 보고하였다. Mazari et al. (2016)은 시트의 폴리우레탄 폼(polyurethane foam) 두께 2가지(60mm, 85mm), 구멍의 개수 2가지(0, 7), 구멍 지름 3가지(10mm, 15mm, 20mm)의 조합을 통한 총 12가지 폴리우레탄 폼에 대해 시트 컴포트를 평가하였다. 이들과 같은 선행 연구에서 시트 컴포트 향상을 위해 인체 치수, 시트 물성, 그리고 시트 형상 분석이 다수 이루어졌으나, 지역별로 상이한 환경적/문화적 요인을 시트 컴포트에 반영한 연구는 미흡하였다. 특히, 브라질과 같이 비포장도로가 많은 지역에서는 이러한 환경적 요인이 차량 흔들림 증가에 직접적 영향을 주어 시트 컴포트에 결정적인 영향을 미칠 수 있다. 또한, 특정 운전 습관이나 의복 착용 방식과 같은 문화적 요인도 착좌 시의 운전자와 시트 간의 지속적인 상호 접촉으로 인해 시트 컴포트에 영향을 줄 수 있다. 따라서, 시트 설계 시 지역 특유의 환경적, 문화적 요인을 추가로 고려한다면 시트 컴포트 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 브라질 지역을 중심으로 인체 측정 정보, 환경적 조건, 문화적 조건을 조사하고, 현지 방문을 통한 현지 자동차 및 시트 개발 전문가 대상 설문조사를 통해 현지에 타당한 시트 설계 전략을 수립하는 것이다. 문헌조사 단계에서 논문과 특허 검토를 통해 현지 특화 시트 개발 방법 및 사례들의 조사와 더불어 기후, 교통 인프라, 도로 보급률, 도로 노면 상태 등의 환경적 정보와 인종, 운전 습관, 법규 준수 등의 문화적 정보가 수집되었다. 이러한 전반적인 조사를 기반으로 수립된 시트 설계 전략들은 현지 자동차

및 시트 개발 전문가를 대상으로 한 워크숍을 통해 타당성이 평가되고 보완 사항들이 논의되었다.

Figure 1. Multi-faceted influencers of seat comfort with a focus on regionalization

2. Method

본 연구는 총 25건의 논문과 12건의 특허를 검토하여 현지 특화 시트 컴포트 개발 방법론을 조사하였다. 조사 대상은 최근 15년간(2009년~2024년) 발표된 논문으로, SCOPUS (www.scopus.com)를 활용하여 제목, 요약, 핵심어에 대한 검색 조건을 설정하였다. 논문 조사는 인체 측정을 시트 설계에 반영한 연구와 환경적·문화적 요인을 시트 설계에 활용한 연구의 두 가지 범주로 분류하여 진행하였다. 인체 측정 관련 논문 검색을 위한 핵심어는 자동차, 시트 설계, 시트 컴포트, 인체 측정 관련 4가지 조합으로 설정하였으며, 환경적·문화적 요인 관련 논문은 자동차, 시트 설계, 환경적·문화적 요인의 3가지 핵심어 조합을 적용하였다. 수집된 논문은 제목 및 요약 내용 검토와 연구 목적과의 관련성 평가를 거쳐 최종적으로 총 25건을 선별하였다.

특허 조사는 최근 10년간(2015년~2024년) 국내외에서 출원된 특허를 대상으로 하였으며, 특허 검색 엔진인 WipsOn (www.wipson.com)을 활용하였다. 검색은 국내와 해외 특허로 구분하여 수행하였으며, 해외 특허 조사 국가는 북미, 유럽(EP, 영국, 독일, 프랑스), 일본, 인도, 중국, 멕시코, 브라질로 한정하였다. 검색 범위는 국내외 모두 서지사항, 요약, 대표 청구항을 포함하였다. 각 특허는 인체 측정 및 문화·환경 관련 핵심어로 구분하여 검색되었으며, 인체 측정 관련 조건은 자동차, 시트, 컴포트, 인체 측정의 4가지 조합으로, 문화·환경 관련 조건은 자동차, 시트, 환경/문화의 3가지 조합으로 구성하였다. 검색된 특허는 대표 청구항과 대표 도면 검토를 통한 선별 과정을 거쳤으며, 연구 관련도 평가 및 관련 특허의 분류코드(IPC/CPC) 추가 조사를 통해 최종적으로 12건을 확정하였다.

또한, 본 연구는 다양한 공공기관 발행 문헌을 통해 브라질의 환경 및 문화적 특성을 우리나라와 대비하여 조사하였다. 사회·문화적 특성 파악을 위해 인구 구성, 가족 구조, 소득 수준, 운전 및 보행 행동 유형 정보를 수집하였으며, 환경적 특성 파악을 위해 지형 및 기후 분포, 교통 인프라 등의 자료를 확보하였다. 브라질의 환경 및 문화 데이터는 The World Factbook, 브라질 및 한국 통계청, 경제협력개발기구(OECD), 세계경제포럼(WEF), 세계보건기구(WHO) 등 공신력 있는 기관의 보고서를 참조하여 국내 정보와 비교 분석하였다.

마지막으로, 문헌조사를 통해 도출된 현지 특화 시트 설계 전략의 타당성을 검증하고자 브라질 현지의 자동차 전문가 17명과 시트 전문가 9명을 대상으로 워크숍 및 설문조사를 실시하였다. 워크숍은 (1) 연구 내용 소개 및 일반적 아이디어 창출, (2) 전략 소개 및 전략별 피드백, (3) 부가적 아이디어 창출 세션 순으로 진행되었다. 일반적 아이디어 창출 세션에서는 브라질 현지 시트 만족도와 설계 방향성에 대한 조사가 이루어졌다. 전략별 피드백 세션에서는 수립된 현지 특화 설계 전략에 대한 만족도 평가와 구체적인 피드백 수집이 수행되었으며, 최종적으로 부가적 아이디어 창출 세션에서 연구 및 시트 전반에 걸친 개선 의견을 조사하였다. 설문조사는 Google Forms를 통해 수행되었으며, 수집된 응답은 연구진에 의해 현장에서 실시간 빈도 분석 및 키워드 분석을 거쳐 전문가 의견 요약 보고로 마무리되었다.

3. Results

본 연구의 문헌조사 결과, 기존 연구는 인체 치수와 형상을 반영하는 시트 설계 연구가 주를 이루었으며, 도로 조건과 환경적 요소를 고려한 시트 설계가 일부 존재하였으나 문화적 요소를 반영한 시트 설계 사례는 전무한 것으로 나타났다. Chimote and Cupta (2013)은 인도인 인체 치수에 맞는 트럭 시트 개발을 위해 68명의 트럭 운전자를 대상으로 15가지 시트 설계 부위(예: 앉은 키 높이, 요추부위, 팔꿈치 지지대)와 관련된 인체 변수를 측정하여 설계에 반영하였으며, 6가지 인체 관절 각도(예: 등, 허벅지, 무릎 각도)에 대한 최적치를 제시하였다. Kumar et al. (2023)은 에티오피아 특화 버스 시트 개발을 위해 13가지 시트 설계 인자(예: 시트 높이, 쿠션 강도, 측면 지지부)를 선정하고 22종의 상용 버스를 조사한 뒤, 이에 상응하는 5가지 인체 변수(예: 엉덩이 너비, 어깨 너비, 오금 높이)를 에티오피아인 90명을 대상으로 측정하였다. Muralitharan et al. (2017)은 말레이시아인 761명의 7가지 인체 치수 측정 결과를 시트 설계에 반영하였다. 특히 시트의 전방 및 허리 지지 상단 부위를 기존 쿠션 폼(cushion foam)에서 빈백 폼(beanbag foam)으로 교체함으로써, 빈백 폼이 탑승자의 체형에 따라 압력을 분산시켜 시트 컴포트가 향상됨을 보고하였다. 한편, 특허 조사를 통해 확인된 Hayashi et al. (2023)의 연구에서는 차량 가속 시 탑승자를 효과적으로 지지하고 무게를 분산시키는 시트 등받이 프레임을 개발하였다. 해당 발명은 측면 프레임 사이에 배치된 와이어가 탑승자를 지지하여 주행 시의 승차감을 개선하였다. Line et al. (2017)은 대퇴부 근육을 지지하는 쿠션 앞단의 길이와 각도 조절이 가능한 시트를 개발하였는데, 이는 좌우 독립 구동이 가능하여 비대칭적인 운전 자세나 다양한 다리 길이를 모두 수용할 수 있다. 이상과 같이 선행 연구는 대부분 인체 측정 정보나 물리적 불편도 위주로 이루어졌으며, 현지 환경이나 문화를 통합적으로 고려한 시트 설계 연구는 여전히 미흡한 실정이다.

한편 문헌조사 결과, 브라질의 환경 및 문화는 우리나라 대비 인구 구성, 지형, 기후의 다양성과 규모 면에서 우위에 있으나, 소득 수준, 교통 인프라, 법규 준수 측면에서는 상대적으로 열세이며, 평균 연령이 낮고 대가족 중심의 구조를 가진 것으로 분석되었다. 브라질은 한국 대비 약 4배의 인구와 85배의 국토 면적을 보유하고 있으며, 다양한 인종과 문화가 혼합되어 있다. 또한 온대, 열대, 아열대 기후가 공존하며, 특히 고온다습한 기후의 영향으로 피부 노출이 많은 의복을 주로 착용하는 것으로 확인되었다(Brazilian Institute of Geography and Statistics; Statistics Korea; The World Factbook). 브라질의 1인당 국민소득은 한국의 약 1/3 수준으로 경제적 불평등이 높고, 자동차 보유율(3/5 수준)과 도로 포장률(1/7 수준)은 낮으며, 교통사고 사망률은 2.4배에 달하는 등 법규 준수 수준이 낮은 것으로 조사되었다(Brazilian Institute of Geography and Statistics; Statistics Korea; World Health Organization, 2025). 세계 경제 포럼의 도로 품질 지수 평가에서 브라질은 3.3점(122위)으로 매우 낮은 수준이며, 전체 도로 중 약 79%인 1,350,100km가 비포장도로인 것으로 확인되었다(The Organization for Economic Cooperation and Development; The World Economic Forum). 마지막으로 브라질은 한국 대비 평균 연령이 10세가량 낮고 고령자 비율이 적으며, 가족 간의 유대가 강한 대가족 중심의 구조를 형성하고 있다.

본 연구는 문헌조사를 통해 남미 지역의 환경·문화적 특성을 파악하고, 이를 기반으로 시트 컴포트 향상을 위한 3가지 설계 전략(3D 스캔 기반 Ergo Seat, 비포장도로 주행을 위한 Smart Seat, 열 쾌적성 향상을 위한 Cooling Seat)을 제시한다. 브라질인의 신체적 특징은 인종과 지역, 식습관 등에 따라 큰 차이를 보이며(Luo et al., 2019), 이러한 다양성은 체감 컴포트에 영향을 미치므로 다인종적 특

성을 수용하는 설계가 필수적이다. 본 연구는 브라질의 다인종적 인구 구성 백인 47.7%, 혼혈 43.1%, 흑인 7.6%, 기타 1.6%, Wikipedia, 2025)으로 인한 체형 다양성 문제를 해결하기 위해, Figure 2와 같이 착좌 시의 인체 3D 스캔 데이터와 시트 변형 분석 결과를 형상 설계에 적용한 "Ergo Seat" 전략을 제안한다. Ergo Seat 전략은 기존 기술을 응용하되(Park et al., 2022; Steenhuis et al., 2025), 현지 운전자 표본의 데이터에 기반하여 다음과 같은 설계 사양을 도출하였다: (1) 다양한 골반 너비 수용을 위해 쿠션 및 등받이 너비를 한국 표준 대비 확장, (2) 3D 스캔으로 식별된 좌골 결절 하중 집중 부위의 곡률 반경을 완화하여 접촉 면적 증대, (3) 과체중 비율이 높은 특성을 고려하여 시트 중앙부에는 지지력을 위한 고밀도 폼을, 주변부에는 안락감을 위한 저밀도 폼을 배치하는 최적화 과정을 포함한다. 이와 같은 데이터 기반 형상 최적화는 브라질 운전자의 신체적 특징을 포괄적으로 수용함으로써 시트 컴포트를 유의미하게 향상시킬 수 있다.

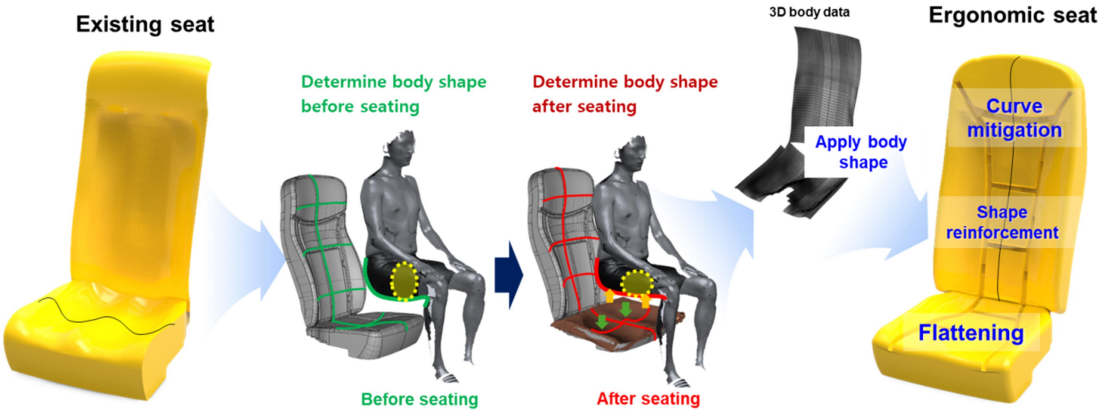

Figure 2. 3D scan-based ergonomic seat design strategy: Ergo Seat

본 연구는 브라질 도로 환경의 가장 두드러진 특성인 높은 비포장도로 비율에 대응하기 위한 "Smart Seat" 설계 전략을 도출하였다. 앞서 기술한 바와 같이 브라질 전체 도로의 79%가 비포장도로이며, 도로 품질 지수 평가에서 140개국 중 122위(3.3점)를 기록하는 등 노면 상태가 매우 열악하다. 이러한 환경에서 발생하는 반복적인 차량 진동 및 충격은 탑승자의 신체 흔들림을 가중시켜 근골격계 피로 및 허리 통증을 유발할 수 있다. 이에 본 연구는 비포장도로 주행 환경에 특화된 세 가지 시트 설계 전략—(1) 사이드 볼스터 및 시트 전방(Front) 영역 강화(Side Bolster & Seat Frontal Area Enhancement), (2) 요추 지지 및 서스펜션 시트 적용(Lumbar Support with Suspension System), (3) 주행 환경 감응형 가변 시트(Road-Adaptive Smart Seat)—을 도출하였다. 첫째, 사이드 볼스터 강화 전략은 볼스터의 길이 및 높이를 확장하고, 충격 흡수성·지지력·복원력이 우수한 고밀도 폼을 내장재로 적용하여 비포장도로 주행 시 발생하는 측면 충격과 신체 흔들림을 감쇠시키는 것을 목표로 한다. 아울러 급정거 시 탑승자가 앞으로 쏠리는 현상을 방지하기 위해 시트 전방 영역의 높이를 증가시키는 방안을 함께 제안하였다. 둘째, 요추 지지 강화 전략은 서스펜션 시트 구조와 에어 컴프레서 기반의 공기 주입형 요추 지지대를 결합하여, 비포장도로의 반복적인 노면 충격이 척추에 가하는 피로를 경감시키는 것을 핵심으로 한다. 4방향(상·하·전·후) 조절 기능을 탑재하여 다양한 브라질 현지인의 체형 및 착좌 자세에 유연하게 대응할 수 있도록 하였다. 셋째, 주행 환경 감응형 가변 시트는 외부 카메라를 통한 비포장도로 인지 기능과 진동 센서 기반의 차량 흔들림 감지 기능을 결합하여, 흔들림의 방향 및 강도에 따라 사이드 볼스터의 지지 강도와 쿠션 각도를 자동으로 조절하는 지능형 시트 전략이다.

마지막으로, 브라질의 기후는 강수량이 많고 고온 다습한 열대 지역과 기온은 높지만 강수량이 적은 아열대 지역으로 구분되는데 두 지역 모두 높은 일조량을 보인다. 이러한 기후 특성으로 인해 브라질인은 상·하체 모두 피부 노출 부위가 많으며 체형을 드러내는 형태의 의복을 착용하는 특징이 있다. 이러한 기후적 특성과 의복 특성은 시트의 형상과 시트 착좌 시 피부 접촉부의 쾌적성에 영향을 줄 수 있다. 인체의 열부담을 줄이기 위해서는 인체 내부에서 외부 환경으로의 열 전이가 효과적으로 이루어져야 한다(Lee and Park, 2006). 따라서 시트의 소재는 열 발산을 촉진하는 흡한속건 소재와 냉감 소재, 노출 부위에 쾌적한 접촉감을 제공할 수 있는 표면 요철 소재(3D Mesh)의 적용이 필요하다. 또한 인체 부위 중 피부 온도가 높고 발한량이 가장 많은 등 부위와 접촉하는 시트 등받이 영역은 흡한속건 냉감 소재가 권장되며, 이러한 소재는 운전자의 온열감과 습윤감을 줄이는 효과가 있을 것이다(Kim and Lee, 2012; Smith

and Havenith, 2011). 이에 따라 본 연구는 Figure 3과 같이 "Cooling Seat" 전략을 제시하였는데, 이는 노출부 접촉면에 통기성 냉감 소재를 적용하여 착좌 시 피부 접촉 부위의 습기와 열을 효과적으로 배출하고 쾌적한 촉감을 제공하며, 추가로 시트 내부에 장착된 통풍 장치를 통해 공기를 순환시켜 열 방출 및 땀 증발을 촉진함으로써 시트 컴포트를 향상시킬 수 있다. 통기성 냉감 소재는 (1) 접촉감 향상, 피부 건조 유지 및 피부 마찰을 감소시킬 수 있는 생체 적합성, (2) 피부 접촉 부위 온도 분산 및 혈류를 원활하게 하는 열전도성, (3) 위생성과 보수 유지성을 높일 수 있는 유지관리 용이성, 그리고 (4) 제작 용이성 등을 고려하여 선정될 수 있다. 또한 시트 내의 통풍 장치는 시트 내부의 공기를 순환시켜 습기와 열 축적을 줄이며 탑승자의 피부 온도를 낮추고 땀의 증발을 촉진하여 착좌 시의 쾌적함을 증대시킬 수 있다.

Figure 3. Enhanced thermal comfort strategy: Cooling Seat

본 연구에서 도출된 시트 컴포트 개발 전략에 대해 현지 자동차 및 시트 개발/생산 전문가들(n = 26)로부터 긍정 의견과 부정 의견, 그리고 추가 개선 의견을 수집하였다. 일반적 아이디어 세션에서는 시트의 열 쾌적성 향상 기능과 다양한 조절 기능에 대한 요구사항이 주로 제시되었으며, 시트의 형태 개선과 신체 크기를 고려한 시트 개발이 필요함을 강조하였다. 본 연구에서 제시한 Ergo Seat 전략에 대해서는 자동차 전문가 17명으로부터 긍정 응답 82.3%, 중립 5.9%, 그리고 부정 응답 11.8%를 얻었으며, 시트 전문가 9명으로부터 긍정 응답 77.8%, 중립 11.1%, 그리고 부정 응답 11.1%를 얻었다(Figure 4 참조). 개선 의견으로는 Ergo Seat는 모두에게 수용 가능한 설계 개발이 어려우며, 시트의 변형으로 인한 설계 변화, 그리고 운전 중 자세를 바꿀 경우에 대한 대응책 마련 필요 등이 제시되었다. 이러한 개선 의견은 신체 형상 분석 기반 맞춤형 시트의 개발 적용 시 발생할 수 있는 현실적인 문제점과 사용자의 동적인 착좌 자세 변화에 대한 고려가 필요함을 시사한다.

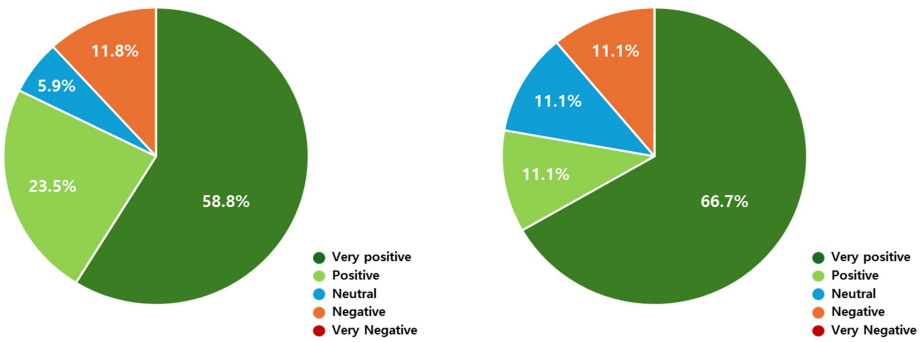

Figure 4. Survey results on the ergo seat strategy (left: automotive experts, n = 17; right: seat experts, n = 9)

한편, 비포장도로 환경의 주행을 위한 Smart Seat에 대해 사이드 볼스터 강화 전략은 자동차 전문가의 72.7%와 시트 전문가의 88.9%로부터 긍정 응답을 얻었으며, 요추 지지 강화 전략에 대해서는 자동차 전문가의 80.0%와 시트 전문가의 88.9%가 긍정적으로 평가하여 높은 타당성을 확인하였다. 특히 전문가들은 장거리 주행 시 허리 불편감 저감 효과와 코너링 및 험로 주행 시 신체 안정성 향상에 대한 기대를 긍정 의견으로 제시하였다. 그러나 일부 전문가들은 두 전략에 대한 부정적 의견 및 개선 과제도 제시하였다. 사이드 볼스터 강화 전략에 대해서는 자동차 전문가의 13.7%, 시트 전문가의 11.1%가 부정적으로 평가하였으며, 주요 우려 사항으로는 원가 상승에 따른 수익성 문제가 지적되었다. 브라질은 차량 가격이 이미 높은 수준임을 감안할 때, 볼스터 소재 강화 및 외부 프레임 적용에 따른 부품 비용 증가를 소비자가 추가로 지불할 의향이 있을지에 대한 의문이 제기되었다. 또한 볼스터 크기 확대로 인한 승하차 불편이 특히 고령 운전자에게 문제가 될 수 있으며, 신체가 큰 탑승자에게는 볼스터 높이가 오히려 압박감을 줄 수 있다는 의견도 있었다. 요추 지지 강화 전략에 대해서는 자동차 전문가의 5.0%, 시트 전문가의 11.1%가 부정적 평가를 내렸으며, 주된 이유는 요추 지지 작동 시 허벅지 부위 압박이 동반 증가하는 문제였다. 또한 에어백 내장형 요추 지지의 경우 시트 두께 증가가 불가피하여 뒷좌석 레그룸에 부정적 영향을 줄 수 있다는 점도 지적되었다. 아울러 브라질 소비자들이 비용 증가 대비 해당 기능의 가치를 충분히 인식하지 못할 가능성과 현재 브라질 시장에서의 해당 기능 보급률이 낮다는 현실적 한계도 함께 제시되어, 향후 전략 구체화 시 비용 대비 편익(Cost-Benefit) 측면에서 면밀한 검토가 필요함을 시사하였다.

마지막으로, "Cooling Seat" 전략에 대해서는 Figure 5와 같이 자동차 전문가 17명으로부터 긍정 응답 94.1%, 중립 5.9%의 응답과 시트 전문가 9명으로부터 매우 만족 77.8%, 만족 22.2%의 긍정 응답 100%를 얻었다. 개선 사항으로는 통풍 장비가 탑재될 경우 모터 소음 등과 같은 소음 문제가 발생할 수 있음과 직사광선에 오래 노출될 경우를 대비하여 단열이 잘 되는 소재를 고려할 것이 제시되었다. 이는 시트 내 통풍 시스템 설계 시 소음 저감 기술 적용의 필요성과 함께 고온 환경에서의 단열 및 열 쾌적성 유지를 위한 소재 복합 기술 개발의 중요성을 시사한다.

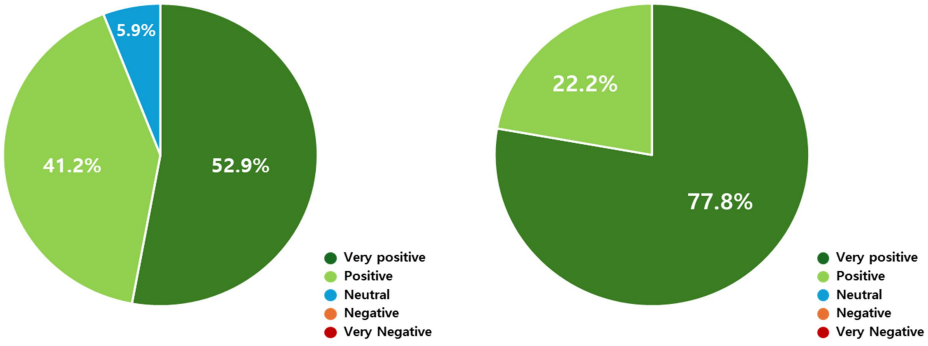

Figure 5. Survey results of the cooling seat strategy (left: automotive experts, *n* = 17; right: seat experts, *n* = 9)

4. Conclusion

본 연구는 브라질 현지 환경/문화 조사와 현지 특화 시트 개발 방법론을 수립하고 시트 설계 전략을 제시하였으며, 현지 자동차 개발 전문가들로부터 개발된 시트 설계 전략에 대해 설문조사를 수행하였다. 특히, 기존 연구에서 미흡했던 환경 및 문화적 요인을 체계적으로 분석하여 시트 컴포트 개선에 고려함으로써 지역 특수성을 고려한 인간공학적 접근의 중요성을 제시하고 실질적인 설계 방향을 제안하였다는 점에서 학술적/실용적 기여가 있다. 현지 특화 시트 개발 전략 수립을 위해 기존 연구에서는 단순 인체 치수 차이나 단일 환경 변수를 해석하는 데 국한된 반면, 본 연구는 관련 문헌과 인터넷 상의 정보를 통해 도로 인프라, 기후, 문화, 운전 습관 등 다각적인 환경 및 문화적 요인을 종합적으로 수집 및 분석하였다. 인체 치수 측면에서 신체적 특징은 인종과 지역에 따라 차이를 보이므로, 본 연구는 해당 요소를 반영하여 현지 체형에 맞는 Ergo Seat 전략을 제시하였다. 해당 전략은 현지 자동차 전문가 대상 만족 응답 82.3%, 시트 전문가 대상 만족도 77.8%를 보였다. 현지 전문가는 해당 전략이 요통을 예방하고, 몸에 잘 들어맞아 시트 컴포트가 향상될 것이라는 의견을 주었다. 환경 및 문화적 요인에 대한 정보 조사에서 브라질의 높은 일조량과 고온다습한 기후의 환경적

요인은 피부가 많이 노출되는 의복을 착용하는 특성을 형성시켰으며, 본 연구는 해당 요소를 반영하여 시원하고 통풍이 잘되는 흡한속건 Cooling Seat 전략을 제시하였다. 해당 Cooling Seat 전략은 현지 자동차 전문가 대상 만족 응답 94.1%, 시트 전문가 대상 만족도 100%를 보였다. 해당 설문조사는 현지의 자동차 및 시트의 개발/생산에 종사 중인 전문가를 대상으로 수행되어, 시트 컴포트 개발 전략의 타당성 측면에서 신뢰할 만한 것으로 사료된다.

선행 연구에서 시트 컴포트 향상을 위한 지역 특화 시트 설계 시 시트 크기 및 위치와 탑승자의 인체 치수와 관련된 연구가 많았으나, 환경 및 문화적 요소를 반영하여 시트를 설계한 연구는 미흡하였다. Fazlollahtabar (2010)은 기후 요인(예: 온도, 습도)과 도로 요인(예: 도로 유형, 노면 상태)도 시트 컴포트에 영향을 줄 수 있음을 논의하였다. 본 연구는 브라질 현지인의 신체적 특징뿐만 아니라 환경적 요인인 온도와 습도 같은 기후적 요인도 시트 설계에 반영하여 시트 컴포트를 향상시키는 전략을 제시하였다. 자동차 시트는 제품 특성상 도로 인프라, 기후와 같은 환경적 요인으로 인해 차체 흔들림, 진동, 쾌적함에 직접적 영향을 받을 수 있으므로 이러한 환경적 요인은 설계 전략 제시의 근거가 될 수 있다. 반면, 운전 습관, 의복과 같은 문화적 요인은 시트 컴포트에 직접적인 영향을 미치기보다는 사용자의 주관적인 인식과 선호도에 간접적으로 영향을 줄 수 있으므로, 직접적인 근거로 활용하기 위해서는 문화적 요인의 시트 컴포트 영향에 대한 정량적 연구가 필요하다.

본 연구의 현지 특화 시트 컴포트 설계 전략 개발 방법론은 시스템화를 통해 타 지역 특화 시트 개발 및 다른 지역 특화 제품 개발에 활용될 수 있다. 본 연구에서 수립된 현지 특화 시트 안락감 설계 방법론은 투입 데이터(input), 분석 방법(method), 산출물(output)이 단계별로 정의된 5단계 체계적 프레임워크로 구성된다. 1단계(문헌·특허 조사)에서는 최근 논문과 국내외 특허를 검색·분석하여 기존 연구와 설계 요소 목록을 도출한다. 2단계(지역 특성 분석)에서는 The World Factbook, IBGE, OECD, WHO 등 공공기관 데이터를 바탕으로 도로 인프라, 기후, 체형 분포, 교통안전 등에 대해 한국과 대비하여 특화 대상 국가를 분석한다. 3단계(전략 도출)에서는 2단계 지역 특성 분석 결과를 기반으로 기존 시장의 자동차들과 차별화하는 설계 전략을 도출한다. 4단계(전문가 타당성 검토)에서는 현지 제품 설계 개발 전문가들이 참여하는 워크숍을 통해 설계 전략 후보군에 대한 설문 평가를 수행하고, 전략별 타당성과 보완 사항을 파악한다. 5단계(전략 확정 및 설계 명세화)에서는 전문가 타당성 검토 결과를 반영하여 최종 전략을 확정하고, 이를 실제 제품에 구현하기 위해 각 설계 전략에 대해 최적화된 공학적 설계 명세(design specification)를 공학적 실험과 분석을 통해 수립한다. 이와 같은 5단계 방법론은 단계별 입력-분석방법-산출물 구조가 명확하여, 대상 지역의 공공 통계 데이터와 현지 전문가에 대한 접근성이 확보된다면 동남아시아, 중동, 아프리카 등 타 지역 특화 시트 개발에도 동일한 절차로 반복 적용이 가능하다. 또한, 해당 방법론은 가전제품, 방산 제품 등과 같은 다양한 현지 특화 제품을 개발하는 데 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 본 연구는 자동차 시트라는 제품 특성상 문화적 요인보다는 환경적 요인에 더 집중하여 전략을 개발하였으나, 가전제품을 개발하는 경우에는 문화적 요인이 더 중요하게 고려될 수 있다. 예를 들어, 대가족 문화를 이루는 사회의 경우, 세탁기의 용량을 핵가족 문화에서 사용하는 세탁기 대비 더 크게 설계할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제시된 전략들은 향후 구체적이고 정량적인 기술적 분석 및 시제품 제작을 통해 효과성을 검증할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서 수집된 환경 및 문화 정보 중 정성적 정보들은 추가적인 설문조사, 현지 심층 면담, 또는 관찰 연구를 통해 정량화하는 노력이 필요하다. 예를 들어, 비포장도로의 상태를 노면 거칠기 지표 등으로 수치화하고, 이를 시트의 측면 지지부의 돌출 높이, 곡률 등과 같은 설계 변수와의 관계식으로 분석하여 시트 설계에 활용할 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 도출된 전략들은 초기 단계에서 시제품 및 실험실 환경에서의 사용성 평가가 이루어질 필요가 있으며, 검증된 전략은 실제 차량 시트에 적용되어 다양한 도로 환경(예: 고속도로, 비포장도로)과 주행 조건(예: 혼잡한 시내, 장거리 주행)에서 주행 평가를 실시함으로써 효과성이 정량적으로 검증되어야 한다. 실제 주행 시에는 도로 환경, 주변 차량, 주의 분산 등 실험실 환경에서는 구현되기 어려운 다양한 요소가 발생할 수 있으므로, 이러한 환경적 요소가 포함된 다단계 검증 과정을 통해 제안된 현지 특화 시트 전략은 실용적 가치와 신뢰도를 담보할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

This research was supported by Hyundai Motor Company and the research programs (RS-2024-00322570; RS-2025-02653087) through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (MEST) and the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE).

References

Abdelkareem, M.A.A., Makrahy, M.M., Abd-El-Tawwab, A.M., EL-Razaz, A.S.A., Ali, M.K.A. and Moheyeldein, M.M., An analytical study of the performance indices of articulated truck semi-trailer during three different cases to improve the driver comfort, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics*, 232(1), 84-102, 2017, https://doi.org/10.1177/1464419317709895.

Brazilian Institute of Geography and Statistics, *Brazilian Institute of Geography and Statistics Home Page*, https://www.ibge.gov.br/en/ (retrieved July 30, 2025).

Chimote, K. and Cupta, M., Integrated approach of ergonomics and FEM into truck drivers seat comfort, *Proceedings of the 1st International and 16th National Conference on Machines and Mechanisms (iNaCoMM2013)*, IIT Roorkee, India, 183-188, 2013.

Fazlollahtabar, H., A subjective framework for seat comfort based on a heuristic multi criteria decision making technique and anthropometry. *Applied Ergonomics*, 42(1), 16-28, 2010, https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.04.004.

Hayashi, M., Tanaka, S., Kitano, T., Minamiyama, S. and Miyake, J., *Vehicle Seat*, US patent 11,845,371 B2, 2023.

Kim, H.E. and Lee, A.R., Analysis of thermography on skin temperature during exercise, *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 14(1), 130-135, 2012, https://doi.org/10.5805/KSCI.2012.14.1.130.

Kumar, V., Oumer, K., Merso, E.A., Sharma, R., Hira, J. and Haldar, B., Ergonomic and anthropometric evaluation of locally manufactured vehicle seats, *Indian Journal Occupational and Environmental Medicine*, 27(4), 338-346, 2023, https://doi.org/10.4103/ijoem.ijoem_323_22.

Lee, S.J. and Park, S.J., Thermophysiological responses and subjective sensations when wearing clothing with quickly water-absorbent and dry properties under exercise-induced heat strain, *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 8(3), 349-356, 2006.

Line, J.A., Kondrad, M., Jaranson, J.W., Harper, K.A., Ferretti, D., Kolich, M., Lovelace, VanNieulande, K. and Compton, G.A., *Independent Cushion Extension and Thigh Support*, US patent 9,649,962, 2017.

Luo, J., Hendryx, M., Laddu, D., Phillips, L.S., Chlebowski, R., LeBlanc, E.S., Allison, D.B., Nelson, D.A., Li, Y., Rosal M.C., Stefanick M.L. and Manson, J.E., Racial and ethnic differences in anthropometric measures as risk factors for diabetes. *Diabetes Care*, 42(1), 126-133, 2019, https://doi.org/10.2337/dc18-1413.

Mazari, F.B., Chotebor, M., Naeem, J., Mazari, A. and Havelka, A., Effect of perforated polyurethane foam on moisture permeability for car seat comfort. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 24, 6(120), 165-169, 2016, https://doi.org/10.5604/12303666.1221752.

Meakin, J.R., Smith, F.W., Gilbert, F.J. and Aspden, R.M., The effect of axial load on the sagittal plane curvature of the upright human spine in vivo, *Journal of Biomechanics*, 41(13), 2850-2854, 2008. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.06.035.

Muralitharan, M., Helmi, S.A. and bin Ismail, K., Design automotive driver seat ergonomically for Malaysian anthropometry measurement, *Human Factors and Ergonomics Journal*, 2(3), 21-26, 2017.

Park, D., Ahn, S. and Yoo, W., Study on relationship between discomfort and body pressure distribution on the seat under height of footrest and angle of seatpan, *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 15(6), 38-43, 2007.

Park, B.D., Jones, M.L.H., Ebert, S. and Reed, M.P., A parametric modeling of adult body shape in a supported seated posture including effects of age, *Ergonomics*, 65(3), 405-419, 2022, https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1992020.

The Organization for Economic Cooperation and Development, *The Organization for Economic Cooperation and Development Home Page*, https://www.oecd.org/ (retrieved July 30, 2025).

The World Economic Forum, *The World Economic Forum Home Page*, https://www.weforum.org/ (retrieved July 30, 2025).

The World Factbook, *The World Factbook Home Page*, https://www.cia.gov/the-world-factbook/ (retrieved July 30, 2025).

Sikander, G. and Anwar, S., Driver fatigue detection systems: A review, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(6), 2019, https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2868499.

Smith, C. and Havenith, G., Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia, *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1391-1404, 2011, https://doi.org/10.1007/s00421-010-1744-8.

Statistics Korea, *Statistics Korea Home Page*, https://kostat.go.kr/anse/ (retrieved July 30, 2025).

Steenhuis, B., Özdemir, M., Anwar-Hameed, A. and Song, Y., Design and validation of 3D-printed personalized seat inserts for truck drivers, *Applied Sciences*, 15(24), 12985, 2015, http://dx.doi.org/10.3390/app152412985.

Tetteh, S., Bowen-Dodoo, L. and Kwofie, S.K., Ergonomics assessment of locally fabricated passenger seats in trotro vehicles in Accra, Ghana, *Journal of Transport & Health*, 6, 167-176, 2017, http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2017.06.005.

World Health Organization, *World Health Organization Home Page*, https://www.who.int/ (retrieved July 30, 2025).

Wikipedia, *Demographics of Brazil*, https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_Brazil (retrieved July 30, 2025).

Yang, J., Lee, J. and Choi, H., Study on lumbar spine curvature and lower back discomfort with design parameter of automotive seat lumbar support, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 39(3), 192-197, 2013, https://doi.org/10.7232/JKIIE.2013.39.3.192.

Zenk, R., Franz, M., Bubb, H. and Vink, P., Technical note: Spine loading in automotive seating, *Applied Ergonomics*, 43(2), 290-295, 2012, https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.06.004.

Author listings

Dohoon Kwon: kydson@postech.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Engineering, Pohang, Republic of Korea

Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Engineering, Pohang, Republic of Korea
Areas of interest: Biological signal sensing system, Human performance and workload assessment, Usability testing, AI based bio-signal and image data analysis, Ergonomic design evaluation

Yejin Lee: lee02156@postech.ac.kr
Highest degree: BA, Psychology, University of Minnesota, Twin Cities
Position title: MS candidate, Department of Industrial & Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Republic of Korea
Areas of interest: Ergonomics, Cognitive load, Interaction design, Human-computer interaction

Sunwoo Choi: csw@hyundai.com
Highest degree: BS, Department of Industrial Engineering, Ajou University, Suwon-si, Republic of Korea
Position title: Senior Research Engineer, MSV Body Test Team, Hyundai Motor Company, Hwaseong-si, Republic of Korea
Areas of interest: Vehicle seat testing, Anthropometric analysis, Ergonomic seat design

Xin Cui: xincui@postech.ac.kr
Highest degree: MS, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Republic of Korea
Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Republic of Korea
Areas of interest: Digital human modeling & analysis, Ergonomics design, Usability evaluation

Goeun Shim: goeun@postech.ac.kr
Highest degree: BS, School of Contents Convergence Design, Handong Global University, Pohang, Republic of Korea
Position title: MS candidate, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Republic of Korea
Areas of interest: User Interface, User experience, Extended reality, Ergonomic design in VR/MR/AR

Eunjin Jeon: slowjeon@hanmail.net
Highest degree: PhD, Department of Clothing and Textile, Kyungpook University, Daegu, Republic of Korea
Position title: Research Engineer, Center for beautiful Aging, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea
Areas of interest: Ergonomic design, Clothing pattern design, Apparel sizing

Heeeun Kim: hekim@knu.ac.kr
Highest degree: PhD, Human Life and Environmental Sciences, Nara Women's University, Nara city, Japan
Position title: Professor, Department of Clothing and Textile, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea
Areas of interest: Clothing physiology, Human clothing relation, Clothing pattern design

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University, University Park: PA, USA
Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Republic of Korea
Areas of interest: Ergonomics design technology, Usability engineering, Digital human scan analysis, Multimodal AI, Ergonomic design in VR/AR/XR, Innovative product development