JESK J Ergon Soc Korea 2026; 45(4): 409-418
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2026.45.4.409
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Applicability and Limitations of Ergonomic Guidelines for Physical User Interface Design in Home Appliances

Youngjae Im[1], Jaekyu Park[2]

[1]Dong-Eui University, Department of Ergonomics Engineering, Busan, 47340
[2]Namseoul University, Department of Bigdata & Management Engineering, Chungcheongnam-do, 31020

가전제품 PUI 설계를 위한 인간공학 가이드라인의 적용성 및 한계

임영재[1], 박재규[2]

[1]동의대학교 인간공학과
[2]남서울대학교 빅데이터경영공학과

Corresponding Author
Jaekyu Park
Namseoul University, Department of Bigdata & Management Engineering, Chungcheongnam-do, 31020
Email : ergopark@gmail.com

Received : July 07, 2026
Accepted : July 22, 2026

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

Objective: This study aims to evaluate the applicability of existing ergonomic guidelines to the design of physical user interfaces (PUIs) in home appliances.

Background: Ergonomic guidelines have been widely applied across industries to ensure safety and usability. However, most of these guidelines were developed in safety-critical domains, raising questions about their suitability for consumer product design, where user experience and aesthetics are increasingly important.

Method: This study reviewed representative ergonomic guidelines, including military standards, nuclear design guidelines, and general human factors references. Key PUI elements—knobs and buttons—were analyzed based on design variables such as size, force, shape, and interaction characteristics. The guidelines were further evaluated across four criteria: safety, usability, aesthetics, and affection.

Results: The results indicate that existing guidelines primarily emphasize safety and basic usability by providing quantitative design criteria such as dimensions and force requirements. However, they show limited consideration of aesthetic and affective aspects. In addition, discrepancies were observed between guideline recommendations and actual product design practices, particularly in cases where design constraints and visual integration are prioritized.

Conclusion: The findings suggest that current ergonomic guidelines serve as baseline references but are insufficient to fully support PUI design in consumer products. An extended framework that incorporates user experience and design flexibility is required.

Application: The results can contribute to the development of more comprehensive ergonomic guidelines that better reflect the design requirements of modern home appliances.

Keywords: Physical user interface, Ergonomic guidelines, Home appliances, User experience

1. Introduction

최근 글로벌 시장에서 기업 간 경쟁이 심화됨에 따라 제품 개발에서는 높은 품질과 낮은 비용을 동시에 달성하면서도 차별화된 사용자 경험을 제공하는 것이 중요한 과제로 인식되고 있다. 이러한 환경에서 제품의 경쟁력을 확보하기 위해서는 기술적 성능 뿐만 아니라 사용자가 제품을 사용하는 과정에서 경험하는 사용성(usability)을 고려한 설계가 필수적으로 요구된다(Kang and Park, 1999). 국제표준화기구(ISO)는 사용성을 사용자가 특정 목표를 달성하기 위해 제품을 사용할 때 효과성, 효율성, 그리고 만족도의 측면에서 평가되는 정도로 정의하고 있으며, 이는 제품 설계에서 중요한 평가 기준으로 활용되고 있다(ISO, 2019). 최근 제품 개발에서는 단순한 사용 편의성을 넘어 사용자 경험(User Experience; UX)을 고려한 설계 접근이 강조되고 있으며, 제품 사용 과정에서의 인지적 이해, 감성적 반응, 그리고 물리적 상호작용과 같은 다양한 요소가 사용자 경험을 구성하는 중요한 요인으로 인식되고 있다(Lee et al., 2007).

제품 사용 과정에서 사용자와 제품 간의 상호작용은 다양한 인터페이스를 통해 이루어지며, 그 중에서도 사용자가 신체를 이용하여 직접 조작하는 인터페이스는 제품 사용 경험에 중요한 영향을 미친다. 이러한 인터페이스는 물리적 사용자 인터페이스(Physical User Interface; PUI)로 정의되며, 버튼, 노브(knob), 스위치, 핸들과 같은 조작 장치를 포함한다. 이러한 물리적 조작 장치는 제품 기능을 제어하는 주요 수단이기 때문에 사용자가 제품을 얼마나 쉽고 정확하게 사용할 수 있는지를 결정하는 핵심적인 요소로 작용한다. 특히 가전제품과 같이 사용자가 일상적으로 상호작용하는 제품에서는 이러한 조작 장치의 설계가 사용자 경험과 제품 만족도에 중요한 영향을 미친다. 따라서 PUI 설계에서는 인간의 신체 특성과 조작 능력을 고려한 인간공학적 접근이 요구된다.

제품 설계에서 인간공학적 요소를 고려하기 위해 다양한 산업 분야에서는 인간공학 설계 가이드라인이 활용되고 있다. 현재 산업 현장에서 활용되는 인간공학 가이드라인은 국제 표준 기관, 정부 기관, 그리고 산업 분야별 연구 기관에서 제시한 다양한 지침을 포함한다. 예를 들어 군사 시스템 설계를 위해 개발된 MIL-STD 시리즈, 원자력 산업에서 활용되는 NUREG 설계 지침, 그리고 국제 표준 기관에서 제정한 ISO 및 IEC 표준 등이 대표적인 인간공학 설계 가이드라인으로 활용되고 있다(ISO, 2011; ISO, 2021; Karwowski et al., 2021). 이러한 가이드라인은 인간의 신체 치수, 조작 힘, 시각적 인지 특성 등을 고려하여 장치의 크기, 간격, 조작력과 같은 설계 기준을 제시함으로써 다양한 산업 분야에서 인간 중심 설계를 지원하는 역할을 한다.

그러나 기존 인간공학 가이드라인의 대부분은 군사 시스템이나 원자력 설비와 같이 안전성이 최우선적으로 요구되는 산업 환경에서 개발되었다는 특징을 가진다. 이러한 분야에서는 사용 오류가 치명적인 결과를 초래할 수 있기 때문에 설계 기준이 비교적 보수적으로 설정되는 경향이 있다. 따라서 이러한 가이드라인은 제품의 안전성과 기본적인 사용성을 확보하는 데에는 효과적이지만 소비자 제품 설계에서 요구되는 다양한 설계 요소를 충분히 반영하지 못하는 한계가 존재한다. 특히 가전제품과 같은 소비자 제품 분야에서는 제품 디자인 트렌드와 사용자 요구가 지속적으로 변화하고 있으며 최근에는 외부 조작 장치를 최소화하거나 제품 외관과 자연스럽게 통합하는 'seamless design'과 같은 설계 방식이 증가하고 있다. 예를 들어 과거 냉장고나 식기세척기에서 일반적으로 사용되던 bar 형태의 손잡이는 최근 pocket handle이나 hidden handle 형태로 변화하고 있으며 이러한 디자인 변화는 제품 외관의 미적 완성도와 사용자 경험에 중요한 영향을 미친다.

그러나 기존 인간공학 가이드라인은 이러한 소비자 제품의 디자인 변화나 사용자 감성 요소를 충분히 반영하지 못하는 경우가 많으며, 가이드라인에서 제시하는 설계 기준 역시 다양한 산업 분야에서 공통적으로 활용되는 범용 기준으로 제시되는 경우가 많기 때문에 특정 제품군에 직접적으로 적용하기에는 한계가 존재한다. 실제 제품 개발 과정에서는 여러 가이드라인을 참고하여 설계 기준을 추정하거나 유사한 장치의 기준을 활용하는 방식이 사용되기도 한다. 따라서 가전제품과 같은 소비자 제품 설계에서 활용 가능한 인간공학적 설계 기준을 도출하기 위해서는 기존 가이드라인의 적용 가능성과 한계를 체계적으로 분석할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 가전제품에서 대표적으로 사용되는 물리적 조작 장치인 노브와 버튼을 중심으로 다양한 인간공학 가이드라인을 비교·분석하여 가전제품 PUI 설계에서의 적용 가능성을 평가하고 기존 가이드라인의 한계를 도출하고자 한다.

2. Methods

2.1 The guideline for analysis

분석 대상은 산업 현장에서 널리 활용되고 있는 인간공학 설계 지침 중 조작 장치 설계와 관련된 항목을 포함하는 가이드라인을 중심으로 선정하였다. 구체적으로는 군사 시스템 설계를 위해 개발된 MIL-STD 계열, 원자력 산업에서 활용되는 NUREG Human Factors Engineering Guidelines, 그리고 인간공학 분야에서 일반적으로 활용되는 설계 지침을 포함하였다(Kang et al., 2009; Park and Im, 2022; U.S. Department of Defense, 2020; U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2019).

이들 가이드라인은 조작 장치의 크기, 간격, 조작력, 배치 등과 관련된 설계 기준을 제시하고 있으며 다양한 산업 분야에서 인간 중심 설계를 위한 참고 기준으로 활용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 가이드라인에서 제시하는 조작 장치 관련 설계 항목을 수집하여 비교 분석을 수행하였다.

2.2 PUI elements

가전제품에는 다양한 조작 장치가 사용되지만 본 연구에서는 제품 기능을 직접적으로 제어하는 대표적인 조작 장치인 노브, 버튼, 손잡이를 분석 대상으로 선정하였다. 노브는 회전 동작을 통해 제품의 기능이나 설정 값을 조절하는 장치이며, 버튼은 압력 입력을 통해 특정 기능을 실행하는 장치이다. 또한, 손잡이는 어떤 대상으로 손으로 잡거나 쥐도록 만든 장치이다. 세 장치는 가전제품에서 가장 일반적으로 사용되는 물리적 조작 장치이며, 사용자 조작 특성과 밀접하게 관련된 설계 변수들을 포함하고 있다.

본 연구에서는 노브의 경우 형태, 크기, 회전 방향, 회전력과 관련된 설계 기준을 중심으로 분석하였으며, 버튼의 경우 형태, 크기, 누름 깊이, 누름 힘과 같은 설계 변수를 중심으로 가이드라인의 내용을 정리하였다. 손잡이의 경우 여유공간, 크기, 형태와 같은 설계 변수를 중심으로 검토하였다.

2.3 Analysis criteria

각 가이드라인에서 제시하는 설계 기준을 비교하기 위해 본 연구에서는 네 가지 분석 기준을 설정하였다. 분석 기준은 조작 장치 설계에서 고려되는 주요 인간공학 요소를 반영하여 '안전성', '심미성', '사용성', '감성'으로 구분하였다. 이러한 분석 기준은 질적 내용 분석법(Context Analysis)에 기초하였으며(Hsieh and Shannon, 2005), 각각의 상세한 기준들은 Hassenzahl (2004)의 제품 경험 모델을 준용하여 본 연구의 목적에 맞게 재구성 및 설정하였다.

안전성은 조작 오류를 방지하고 안정적인 사용을 지원하기 위한 설계 기준을 의미하며, 장치의 최소 크기나 간격, 조작력과 같은 요소가 포함된다. 사용성은 조작의 편리성과 직관성을 지원하는 설계 요소를 의미하며, 조작 방향이나 형태와 같은 요소가 포함된다. 심미성은 제품 외관과의 조화를 고려한 디자인 요소를 의미하며, 감성은 사용 과정에서의 촉각적 경험이나 사용자 만족과 관련된 요소를 의미한다. 각 가이드라인의 설계 항목은 이러한 분석 기준에 따라 분류되었으며, 이를 통해 가이드라인이 어떤 설계 요소를 중심으로 구성되어 있는지를 비교하였다.

2.4 Analysis procedure

먼저 각 가이드라인에서 조작 장치 설계와 관련된 항목을 수집하고 노브와 버튼에 해당하는 설계 기준을 정리하였다. 다음으로 각 설계 항목을 본 연구에서 설정한 분석 기준에 따라 분류하고 가이드라인의 반영 수준을 평가하였다. 평가 척도는 5단계로 세분화하였으며, 4점은 구체적이고 정량적인 설계 수치 명시, 3점은 정성적인 설계 지침 명시, 2점은 해당 요소 언급 수준, 1점은 해당 항목은 없으나 관련성 있는 요소를 명시, 0점은 해당 요소 미고려로 각각 의미를 부여하였다. 본 평가는 분석의 객관성과 재현성을 확보하기 위해 인간공학 및 실무 담당자들이 독립적으로 수행하여 도출하였다. 이후 가이드라인별로 제시되는 설계 변수와 기준값을 비교하여 공통적으로 제시되는 항목과 차이가 나타나는 항목을 분석하였다. 본 가이드라인 항목의 수집 및 분류 작업은 2명의 인간공학

전문가가 독립적으로 수행하였다. 이후 분류 결과에 이견이 있는 항목에 대해서는 5명의 인간공학 실무 담당자들이 교차검증(Cross-validation)과 심층 논의를 거쳐 최종적인 기준을 확정함으로써 질적 분석의 신뢰도를 확보하였다.

이러한 분석 결과를 바탕으로 가전제품 PUI 설계에서 활용 가능한 설계 기준의 특성과 기존 가이드라인의 한계를 도출하였다. 또한 다양한 산업 분야에서 활용되는 인간공학 가이드라인 간의 특성을 비교하여 도메인 특성에 따른 한계에 대해 추가적으로 알아보았다.

3. Results

3.1 Analysis of knob design guideline

노브에 대한 인간공학 가이드라인 분석 결과, 주요 설계 변수는 형태(shape), 크기(size), 회전 방향(rotation direction), 회전력(turning force)으로 나타났다. 대부분의 가이드라인에서는 노브의 크기와 회전력과 같은 물리적 특성을 중심으로 설계 기준을 제시하고 있으며, 이는 주로 안전성과 사용성을 고려한 결과로 해석된다.

Table 1. Guidelines evaluation for the knob PUI elements

PUI elements	Safety	Aesthetic	Usability	Affection
Knob	Dimension (width, length, and separation) Operating force (turning force)	Circle type	Grasp type (fingertip, thumb and finger, and palm)	None

Table 1에 제시된 바와 같이 노브 설계와 관련된 가이드라인은 주로 치수(폭, 길이, 간격)와 토크(force)와 같은 물리적 요소를 중심으로 구성되어 있으며, 이러한 요소는 사용자가 노브를 안정적으로 조작할 수 있도록 하기 위한 최소 기준으로 제시되고 있다. 또한 사용 방식 측면에서는 fingertip, thumb and finger, palm과 같은 그립 유형이 일부 가이드라인에서 고려되고 있으나, 이는 주로 조작 가능성 확보를 위한 수준에 머무르고 있다.

반면, 형태 측면에서는 다양한 제품에서 다양한 형상의 노브가 사용되고 있음에도 불구하고, 대부분의 가이드라인에서는 원형(circle type)을 기본 형태로 가정하고 있으며, 다른 형태에 대한 설계 지침은 제한적으로 제시되고 있다. 또한 회전 방향이나 회전 각도와 같은 사용 맥락과 관련된 요소는 구체적으로 제시되지 않는 경우가 많았다.

특히 감성 및 심미성과 관련된 설계 요소는 거의 반영되지 않는 것으로 나타났다. 노브의 크기나 회전력은 주로 최소값 또는 권장 범위 형태로 제시되며, 이는 안전성을 확보하기 위한 보수적인 기준으로 설정된 것으로 판단된다. 그러나 이러한 접근은 가전제품에서 요구되는 디자인 다양성이나 사용자 감성 요소를 반영하기에는 한계가 있다.

종합적으로 볼 때, 노브 설계 가이드라인은 안전성과 기본적인 사용성을 확보하기 위한 물리적 설계 기준을 중심으로 구성되어 있으며, 제품 디자인이나 사용자 경험 측면에서 요구되는 다양한 요소는 충분히 반영되지 않는 것으로 나타났다.

3.2 Analysis of button design guideline

버튼에 대한 인간공학 가이드라인 분석 결과, 주요 설계 변수는 형태(shape), 크기(size), 누름 힘(pressing force), 누름 깊이(displacement)로 나타났다. 버튼은 노브에 비해 다양한 제품에서 사용되며 기능 수행과 직접적으로 연결되기 때문에 보다 다양한 설계 기준이 제시되고 있는 것으로 나타났다.

Table 2. Guidelines evaluation for the button PUI elements

PUI elements	Safety	Aesthetic	Usability	Affection
Button	Dimension (diameter, displacement, and separation) Resistance Operating force (pressing force)	Circle type	Finger type (fingertip, thumb, and palm) Glove type (bare hand and gloved hand)	None

Table 2에 따르면 버튼 설계 가이드라인은 직경, 변위, 간격과 같은 치수 요소와 저항력(resistance)을 중심으로 구성되어 있으며, 이는 사용자가 버튼을 정확하게 조작할 수 있도록 하기 위한 기준으로 제시되고 있다. 또한 버튼 조작과 관련하여 fingertip, thumb, palm과 같은 finger type과 장갑 착용 여부를 고려한 glove type과 같은 요소가 포함되어 있어 다양한 사용 환경을 일부 반영하고 있는 것으로 나타났다.

그러나 형태 측면에서는 노브와 마찬가지로 다양한 형상이 실제 제품에 적용되고 있음에도 불구하고, 가이드라인에서는 주로 원형(circle type)을 중심으로 설계 기준이 제시되고 있으며, 사각형, 타원형 등의 다양한 형태에 대한 구체적인 지침은 제한적으로 제공되고 있다. 또한 버튼 간의 구분성이나 시각적 피드백과 같은 요소는 일부 가이드라인에서 언급되지만, 제품 디자인과의 통합적인 고려는 부족한 것으로 나타났다.

특히 심미성 및 감성 측면에서는 노브와 동일하게 명확한 설계 기준이 제시되지 않는 것으로 나타났다. 버튼의 크기와 누름 힘은 주로 최소값 또는 권장 범위로 제시되며, 이는 조작 오류 방지와 같은 안전성 확보를 위한 기준으로 설정된 것으로 볼 수 있다. 그러나 이러한 기준은 제품의 디자인 특성이나 사용자 감성 경험을 반영하기에는 제한적이다.

노브와 비교할 때 버튼은 보다 다양한 설계 요소가 고려되고 있으나, 전반적으로 가이드라인은 여전히 안전성과 기능적 사용성 중심으로 구성되어 있으며, 제품 디자인이나 사용자 감성 측면은 충분히 반영되지 않는 것으로 나타났다.

3.3 Gap of ergonomic design guidelines and product development context

다양한 산업 분야에서 활용되는 인간공학 가이드라인 간의 특성을 비교하기 위해 Table 3에 제시한 가이드라인들을 비교하여 분석하였다. 이들 가이드라인들은 상대적인 비교한 결과를 Figure 1에서 보여주고 있다. 기존의 군사 및 원자력 분야의 가이드라인은 안전성을 최우선으로 고려하며, 엄격한 물리적 제약 조건을 중심으로 설계 기준을 제시하고 있다. 반면, 심미성 및 감성과 같은 요소는 거의 반영되지 않고 있는 것으로 나타났다. 사용성 측면에서는 작업 수행과 오류 방지를 중심으로 제한적으로 고려되는 경향을 보인다.

이에 비해 ISO 및 일반 인간공학 지침은 상대적으로 사용성 측면에서 확장된 기준을 제공하고 있으나, 심미성 및 감성 요소에 대한 고려는 여전히 제한적인 수준에 머무르고 있다. 이러한 결과는 인간공학 가이드라인이 개발된 산업 맥락에 따라 설계 요소의 우선순

Table 3. Primary domain comparison of the guidelines

Guideline source	Primary domain
MIL-STD-1472	Military systems
NUREG-0700	Nuclear systems
ISO / IEC standards	General industry
Ergonomic handbooks	Academic / general

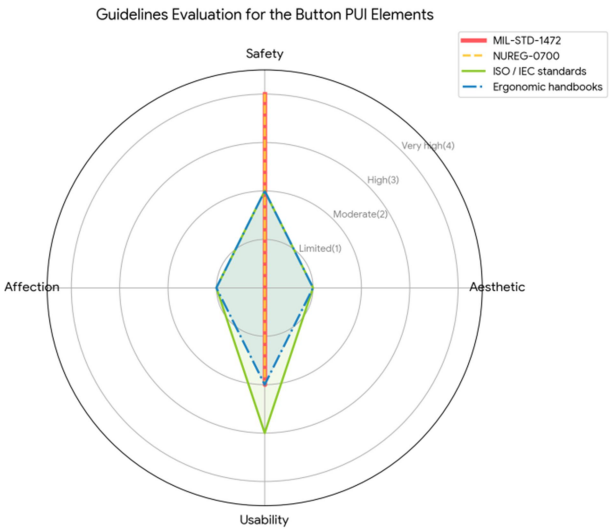


Figure 1. Guidelines evaluation for the button PUI elements (Very high: 4, High: 3, Moderate: 2, Limited: 1, None: 0)

위가 상이함을 보여주며, 특히 안전 중심 환경에서 개발된 가이드라인이 소비자 제품 설계에 적용될 때 발생하는 차이를 설명하는 근거로 해석될 수 있다.

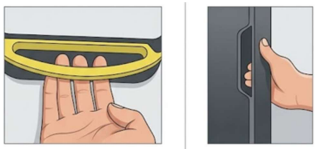
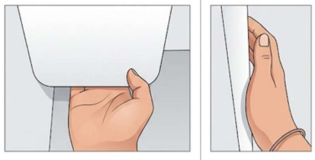
앞선 분석 결과에서 확인된 바와 같이, 노브와 버튼 설계에 대한 인간공학 가이드라인은 주로 물리적 조작 특성과 안전성 확보를 중심으로 구성되어 있다. 그러나 이러한 가이드라인이 실제 가전제품 설계에 적용되는 과정에서는 제품 디자인 요소와의 관계에서 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

Figure 2는 가전제품에서 나타나는 손잡이 디자인의 변화를 보여준다. 과거에는 외부로 돌출된 bar 형태의 손잡이가 일반적으로 사용되었으나, 최근에는 제품 외관의 일체감을 강조하는 설계 경향에 따라 pocket handle과 같이 외부로 드러나지 않는 형태가 증가하고 있다. 이러한 변화는 제품의 심미성과 공간 활용 측면을 고려한 결과로 볼 수 있다.

Figure 2. (Left) Bar handle, (Right) Pocket handle (source: Costco.com)

이에 반해 Table 4에 제시된 핸들 설계 가이드라인은 사용자의 손이 충분히 삽입될 수 있도록 clearance, width, depth와 같은 물리적 치수를 중심으로 최소값과 권장 값을 제시하고 있다. 또한 손으로 잡는 방식(grasp type)에 따라 안정적인 조작이 가능하도록 설계 기준을 제시하고 있으며, 이는 다양한 사용자 조건에서의 사용성을 확보하기 위한 접근으로 해석된다.

Table 4. Bar and pocket handle guideline for the PUI elements

PUI elements	Safety	Aesthetic	Usability, Grasp type (Hand and finger grip)
Bar and pocket handle	Clearance: Min 25mm, Recommend 32mm Width: Min 65mm, Recommend 100mm Depth: Min 12.7mm, Recommend 32mm	Circle type	
		Ellipse type	
		Quadrangle type	

그러나 실제 제품 설계에서는 이러한 물리적 기준이 그대로 적용되지 않는 경우가 존재한다. 특히 pocket handle과 같은 구조에서는 외관 비율과 디자인 일관성을 유지하기 위해 손 삽입 공간이 제한적으로 설계되는 경우가 많으며, 이는 가이드라인에서 제시하는 권장 기준과 차이를 보일 수 있다. Table 5는 이러한 부분을 보여주는 사례로, 2025년 기준 북미 시장 점유율 상위 4개 가전 브랜드(Company A~D)의 프렌치 도어(French-door) 냉장고 대표 모델의 손잡이 치수를 측정한 결과이다. 이러한 차이는 단순한 설계 오류라고 하기보다는 제품 설계 과정에서 심미성, 공간 제약, 브랜드 디자인 전략 등이 동시에 고려된 결과로 이해할 수 있다.

Table 5. Bar and pocket handle size of US refrigerators

PUI elements	Recommended values based on guidelines	Pocket handle of company A	Pocket handle of company B	Pocket handle of company C	Bar handle of company D
Bar and pocket handle	Clearance: 32mm Depth : 32mm	Clearance: 24mm Depth : 32mm	Clearance: 24mm Depth : 24mm	Clearance: 25mm Depth : 28mm	Clearance: 32mm Depth : 40mm

또한 가이드라인에서는 원형, 타원형, 사각형과 같은 기본적인 형상 분류가 제시되지만, 실제 제품에서는 이러한 형상이 복합적으로 적용되거나 시각적으로 단순화된 형태로 구현되는 경우가 많다. 이는 최근 제품 디자인에서 나타나는 'seamless' 경향과 관련이 있으며, 조작 요소를 외부에서 최소화하거나 시각적으로 통합하려는 설계 전략과 연결된다.

4. Discussion and Conclusion

본 연구는 다양한 산업 분야에서 활용되는 인간공학 가이드라인을 분석하고, 이를 가전제품의 물리적 사용자 인터페이스(PUI)에 적용하는 과정에서 나타나는 특성을 도출하였다. 분석 결과, 기존 가이드라인은 노브와 버튼과 같은 조작 요소에 대해 치수, 힘, 간격과 같은 물리적 설계 변수 중심의 기준을 체계적으로 제공하고 있으며, 이는 다양한 사용자 조건에서 안정적인 조작과 안전성 확보에 효과적으로 기여하는 것으로 나타났다.

그러나 이러한 가이드라인은 실제 가전제품 설계에서 요구되는 다양한 설계 조건을 충분히 포괄하지 못하는 것으로 확인되었다. 특히 제품 설계 과정에서 고려되는 형태 다양성, 공간 제약, 그리고 사용자 경험 요소는 기존 가이드라인에서 제한적으로 다루어지고 있으며, 이에 따라 설계 적용 과정에서 기준의 재해석 또는 부분적 조정이 이루어지는 경향이 나타났다. 결과적으로, 기존 인간공학 가이드라인은 설계의 참조 기준(baseline reference)으로는 유효하지만, 소비자 제품 설계에서 요구되는 복합적인 설계 요구를 직접적으로 반영하기에는 한계가 있으며, 보다 확장된 설계 체계로의 발전이 필요함을 확인하였다.

이러한 결과는 기존 인간공학 가이드라인이 형성된 이론적·산업적 배경과 밀접하게 연결된다. 대표적으로 MIL-STD-1472 및 NUREG 계열 지침과 같은 전통적 인간공학 가이드라인은 인간 오류 최소화와 시스템 안전성 확보를 주요 목적으로 개발되었으며(U.S. Department of Defense, 2020; U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2019), 이에 따라 설계 기준은 다양한 조건에서도 안정적으로 적용 가능한 보수적 범위를 중심으로 구성되어 왔다. Sanders and McCormick (1993) 역시 인간공학 설계에서 안전성과 신뢰성을 핵심 목표로 제시하고 있으며, 이는 기존 가이드라인 구조의 기본 방향성을 설명한다.

그러나 소비자 제품 설계에서는 이러한 접근이 그대로 적용되기보다는, 사용자 경험과 감성 요소가 중요한 설계 변수로 함께 고려된다. Norman (2004)은 제품 사용 과정에서 감성적 반응이 사용자 만족과 제품 평가에 중요한 영향을 미친다고 설명하였으며, Jordan (2000) 또한 기능적 사용성을 넘어서는 즐거움 기반 설계의 중요성을 강조하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 물리적 조작 가능성 중심의 기존 가이드라인은 소비자 제품 설계 요구를 충분히 설명하기 어렵다.

또한 ISO 9241-210 (2019)에서 제시하는 사용자 중심 설계 원칙은 제품 설계가 사용 맥락(context of use)에 기반하여 이루어져야 함을 강조하고 있다. 본 연구에서 확인된 바와 같이, 동일한 인터페이스 요소라도 제품 유형이나 사용 환경에 따라 설계 적용 방식이 달라지는 것은 이러한 맥락 의존적 특성과 관련이 있다. 이는 기존 가이드라인이 특정 산업 환경을 기반으로 개발되었기 때문에 다양한 소비자 제품 환경을 포괄하지 못하는 구조적 한계를 가지고 있음을 시사한다.

더 나아가, Desmet과 Hekkert (2007)가 제시한 제품 경험(product experience) 프레임워크는 제품 사용이 기능적 수행 뿐만 아니라 감성적 반응과 의미 해석을 포함하는 다차원적 경험임을 강조한다. 이는 PUI 설계에서도 물리적 조작 특성 뿐만 아니라 촉각적 피드백, 조작 감각, 시각적 통합성과 같은 요소가 중요한 설계 변수로 고려될 필요가 있음을 의미한다.

본 연구는 가이드라인 문헌 분석을 기반으로 PUI 설계 기준의 특성을 도출하였으나, 몇 가지 한계를 가진다. 본 연구는 실제 사용자 실험이나 정량적 성능 평가를 포함하지 않은 문헌 기반 분석에 초점을 두고 있다. 따라서 가이드라인과 실제 설계 간의 차이가 사용자 성능이나 만족도에 미치는 영향을 직접적으로 검증하지는 못하였다. 이러한 문헌 기반 연구의 한계를 보완하고 도출된 결과의 객관성을 확보하기 위해, 가전제품 PUI 설계 인간공학 실무 담당자 5명을 대상으로 추가적인 심층 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰 결과, 실무자들 역시 최근 가전제품의 심미성 강화 및 공간 제약으로 인해 기존의 전통적 가이드라인을 그대로 적용하는 데 한계를 겪고 있으며, 감성 및 디자인 요소가 통합된 새로운 형태의 설계 지침 프레임워크가 필요하다는 본 연구의 결론에 동의하였다. 향후 연구에서는 실험적 방법을 통해 물리적 설계 변수와 사용자 경험 간의 관계를 정량적으로 분석할 필요가 있다. 또한 분석 대상이 노브와 버튼과 같은 전통적 물리 인터페이스에 제한되어 있어, 터치 인터페이스와 같은 최신 인터랙션 형태를 충분히 반영하지 못하였다. 최근 가전제품에서 디지털 인터페이스의 비중이 증가하고 있는 점을 고려할 때, 다양한 인터페이스 유형을 포함한 확장 연구가 필요하다.

References

Desmet, P.M.A. and Hekkert, P., Framework of product experience, *International Journal of Design*, 1(1), 2007.

Hassenzahl, M., The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. *Human–Computer Interaction*, 19(4), 319-349, 2004.

Hsieh, H.F. and Shannon, S.E., Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288, 2005.

ISO (International Standards Organization), *ISO 26800:2011, Ergonomics—general approach, principles and concepts*. Geneva: ISO, 2011.

ISO (International Standards Organization), *ISO 9241-210:2019, Human-centered design for interactive systems*. Geneva: ISO, 2019.

ISO (International Standards Organization), *ISO 9241-20:2021, Ergonomics of Human-System Interaction. Ergonomics of Human System Interaction Part 20. accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services*. Geneva: ISO, 2021.

Jordan, P.W., *Designing Pleasurable Products: An Introduction to the New Human Factors*, Taylor & Francis, 2000.

Kang, J. and Park, Y., A study on the dimensions of quality of new products, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 27(2), 20-46, 1999.

Kang, S., Park, J., Jang, T., Hwang, S. and Lee, Y., "A study on ways to improve the ergonomic suitability of digital recorder buttons", *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea*, (pp. 376-379), 2009.

Karwowski, W., Taiar, R., Rodrick, D., Sherehiy, B. and Fox, R.R., Human factors and ergonomics standards. In G. Salvendy and W. Karwowski (Ed), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, John Wiley & Sons, Inc., 1305-1350, 2021. https://doi.org/10.1002/9781119636113.ch50

Lee, K., You, H., Kwon, O. and Jung, M., "Development of process to derive PUI design guidelines", *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea*, (pp. 355-358), 2007.

Norman, D.A., *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*, Basic Books, 2004.

Park, J. and Im, Y., Comparative study on domestic and foreign human dimension for product design: focused on Korean and American anthropometric data, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 41(4), 317-325, 2022.

Sanders, M.S. and McCormick, E.J., *Human Factors in Engineering and Design*, 7th ed., McGraw-Hill, 1993.

U.S. Department of Defense, *MIL-STD-1472H, Department of Defense Design Criteria Standard - Human Engineering, U.S. Department of Defense*, Washington, DC, 2020.

U.S. Nuclear Regulatory Commission, *NUREG-0700, Human-System Interface Design Review Guidelines, Rev 3*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2019.

Author listings

Youngjae Im: ergoim@deu.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Associate Professor, Department of Ergonomics Engineering, Dong-eui University
Areas of interest: Human-computer Interaction, Product Development, Usability Evaluation

Jaekyu Park: ergopark@gmail.com
Highest degree: PhD, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Assistant Professor, Department of Bigdata & Management Engineering, Namseoul University
Areas of interest: PUI, Human-computer Interaction, Affective Design