

KANO 모형 기반 안전요구사항 평가

이 세 정* · 장 성 록* · 서 용 윤**

*부경대학교 안전공학과 · **동국대학교 산업시스템공학과

Assessing Safety Requirements Based on KANO Model

Sejung Lee* · Seongrok Chang* · Yongyoon Suh**

*Department of Safety Engineering, Pukyong National University

**Department of Industrial and Systems Engineering, Dongguk University

Abstract

As the first step of risk management, risk identification is inevitable to understand the degree of work safety. However, the safety requirements can be divided in necessary factors and additional factors. Thus, we propose a safety requirements assessment model using Kano model derived from Herzberg's two-factor theory, classifying safety requirements into ideal elements and must-be elements. The Kano model is usually applied to evaluate customer satisfaction divided into three major requirements in the fields of product development and marketing: attractive, must-be, and one-dimensional requirements. Among them, attractive requirement and must-be requirement are matched with ideal element and must-be element for safety requirement classification, respectively. The ideal element is defined as preventive safety elements to make systems more safe and the must-be element is referred to as fatal elements to be essentially eliminated in systems. Also, coefficients of safety measurement and safety prevention are developed to classify different class of safety requirements. The positioning map is finally visualized in terms of both coefficients to compare the different features. Consequently, the proposed model enables safety managers to make a decision between safety measurement and prevention.

Keywords : Safety requirements, Kano model, Safety measure, Safety prevention

1. 서론

산업현장에서는 불안정한 상태 혹은 행동을 확인하여, 위험을 제거하여 안전상태를 유지하고자 노력하고 있다. 즉, 산업현장의 위험성 관리는 일반적으로, 위험이 존재하고, 그 위험이 안전상태에 영향을 미친다는 전제를 가지고 있다. 위험성 평가를 위험성에 따른 상태만을 고려하고 있는 것이다.

그렇다면 위험이 드문 현장은 안전관리를 할 필요가 없는가? 안전장치 혹은 설비 중 간단한 예시 두 가지를 생각해 보자. 첫 번째는 교통신호체계인 신호등, 두 번째는 지하철의 스크린도어이다. 두 가지의 안전장치의 설치동인(motivation)은 같을까? 신호등의 경우 고장이 발생하면, 치명적인 사고를 유발할 수 있는 반드시 관리해야 할 위험

성과 관련한 상황이다. 그러나 신호등이 잘 작동한다고, 운전자가 안전하다고 크게 인지하지는 못한다. 신호등은 반드시 필요한 안전설비이기 때문이다. 반면, 지하철의 스크린도어는 설치하면 사고를 미리 방지할 수 있는 안전설비이다. 스크린도어가 있으면, 자살이나 끼임방지 등을 방지할 수 있지만, 없다고 고객이 지하철을 탈 때 위험하다고 생각하는 설비는 아니다. 즉, 없으면 위험하다고 느끼지만 있다고 안전하다고 느끼지는 않는, 혹은 있으면 안전하지만 없다고 위험하다고 느끼는 심리가 안전설비에 있어서 다르게 작용하고 있다.

이와 같이 안전요구사항은 위험성(risk)과 안전성(safety) 등 안전설비의 목적과 특성, 안전점리의 동인이 다름에도 불구하고, 이에 대한 차이를 부각하며 위험성을 평가하는 연구는 이루어지지 않고 있다[1, 2]. 그러나 앞

†Corresponding Author : Yongyoon Suh, Department of Industrial and Systems Engineering, Dongguk University, 30, Pildong-ro 1-gil, Jung-gu, Seoul, E-mail: ysuh@dgu.edu

Received August 24, 2023; Revision September 21, 2023; Accepted September 25, 2023

서 주지했다시피, 현재 시스템의 위험성이 크지는 않지만, 잔류위험을 더 없애기 위하여 이상적인 예방안전시스템 구축이 필요한 요구사항도 있기 마련이다. 즉, 안전시스템의 안전요구사항 파악 및 평가를 위하여 (1) 필수적으로 안전조치해야 할 위험요인과 (2) 안전조치하면 이상적인 안전상태를 유지할 수 있는 안전요인으로 요구사항을 구분할 필요가 있다.

- 필수적(must-be) 요인 : 시스템에 설치되지 않거나 필수적으로 제거하지 않으면, 현재 시스템의 위험도가 올라가는 요인
- 이상적(ideal) 요인 : 시스템에서 조치하지 않더라도 위험도가 올라가지는 않지만, 시스템에 도입하고 적용하면 안전도가 향상되는 요인

본 연구에서는 이와 같은 안전요구사항의 차별성을 평가하기 위해, 이론적·방법론적 연구체계를 Kano 모형을 중심으로 제시하고자 한다. Kano 모형은 Herzberg의 심리학 이론인 위생(hygiene) - 동기(motivation)의 2요인(two-factor) 이론을 확장한 요구분석 방법이다[3]. 2요인 이론은 안전관리의 심리학 이론으로도 언급되고 있으며, 이를 응용한 Kano 모형은 마케팅 혹은 제품개발에 많이 활용되고 있다. 구체적으로, Kano 모형은 위생요인을 필수적(must-be) 요구사항으로, 동기를 매력적(attractive) 요구사항으로 구분하고 있다[4]. 위험성과 안전성과 관련한 요구사항에 있어서, 필수적 요구사항은 필수적 위험요인, 그리고 매력적 요구사항은 이상적 안전요인으로 대응할 수 있다. 이에 따라 본 논문에서는 실제 산업현장의 필수적 위험요인과 이상적 안전요인을 확인하기 위하여, Kano 모형을 활용한 안전요구사항 평가 모형을 제시한다. Kano 모형 접근법은 안전관리자에게 위험요인에 대한 고려뿐만 아니라 시스템 개선에 도움이 될 수 있는 예방안전요인을 동시에 고려함으로써 안전관리의 범위를 확장시킬 것으로 기대된다.

2. Kano 모형

Kano 모형은 일본의 노리아키 카노 교수가 소비자 품질 혹은 마케팅 전략을 위해 개발한 요구사항 분석 모형이다[2]. Kano 모형의 강점은 심리적 만족도에 따라 요구사항을 정성적으로 다르게 구분할 수 있다는 점이다. 구체적으로, 심리적 만족도를 Herzberg의 2요인 이론의 위생-동기 이론에 응용하여 필수적 요구사항과 매력적 요구사항으로 구분하였다[3]. 가장 널리 알려진 심리학 이론인 Maslow의

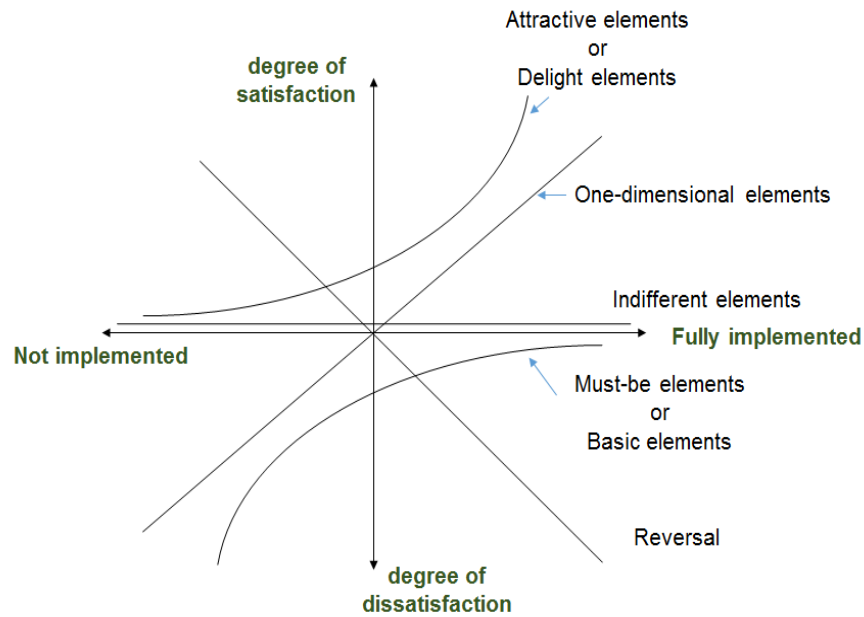
5단계 동기이론의 경우에는, 위생요인(위생, 안전 요인)이 충족되면 보다 고차원의 동기요인(자기존중, 자아실현)으로 점차 상승되는 5단계 이론을 제시하였다. 즉, 위생과 동기는 연속적으로 증감한다는 모형이다. 그러나 Herzberg는 위생요인이 아무리 충족되었다 하더라도 동기요인이 만족되는 것은 아니며, 동기요인이 충족되기 위해 위생요인이 기본적으로 제공될 필요는 없다는 단절된 2요인 이론을 제시하였다. 보다 쉽게 말해, “위생적이지 않다”의 반대 개념은 “위생적이다”일뿐, “동기를 가진다”라는 자아실현 단계로 올라가지는 않는다는 뜻이다.

Kano 모형 역시 물질의 제공 정도에 따른 인간의 만족도를 Herzberg의 2요인과 같이 만족도와 불만족도로 구분하였다. 즉, 만족도의 반대는 “만족하지 않는다”고 말할 수 있을 뿐, “불만족스럽다”는 다른 차원의 심리라는 것이다. 반대로 불만족도의 반대가 “불만족스럽지 않다”일뿐 “만족하다”는 아니라는 의미이다. Kano 모형은 이를 마케팅에 적용하여, “제공되지 않으면 불만족스럽지만, 제공된다고 만족하지는 않은 요구” 그리고 “제공되지 않아도 불만족스럽진 않지만, 제공되는 경우 만족스러운 요구”를 각각 필수적 요구사항과 매력적 요구사항이라고 정의한다. 또한, Maslow의 위생-동기요인의 선형증감과 같이 제공정도에 따라 불만족도와 만족도가 선형적으로 증가하는 경우는 “일차원적 요구사항”으로 정의한다. Figure 1에서는 요구제공정도에 따른 만족도와 불만족도의 변화를 평가하여, 매력적 요구사항, 필수적 요구사항, 일차원적 요구사항을 간결하게 나타내었다.

이와 같은 요구사항들의 분류는 요구정도가 충분히 제공될 때(functional)와 제공되지 않을 때(dysfunctional)의 질문을 통해 고객 만족도를 평가함으로써 도출된다[6]. 예를 들어, 자동차 에어백의 제공여부에 따른 Kano 모형 요구사항의 분류는 Table 1과 같은 질문을 통해 Table 2와 같이 수행할 수 있다.

Kano 모형에서는 설문자가 질의에 응답한 요구의 수를 계상하고, 가장 많이 선택된 요구를 요구사항으로 결정한다. 만약 30명 중의 설문자 중 M으로 대답한 설문자(즉, functional은 2, 3, 4 그리고 dysfunctional은 5로 대답한 설문자)가 21명으로 가장 많다면, 자동차 에어백을 필수적 요구사항으로 결정한다.

이처럼 요구사항에 대한 상반된 만족도 질의를 수행하여 매력적(A: Attractive), 필수적(M: Must-be), 일차원적(O: One-dimensional)의 세 가지 핵심요구사항 외의 기타 요구사항으로도 분류할 수 있다. 무관심(I: Indifferent) 요구사항은 설문자가 크게 관심을 기울이지 않는 사항이며, 의문적(Q: Questionable) 요구사항과 역(R: Reversal) 요구사항은 일반적으로 잘못 대답한 설문 항목으로 분류할 수 있다. 따라서 유의한 요구사항은 M,



[Figure 1] Types of customer needs in Kano model

O, A, I이며, 이는 만족도 지수와 불만족도 지수를 도출하는데 주로 사용되고 있다.

이와 같이 요구사항의 심리학적 차이를 효과적으로 제시할 수 있는 Kano 모형의 강점은 마케팅이나 제품개발에서 차별적인 고객분류(segment) 분석과 유형에 따른 맞춤화(customization) 전략, 고장유형, 서비스품질 연구 등에 많이 활용되고 있는 이유이다[5-7]. 그러나 아직까지 위험도와 안전도를 동시에 고려한 모형개발이나 유형화 등 안전요구사항 평가에 Kano 모형을 사용되지 못하고 있다.

<Table 1> Questionnaire sheet of Kano model

Type	Question	Item
Functional	How do you feel if the car has airbag?	1. Awesome 2. Satisfied
Dysfunctional	How do you feel if the car has no airbag?	3. Neutral 4. Dissatisfied 5. Awful

<Table 2> Kano model evaluation

		Dysfunctional questions				
		1	2	3	4	5
Functional questions	1	Q	A	A	A	O
	2	R	I	I	I	M
	3	R	I	I	I	M
	4	R	I	I	I	M
	5	R	R	R	R	Q

3. Kano 모형 기반 안전지표 개발

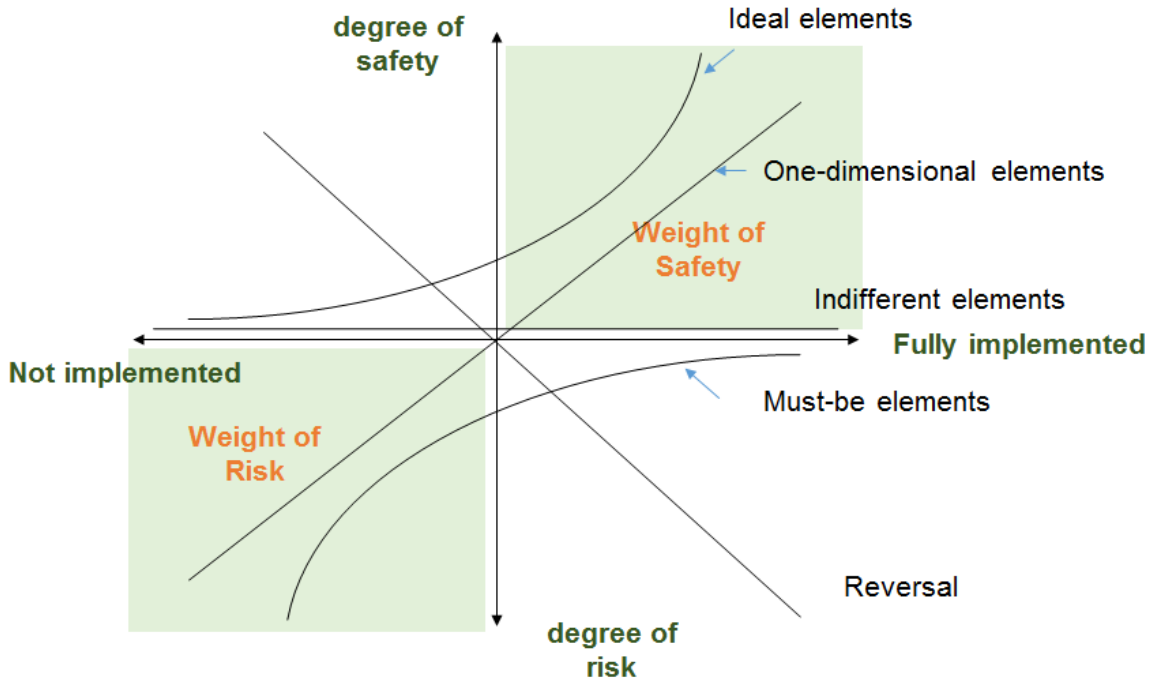
3.1 평가모형개발

본 연구는 Kano 모형의 질문항목과 응답항목을 안전요구사항으로 수정함으로써 평가모형을 개발하고자 한다. 이를 위해, 안전요구사항에 대해 만족도·불만족도에서 안전성·위험성으로의 개념적 변환이 필요하다.

- 불만족하다 = 위험하다
- 불만족스럽지 않다 = 위험하지 않다 ≠ 안전하다
- 만족하다 = 안전하다
- 만족스럽지 않다 = 안전하지 않다 ≠ 위험하다

결과적으로 “위험하지 않다”와 “안전하다” 혹은 “안전하지 않다”와 “위험하다”가 동치의 개념이 아닌 상이한 개념으로 이해하는 것이 Kano 모형 기반 안전요구사항 평가의 핵심이다. 본 연구에서는 안전요구사항에 있어서 “매력적 요구사항”은 예방안전도를 향상시키는 “이상적(ideal) 요인”으로 용어를 수정하였다. 이에 반해, “필수적 요구사항”과 “일차원적 요구사항”은 “필수적 요인”과 “일차원적 요인”으로 기존의 용어를 차용하였다.

Figure 2는 Kano 모형의 “만족도-불만족도”를 “안전도-위험도”로 치환한 새로운 평가모형을 나타낸다. 이와 같은 평가를 위해서 Table 3과 같이 Item의 Awesome을 Safe, Awful을 Dangerous로 변환하여, Kano 모형 기반



[Figure 2] Safety requirement based on Kano model

안전요구사항 평가를 효과적으로 수행할 수 있다.

$$\text{예방지수} : CP = \frac{ID + O}{ID + O + M + I}$$

<Table 3> Kano-based index assessment

Question	Item
How do you feel if the car has airbag?	1. Safe
How do you feel if the car has no airbag?	2. Good
	3. Neutral
	4. Bad
	5. Dangerous

위의 식에서, ID (이상적 요인), I (무관심적 요인)는, Kano 모형에서의 A (매력적 요구사항)와 I (무관심적 요구사항)를 각각 의미한다. 따라서, Table 2에서 예를 든 “자동차 에어백이라는 안전요구사항에 대한 위험도 지수와 안전도 지수” 는, M, O, ID, IN으로 대답한 설문자 수로 집계하여, 위험도와 안전도 지수를 계산한다.

3.2 안전요구사항 지수

앞서 주지했다시피, Kano 모형의 주요 특징으로는 매력적 요구사항을 고려하는 만족도 지수와 필수적 요구사항을 고려하는 불만족도 지수를 개발하여 요구사항을 평가하고 있다는 점이다[8]. 이 때, 의미 없는 의문적(Q), 역(R) 요구사항들은 제외하고 지수를 도출하고 있다. 본 연구에서도 불만족도 지수인 위험도를 즉시 개선조치가 필요한 조치지수(CM: Coefficient of Safety Measure)로 변환하고, 만족도 지수인 안전도를 예방지수(CP: Coefficient of Safety Prevention)로 변환하여 아래의 식과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{조치지수} : CM = \frac{M + O}{ID + O + M + I}$$

3.3 요구사항 평가 도구

위에서 제시한 안전조치와 안전예방 지수를 포지셔닝 지도(positioning map)로 시각화하여 설계요소의 특성을 관리하는 도구를 제공한다. 포지셔닝 지도는 경영전략에서 자주 사용되는 기법으로, 안전관리자에게 위험최소화와 안전최대화라는 두 가지 차원에서 시스템을 관리하도록 지원할 수 있다.

4. 안전요구사항 평가

기존 시스템의 주요설계요소에 사물인터넷(IoT) 기반 스마트 기술 도입여부를 안전조치와 안전예방 지수에 기반하여 평가하였다. 각 요인들이 현재 위험한 상태에 있는

것인지, 또는 위험하지는 않지만 반영하면 효과적인 요인들인지를 판별하기 위해서이다. Table 4는 7가지 안전조치 설계요인에 대한 Kano 모형 평가 결과이다. 이는 안전 관리에 대한 지식이 있는 대학원생 30명을 설문조사하여 나타난 결과이다.

대표적인 예시를 살펴보면, “MSDS 정보의 점검”은 유해화학물질의 정보나 두어야할 자리에 정위치되어 있는지 등에 대한 내용이다. 이에 대해 “유해물질 혹은 화학약품의 정보를 지속적으로 관리한다면 어떠한가?” 혹은 “지속적으로 관리하지 못한다면 어떠한가?”로 평가하였다. 그 결과 관리를 지속적으로 한다면 안전(safe)하고, 지속적으로 관리하지 못해도 위험하지는 않은(neutral or bad) 이상적(ID) 요인으로 대답한 사람이 17명으로 가장 많이 집계되었다. 따라서 “MSDS 정보의 점검”은 조치지수

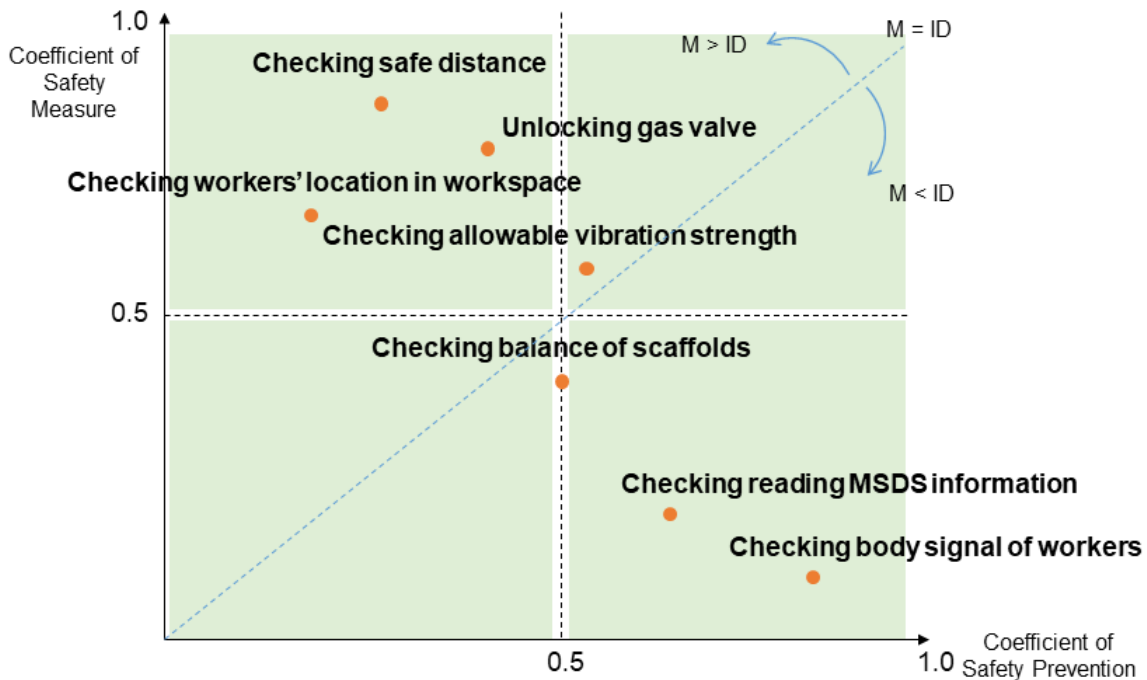
(0.20)보다는 예방지수(0.63)에 더 많은 가중치를 가지고 있는 요인으로 도출되었다.

또 다른 예로, “가스밸브의 점검”과 관련하여, “가스밸브를 지속적으로 점검하면 어떠한가?” 혹은 “지속적으로 점검하지 않으면 어떠한가?”에 대해서는 점검을 하면 보통(good or neutral)이지만, 점검하지 않으면 위험(danger)한 필수적(M) 요인으로 나타났다. 그러나 가스밸브가 있으면 안전(safe)하고 없으면 위험(danger)한 일차원적(O) 요인(11명)도 필수적 요구사항(13명)만큼 많이 집계되었다. 이 결과는 “가스밸브의 점검”은 조치지수(0.80)가 큰 요인지만, 일차원적 요구사항이 높은 비율을 차지하여 예방지수(0.43)도 비교적 높은 요인으로 도출되었다.

이와 같이 위험도와 안전도를 기준으로 Figure 3과 같이

<Table 4> Kano-based safety needs of IoT-based safety measure

Field	Safety Needs	M	O	ID	I	Type	CM	CP
Chemistry	Checking MSDS information	4	2	17	7	ID	0.20	0.63
	Checking gas valves	13	11	2	4	M	0.80	0.43
Construction	Checking allowable vibration strength	8	10	6	6	O	0.60	0.53
	Checking safe distance between human and heavy equipment	16	8	1	4	M	0.83	0.31
	Checking balance of scaffolds	3	9	6	12	I	0.40	0.50
Workspace	Checking body signal of workers	1	4	19	4	ID	0.18	0.82
	Checking workers' location in workspace	17	5	2	6	M	0.73	0.23



[Figure 3] Index positioning map of safety measurement

포지셔닝 지도를 구축하였다. 기본적으로 0.5 이하의 조치 지수와 예방지수를 수용가능하고 보수적이라 가정하였으며, 각각의 정도에 따라 그 다음 단계를 포지셔닝 지도에 표시하였다. 또한, 필수적 요인과 이상적 요인의 수를 같다고 고려했을 경우를 기준으로, 최상은 필수적 요인의 판정 수가 많은 경우 ($M > ID$), 우하는 이상적 요인의 판정 수가 많은 경우 ($M < ID$)의 설계요인으로 확인할 수 있다.

이는 안전관리자에게 설계요소의 즉시조치필요성과 예방필요성을 동시에 고려함으로써 작업을 우선순위화하여 단계적으로 스마트안전기술을 기획할 수 있다. 예를 들어, 현재 전체적인 시스템이 제대로 갖춰지지 않은 상태라면, 필수적 요인을 먼저 조치하여 위험도를 낮추는 작업이 필요하다. 반면, 시스템의 위험도가 상대적으로 낮은 경우는, 예방안전투자를 위해 안전도가 높은 이상적 요인을 도입하여 시스템을 개선하는 것을 우선적으로 고려할 것이다. 따라서 포지셔닝 지도를 구축하여, 기존의 위험한 요인에만 한정된 의사결정이 아닌, 보다 안전한 시스템으로의 예방안전도 고려한 의사결정을 지원할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 “안전에 대해 느낄 때, 안전하지 않다와 위험하다가 동일한 의미일까?”라는 근본적 질문에서 시작되었다. 안전요구사항에 대한 사용자의 평가에 있어서 없으면 위험하다고 느끼는 요구사항과 없어도 위험하지는 않지만 있으면 안전할 것이라 생각하는 요구사항을 구별하였다. 본 연구에서는 Kano 모형을 통해 안전요구사항이 즉시 필요한 사항과 부가적인 요구사항이 있다는 점을 본 연구의 설문문을 통해서도 확인할 수 있다.

Kano 모형의 요구사항 유형은 시스템의 위험성(조치 요구사항)과 안전성(예방요구사항)을 동시에 고려하는 주요 평가방법론으로 활용하였다. 필수적 위험요인은 필수적 요구사항으로, 이상적 안전요인은 매력적 요구사항으로 상응시켜, 두 측면의 요인평가를 수행하는 모형을 새롭게 제시하였다. 또한, 안전관리자로 두 가지 측면에서 시스템 안전을 바라볼 수 있는 새로운 안전요구사항 평가 체계를 구축하였다는 점도 큰 기여점 중 하나이다. 즉, Kano 모형 접근법은 안전관리자로 하여금 해결해야 할 위험요인과 함께 더 효과적인 안전을 보장할 수 있는 안전요인을 동시에 고려하도록 하는 장점이 있다.

그러나 이와 같은 체계적인 장점에도 불구하고, 본 연구는 보완해야 할 부분이 있다. 첫째, Kano 모형 기반 정성적 평가에 치우쳐져 있어 정량적인 요구사항 평가가 어렵다는 점이다. 향후 정량적 평가와 함께 위험도 지수와 안전

도 지수를 고려할 수 있는 체계가 포함되어야 한다. 둘째, 산업별 혹은 사고별로 우선순위를 결정할 수 있는 가이드라인을 제시해야 한다. 현재 연구는 단순히 지수만을 계산하거나 포지셔닝 지도를 제시하였을 뿐, 필수적 위험요인이나 이상적 안전요인의 절대적인 우선순위비교는 수행하고 있지 않다. 불안정한 상태의 시스템에서는 단기적으로는 필수적 위험요인이 도입되어야 하지만, 이미 성숙한 시스템에서는 이상적 안전요인이 더 높은 가치를 지닐 수 있다. 따라서 상황과 환경에 따라 안전요구사항 반영의 우선순위 가이드를 제시하여, 안전관리자가 보다 합리적으로 설계 요구사항의 특성과 필요성을 판단할 수 있는 방법론으로 개선하는 것이 추후 요구된다.

6. References

- [1] S. Kim, J. Choi, D. An(2017), “Feature extraction for bearing prognostics based on frequency energy.” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, 16(2):128–139.
- [2] J. Lee, F. Wu, W. Zhao, M. Ghaffari, L. Liao, D. Siegel(2014), “Prognostics and health management design for rotary machinery systems—reviews, methodology and applications.” *Mechanical Systems and Signal Processing*, 42(1):314–334.
- [3] M. Hartono, T. K. Chuan(2011), “How the Kano Model contributes to Kansei engineering in services.” *Ergonomics*, 54(11):987–1004.
- [4] N. Kano, N. Seraku, F. Takahashi, S. Tsuji(1984), “Attractive quality and must be quality.” *Quality*, 14(2):39–48.
- [5] C. C. Chen, M. C. Chuang(2008), “Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design.” *International Journal of Production Economics*, 114: 667–681.
- [6] A. Shahin(2004), “Integration of FMEA and the Kano model: An exploratory examination.” *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(7): 731–746.
- [7] K. C. Tan, T. A. Pawitra(2001), “Integrating SERVQUAL and Kano's model into QFD for service excellence development.” *Managing Service Quality*, 11(6):418–430.
- [8] A. Shahin, S. M. Shahiverdi(2015), “Estimating

customer lifetime value for new product development based on the Kano model with a case study in automobile industry.” Benchmarking: An International Journal, 22(5):857-873.

저자 소개



이 세 정

부경대학교 안전공학과 학사 및 석사 취득.
현재 부경대학교 대학원 안전공학과 박사과정 중.
관심분야 : 산업안전, 인간공학



장 성 록

서울대학교 산업공학과 박사 취득.
현재 부경대학교 안전공학과 교수 재직 중.
관심분야 : 산업안전, 인간공학, 안전심리, 생체역학



서 용 윤

서울대학교 산업공학과 박사 취득.
현재 동국대학교 산업시스템공학과 교수 재직중.
관심분야 : 시스템안전, 기계학습, 안전경영