

원자력발전소에서 인적요소 문제 대응을 위한
인간공학 지침의 활용성 개선 방안

An Improvement of the Applicability of Human Factors Guidelines
for Coping with Human Factors Issues in Nuclear Power Plants

이용희, 이정운
한국원자력연구소
대전시 유성구 덕진동 150

요약

인적요소(human factors)가 원자력발전소(이하, 원전)의 효율성과 신뢰성은 물론 궁극적인 체계효용성(system effectiveness)을 결정하는 핵심요소의 하나라는 인식은 널리 확산되어 있다. 원자력 분야에서는 일찍부터 대형사고에 대비하기 위하여 인적요소를 다루는 인간공학 활동을 벌여왔다. 사용자 특성에 맞추는 기술에 대한 관심이 부각되는 상황에서 원전에 대해서는 안전성 심사는 물론 주기적안전성평가(PSR)를 통하여 다양한 인적요소를 관리하고 있다. 하지만, 실무에서 인간공학의 실무적용은 기대만큼 활발하지 못하고, 아직도 실무 방법론이 불확실하다. 본 논문에서는 인간공학 실무의 가장 일반적인 도구의 하나인 지침(guideline)에 대해서 그 실무 활용성(applicability)을 검토하였다. 최근 원전의 설계 혹은 운영관리에서 인간공학 지침이 활발하게 적용되어 인간공학 지침은 중요한 기반기술의 하나로 자리잡고 있다. 그러나, 지침에 포함되어야 할 인간공학적 고려사항의 항목은 날로 급격히 증가하는 반면, 제공되는 지침과 그 활용방식은 몇가지 점에서 한계가 드러나고 있다. 따라서, 지침의 활용에 한계점으로 작용하는 요인을 검토하고, 지침의 실무 활용성을 높이기 위한 방안을 제안하였다. 인간공학 지침의 특성에 대한 바른 이해와 실무활용 확대를 위하여, 정보항목 및 지침의 기준, 제공방식 등을 보완하여, 지침에 대한 실무자(practitioner)들의 부담을 줄이고자 하였다. 이러한 지침의 문제점과 제안 항목들은 원자력분야에 국한된 것이 아니므로, 국방, 항공, 통신, HCI, 제품안전 등 타산업 분야로 파급할 수 있을 것이다.

Abstract

Human factors have been well known as one of the key factors to the system effectiveness as well as the efficiency and safety of nuclear power plants(NPPs). Human factors engineering(HFE) are included in periodic safety review(PSR) on the existing NPPs and the formal safety assessment for the new ones. However, HFE for NPPs is still neither popular in practice nor concrete in methodology. Especially, the human factors guidelines, which are the most frequent form of human factors engineering in practice, reveal the limitations in their applications. We discuss the limitations and their causal factors found in human factors guidelines in order to lessen the workload of HFE practitioners and to improve the applicability of human factors guidelines. According to the purposes and the phases of HFE for NPPs, more selective items and specified criteria should be prepared carefully in the human factors guidelines for the each HFE applications in practice. These findings on the human factors guidelines can be transferred to the other HFE application fields, such as military, aviation, telecommunication, HCI, and product safety.

1. 서론

개인의 특성을 고려하도록 인적요소(human factors)를 다루는 인간공학의 중요성이 부각된 것은 최근 과학기술의 사회적인 영향력이 커진 이후로 더욱 강조되는 부분이다. 특히, 원자력발전소(이하, 원전)에서는 인적요소의 영향에 대하여 값비싼 경험을 가지고 있으며, 인간공학적 설계 검토, SPDS 등 운전지원 기능 설치, 인간 신뢰도 평가(Human Reliability Analysis) 등 다양한 노력을 기울여 왔다. 하지만, 정작 원전에서 인적요소를 다루는 인간공학의 실무 적용은 기대만큼 활발하지 못하다고 추정된다. 원전에서 인적요소가 전체 시스템의 효율성과 안전성은 물론 궁극적인 체계효용성(system effectiveness)을 결정하는 핵심요소라는 인식은 널리 확산되어 있으나, 설계 및 운영관리에서 적용 가능한 실무 방법론이 익숙하지 않고, 인간공학의 적용효과에 대한 인식방식도 불확실하기 때문이다.

본 논문에서는 현재 원전의 인간공학 실무에서 가장 빈번한 방식으로 사용되는 인간공학 지침(guideline)에 대해서 그 활용성(applicability)을 세부적으로 검토하였다. 성공적으로 기술을 자립한 국내 원전의 설계 및 운영 등 세부 분야별로 인간공학 지침의 실무 활용성을 평가하고, 실무자(practitioner)들이 인간공학 지침을 보다 효과적으로 활용하도록 지원하기 위해서 필요한 고려사항과 개선방향을 제시하였다.

2. 인간공학 지침의 현황 분석

원전은 그 우수한 경제성을 뒷받침하기 위해서 시스템의 효율성과 안전성을 유지하는 기술이 핵심이다. 원자력의 안전성에 미치는 인적요소의 중요성은 TMI, 체르노빌, 일본 JCO 사고 등으로 인하여 널리 인식되어 있다. 따라서, 안전성 측면에서의 인적요소에 대해서는 설계 인허가 심사 및 운영중인 원전의 주기적안전성평가(PSR) 등 실무가 매우 활발하게 진행되고 확대되고 있다. 우리나라는 원자력 기술의 중간 진입을 통하여 전략적으로 기술을 확보한 관계로, 세부적인 기술 기반을 보완해야할 부분이 많다. 인간공학 기술의 경우, 대부분 지침(guidelines)에 의하여 인적요소 관련 현안을 처리하고 있으므로, 원전의 인간공학 기술기반을 확보하는데 지침의 활용성이 중요한 의미를 차지한다. 그러나, 새로운 기기에 대한 요건 및 인 지적 측면과 조직 관리적 요소에 이르기까지 실무과정에서 지침에서 취급해야하는 인적요소의 항목은 날로 급격히 증가되고 확대되는 추세에 있다. 따라서, 원전의 인적요소 현안에 대응하기 위하여 인간공학 지침의 적절한 활용방안 확보가 시급하다. 본 연구에서는 원자력 분야의 다양한 실무과정에서 적용되는 지침의 활용성을 검토하기 위하여, 현재 원자력 분야에서 활용되고 있는 지침 및 그 특성을 분석하고 활용성의 개선 방안을 제시하였다.

가. 인간공학 지침의 유형

국내 원전 기술은 중간 진입으로 확보된 기술이므로 미국 등 원전 기술을 가진 선진국의 지침을 도입 적용하는 것이 자연스러운 상황이다. 현재 국내 원자력 분야에서 직접 혹은 참고로 활용되고 있는 인간공학 지침은 다음과 같은 범위로 파악된다.

- KINS-G-001 경수로 안전심사 지침 18절 등 규제기관 지침

- NUREG-0700, 0711, 0835, 0899 NRC 지침 및 NUREG/CR-5908, 6105, 6145, 6684 등
- IEEE-845, 1023, 1289, IEC-960, 964 등 원자력 관련 기준 지침
- EPRI-3659, 4370 등 INPO, NSAC 등 원자력 산업 지침
- HF-010, KNGR HFE-SGB 등 국내외 산업체의 자체 개발 지침
- ISO 9241 시리즈, ANSI HF100 등 산업체 일반 기준
- MIL Std-1472F, NASA-3000, FAA 등 타 산업분야 기준
- Woodson HDBK, Vancott & Kincade HDBK, Boff HDBK 등 학계의 지침

이들은 상위법규를 제외하고는 크게 직접적인 원자력 분야의 지침과 타분야의 지침 및 학계의 일반지침 등으로 구별할 수 있다. 설계 안전심사를 위해 KINS-G-001에 직접 언급된 업무나 항목을 제외하고는 원자력법 및 시행령/규칙과 과기부의 개별 고시 등에는 안전성을 위해 고려되어야 할 중요한 인적요소 및 업무목적에 따라 적합한 다양한 기준 및 지침이 활용 가능한 것으로 언급되어 있다. 그러므로, 원전과 관련된 인간공학 실무에서 적합한 지침의 선택은 실무자들의 자체 판단에 맡겨져 있다고 볼 수 있다.

기본적으로, 인간공학 지침 중에는 세부 인적요소별로 기준을 제공하는 요소지침과 인적요소에 대한 해결을 위한 인간공학 업무수행 방법에 대한 절차지침으로 분명하게 구별할 수 있다. 절차지침보다는 대부분 세부항목별 기준을 제공하는 요소지침을 실무에 활용하고 있다. 현재 활발하게 활용되고 있는 요소지침의 내용은 보통 다음과 같은 항목으로 구성된다.

- 제목 및 주제어(key-word)
- 정의 및 문제점에 대한 질의 내용
- 기술기준(criteria) : 한계치 및 권고치
- 적용절차 및 방법 :
- 사례, 해설 및 세부 확인을 위한 추가 정보

현재 이러한 지침의 구성항목들은 지침의 목적에 무관하게 거의 동일하다. 그러나, 지침의 목적에 따라 구성항목 및 내용이 달라져야 할 것이다. 다양한 목적을 가진 인간공학 업무에서 필요한 기준 및 지침항목에 대한 정확한 이해 없이는 바른 지침을 구성할 수 없으며 결과적으로 인간공학의 실효성을 거둘 수 없다. 또, 어렵사리 방대한 지침을 적용하고도 시스템에서 확실한 인간공학 적용효과를 얻지 못하는 현상을 보인다. 제공되는 지침의 성격과 목적이 다르면, 그에 따른 내용의 항목과 포함되는 정보의 성격도 전혀 다르다. 다음은 시스템의 수명주기(life-cycle)에 따른 인간공학 지침의 활용성을 구분하기 위해 지침에서 제공하려는 핵심 정보의 유형을 보다 세부적으로 분류한 것이다. 학술적인 기준을 제공하는 지침에 비하여 특정한 조건에서 도출된 한계치를 포함하거나, 특정 사업의 목적에 부합되는 엔지니어링 절차를 제공하는 지침도 있다. 이렇게 서로 다른 지침의 목적에 대한 정확한 이해가 전제되지 않으면 지침의 활용은 적절한 결과를 얻을 수 없는 것이 당연하다.

- 학술적 기준 제공 지침 : 특정한 조건부 요건
- 법적인 만족 기준인 규격 제공 지침 : 선별요건
- 평가 검사지 : 확인 항목중심의 점검표

- 엔지니어링 절차서 : 절차적 업무과정 중심
- 기술해설서 : 사례 중심

그림 1. 점검표 (Ergonomic Checklist)형 지침의 예

Concise display & minimum set of critical plant variables

Code	Statement	Page No.
N-0800-5-1-1	A concise display of critical plant variables will help the control room operator compare data from related plant functions and access the safety status of the plant.	1
I-5-1-1-1-a	It should be easy to compare data from related plant functions.	1
I-5-1-1-1-b	The safety status of plant should be easily judged whether it is normal or abnormal.	2
I-5-1-1-1-c	There should be a designated location for display showing current information and trend data.	3
N-0800-5-1-2	A predetermined minimum set of critical plant variables will help control room operators evaluate plant safety.	4
I-5-1-2-1-a	There should be critical plant variables.	4
I-5-1-2-1-b	There should not be any unnecessary critical plant variables for judging safety status of plant.	5
I-5-1-2-1-c	It should be possible to judge the safety status of plant with the predetermined minimum set of critical plant variables.	6

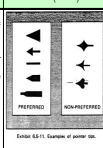
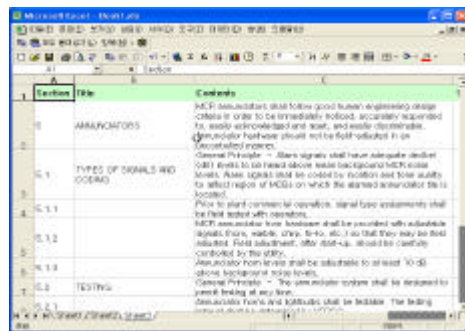
No.	Item	General Req.	Detail Req.	()	N/A	Yes	No	Ref./Comment
9.5.2.2	Pointers	a. Pointer (1) Pointer tips should be simple. Examples of preferred and non-preferred types are given in Exhibit 6.5-11. (2) Pointer tips should be selected to minimize concealment of scale graduation marks or numerals. (See Exhibit 6.5-8).	b. Pointer (1) Pointer tip should extend to within about 1/16 inch of (but not to scale overlap) the smallest graduation marks on the scale. (See Exhibits 6.5-8, -9, -10.) (2) Pointers should be mounted to avoid parallax errors.					

그림 2. 인간공학적 적합성 평가 실무양식 (Suitability Evaluation Form)의 예

			() 2001 8
		K-1	() 2001 8
	(NUREG-0700)		
		() 2001 8 7	() 2001/8/



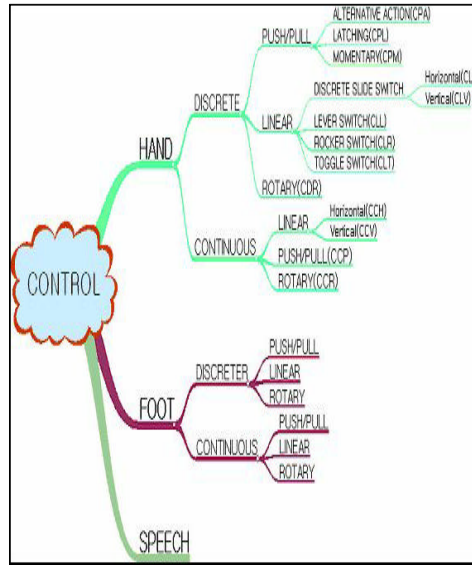
또한, 현재 활용되고 있는 지침의 대부분이 포함되는 인적요소의 항목수가 방대하다. 대부분의 지침들이 1000여가지의 일반적인 검토항목들을 모두 포함하고 있다. 예를 들면, 최근 전산관련 기기가 일반적인 작업환경의 핵심기기로 도입되어 작업환경 및 기기 관련 인적요소 항목만으로도 약1000여 가지의 새로운 검토항목이 지침에 추가되었다. 또한, 다양한 신제품과 신기술의 도입으로 검토가 필요한 중요한 인적요소 항목수가 날로 증가하고 인지적 관리적 요소 등으로 급격히 확대되고 있는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 설계검토에 활용되는 전형적인 인허가 지침인 NUREG-0700의 경우, 안전성 평가를 위한 검토항목이 985항에서 1639항으로 증가되어 개정되었다. ISO의 경우에는 현재 VDT 관련 인간공학 지침만 무려 15권의 표준을 제시하고 있다. 또한, 규제지침에 비하여 산업체의 실무지침은 선별적인 항목으로 구성되었음을 알 수 있다. 예를들면, EPRI 지침(1984)은 세부 분야를 5개로 구분하고 총 889개의 항목으로 구성되어 있으나, 국내 KOPEC에서 활용중인 HF-010(1999)의 경우 11 분야 311개 세부 기준 항목으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이런 상황에서는 인간공학 실무자들은 지속적으로 검토항목들의 범위를 확대하거나, 항목들의 중요성을 판단하여 포함할 것인지에 대하여 시행착오를 반복해야한다. 그렇지 않을 경우, 새로운 지침들에서 요구하는 끝없는 업무에 봉착하게 된다. 지침의 실무에 적용되어야할 항목의 범위에 대한 screening

기준이나 고려해야할 깊이에 대한 판단방법이 시급한 것을 알 수 있다. 인간공학 지침의 항목은 실무적으로 독립적이지 않고 절충되어야하거나, 밀접한 보완 관계를 가지고 있다. 따라서, 지침의 항목을 개별적으로 적용하는 것은 문제가 발생할 수 있다. 다음은 CFMS V&V와 차세대 지침개발에서 지침항목을 재구성하기 위하여 항목간의 연관관계 및 제어 및 표시기의 속성을 정리한 예를 보여주고 있다.

그림 3. 지침의 핵심어(Key-words) 및 속성항목의 계층구조 분석 (예)

Table 1. Keyword hierarchy

Top-level item (17 items)	Middle-level item (61 items)	Bottom-level item (68 items)
Concise display	Related plant function	
	Safety status of plant	
	Designated location	
Minimum set of critical plant variable	Critical plant variables	
	Unnecessary critical plant variables	
	Minimum set of critical plant variables	
Current and correct status	Current status of critical plant variables	
	Data accuracy	
	Lag consistency	
Display responsiveness	Accurate information of corrective action	
	Validation processes	
Real time validation	Results of validation	Graphic coding and highlighting
	Operating status	Messages
Operability evaluation	Date and time	Graphic coding and highlighting
	Acquisition of required information	
Magnitudes and trends of critical plant variables	Rate and direction of change	
	Rate of change value	
	Time history	
	Magnitudes and trends	Multiple cause considerations
	Fluctuation of trend rate	CRT display characteristics
	Resolution	
	Frequency bandwidth	
	Perceptual cues on abnormal operating condition	
	Perceptual cues enough for arousing attention	
	Recognition and readability	Easy recognition
		Unit integration and interference
		Assimilate panel contents
		Effective panel layout
		Sequence, frequency of use, and functional considerations
Readability		CRT display characteristics
		Symbols and characters
		Operator/display relationship
		Data presentation format
		Screen layout and structure
Convenient location	Personnel	
	Glare and luminance	Illumination
		CRT display characteristics
	Image control	



나. 실무자들의 지침에 대한 인식

원자력 분야에서 원전의 설계개발, 제작, 공급, 운영 관리, 인허가 심사, 학술 평가 등 다양한 인간공학 실무가 존재한다. 본 논문에서는 원전 관련 인간공학 실무경험자들의 의견을 수집하였다. 대부분의 인간공학 실무자들은 인간공학만을 전담하는 경우가 드물고, 계측제어 계통이나 훈련 등 관련 인접 분야의 실무를 겸하는 과정에서 인간공학 실무를 함께 담당하고 있다는 점이 특징이다. 또한, 관련된 업무를 맡기 전에 인간공학을 전공하지 않았고, 타 분야에서 인적요소의 중요성에 대한 인식을 얻어 주어진 지침을 실무에 충실하게 활용하는 방식으로 인간공학을 담당하는 경우가 많았다. 원자력 분야에서 요구하는 강력한 요건에 의하여 인적요소 관련 업무의 필요성을 인식하고 있으나, 인간공학의 실무적인 실효성에 대한 확신은 명확하지 않다. 따라서, 지침과 같은 상대적으로 제한된 소극적인 방식을 선호하는 형편이다. 현재 인간공학 실무자들의 인간공학 지침의 활용에 대한 인식은 담당 업무에 따라 다양하였으나, 몇가지 공통된 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- 인간공학의 중요성은 분명하게 인식하고 있으나 현실적인 기법이 불확실하여 몇가지 점검 항목에 의해 품질관리와 같은 보조적인 업무로 수행하고 있다. 따라서, 인간공학 지침의 적용은 품질관리 점검표와 유사하게 구체적인 결과가 드러난 후에야 적용 가능하다고 보고 있다. 인간공학 지침은 원전 시스템에 대한 의사결정 과정에서 주도적인 역할을 하는 경우는 드물다고 판단하고 있다.

- 인간공학 지침에 제시된 인적요소의 판단 기준(criteria)은 항상 일정한 것으로 보고 있다. 따라서, 적용 목적이나 해당 분야의 특성과는 무관하게 일정한 공통기준을 만족하도록 요구하거나 독립적으로 판단할 수 있다고 보고 있다. 그러나 실제 적용시에는 대부분의 항목에 대해 정해진 기준이 없으며 실무자 자신의 상식적인 개념에 부합된 수준의 기준이면 만족스럽다고 보고 있다. 체위나 스테레오 타입 등 일부 국가나 민족간의 차이를 보이는 특수한 항목도 있으나, 원자력 분야만의 응용을 위해서 별도의 연구개발을 투자하기는 어렵다고 보며, 현실적으로 외국의 기준을 참고로 활용하기도 한다.
- 인간공학 지침은 주로 검토(review)를 위한 것이므로 어느 정도 완성된 후인 확인 및 검증(V&V) 단계에서 본격적인 적용이 수행되는 것으로 보고 있다. 그러나, 시스템 개발의 말기인 확인 및 검증 단계에서 심각한 인적요소의 문제점들이 제기되더라도 현실적으로 해결이 불가능한 것을 잘 알고 있다. 그러므로, 가능한 지침의 조기 적용이 필요하다는 인식은 하고 있으나, 현실적으로 그런 실무적인 지침이 없어서 미루게 되는 이율배반적인 상황을 보이고 있다.
- 인간공학 지침의 모든 항목은 동일하게 중요하지만 모두 만족시킬 수는 없으므로, 가능한 많은 기준을 만족시키기 위하여 최선을 다하여 노력하고 있다. 따라서, 결국은 전체적인 지침의 만족 여부는 주관적인 판단에 의존할 수밖에 없다고 본다. 개별항목에서의 불만족이 종합적인 판단에 그리 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고 있다.

지침에 대한 실무자들의 이러한 인식과 활용경험은 결국 인간공학 지침의 활용성에 대한 긍정적인 동의를 얻지 못하는 현황을 만들고 있다. 어떤 면에서는 인간공학에 대한 충분한 이해가 부족한 원인에서 비롯된 것일 수도 있다. 그러나, 대부분의 실무자들이 인간공학자가 아니라라는 측면에서 볼 때, 지침 자체가 실무자들이 활용하기에 적합하지 않은 것으로 볼 수도 있다. 이러한, 측면에서 인간공학 지침의 개선점을 모색하기 위해서 이들의 인식과 경험을 반영하여 문제점을 정리하고 해결방안을 제시하는 것은 인간공학의 실무를 촉진하기 위하여 중요한 의미를 갖는다.

우선, 인간공학 지침의 특성에 대한 바른 인식과 실무적용검토가 없이 그대로 임의의 분야에 대한 실무지침으로 적용하거나, 외국의 지침이나 타분야의 지침을 원용하는 것이 이유가 된다. 또한, 실무활용을 위한 적절한 항목의 선별이나 및 활용방식에 대한 연구가 부진하여 방대한 항목 및 일반적인 기준을 가진 지침들이 대부분이다. 이는 실무자들에게 지침에 대한 업무부담으로 작용하여 활용성을 떨어뜨리고 있다. 그로 인해 많은 실무자들이 인간공학 지침의 적용 자체를 실무적으로 불가능한 것으로 간주하거나 개략적으로 확인하는 수준의 부작용을 낳고 있다.

3. 인간공학 지침의 문제점과 개선방안

인간공학 지침의 현황을 검토한 결과 활용성에 부정적인 요인으로 작용하는 문제점들을 지침 자체의 문제점과 활용 실무상의 문제점으로 구분하여 도출하였다. 또한, 지침의 실무 활용성을 높이기 위한 각각의 문제점에 대한 검토 및 개선방안을 다음과 같이 제시하였다.

가. 기술적인 문제점

원전에서 인적요소에 대한 지침의 활용성을 개선하기 위해서 원자력에서 인간공학 지침의 경험을 기반으로 기준(criteria)등 지침 자체의 기술적인 문제점을 다음과 같은 정리하였다.

(1) 제공 기준의 혼동 :

원자력은 안전성(safety)과 관련된 최소한의 기준을 만족하는 것이 우선이며, 수행도(performance)를 높이기 위한 기준은 추가적인 권고치(recommendations)로서의 의미를 가진다. 그러나, 지침에 이러한 기준의 두가지 상이한 목적에 대한 명시가 없고 활용시에도 주의하지 않는 경우가 많다. 예를 들면, 작업환경에 적합한 조명(illumination)에 대한 지침의 경우 최소 조명수준을 명시하고 있으나 안전성과 관련된 최소기준은 아니며, 일정 수준 이상의 조명에 대해서는 안전성 측면이 아니라 수행도를 높이기 위한 다양한 권고치가 존재할 수 있다.

(2) 기준의 과도한 보편성 :

구체적인 실무의 의사결정을 위해서는 매우 특성화된 지침이 필요하지만, 일반적으로 제공된 기준을 사용한다. 따라서, 여러 가지 경우를 모두 고려한 지침의 기준은 과도하게 보수적이고 예민한 도움이 되지 못한다. 원자력발전소의 특수한 경우에 국한된 고려사항만을 적용한 기준이 필요하지만, 다른 모든 상황을 고려한 기준은 과도한 보편성으로 인하여 불필요한 보수적인 기준을 요구하게 된다.

(3) 사용자 집단 고려 부족 :

인간공학적 기준은 반드시 특정한 사용자 집단(user population)을 고려한 기준이라야 한다. 그러나, 기존의 지침에서 제공되는 기준값들은 대부분 전체 인구에 대한 기준값이거나, 과거의 사용자 집단에 대한 기준들이다. 따라서, 지침들이 그러한 고려 필요성을 정확히 명시하지 않고 단순히 기준값을 제시하는 것은 오류의 원인이다. 예를 들면, 체위기준을 적용한 공간 규격 및 배치에 대한 지침에서 실제 사용자 집단에 대한 체위변화 추정이나 사용자 선발범위(selection criteria)에 대한 고려가 불확실한 것을 들 수 있다.

(4) 절충(trade-off) 관계의 고려 곤란 :

지침의 개별항목은 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 지침 자체는 개별적인 항목별로 제시될 수밖에 없으나, 어떤 조건에서는 다른 연관된 항목과의 절충을 고려해야할 필요가 빈번하다. 예를 들면, CRT 화면의 정보량 한계를 제한하는 cluster value가 17.5% 혹은 최대 40%로 제한되어 있으나, 그러한 제한값이 독립적인 요인에 대한 절대적으로 만족해야할 한계가 아니라 화면정보의 grouping과 coding 등과의 절충관계를 고려하여 충분히 조정 가능하다는 것을 고려해야 한다.

(5) 적용 배경의 고려 누락 :

지침의 내용이나 기준들은 특정한 배경(context)에 의존하는 경우가 많다. 그러나, 지침의 사용자들은 그 점을 간과하기 쉽다. 지침은 반드시 고려되어야할 배경의 내용을 포함하

여, 원전과는 전혀 다른 배경에서 요구된 지침을 요구하는 경우가 없어야 한다. 따라서, 원자력 발전소의 상황과 사용자 특성을 반영한 고유한 지침의 개발이 필요한 항목과 그렇지 않고 적용 배경에 대한 고려 없이 일반적으로 적용할 수 있는 항목을 명확히 구분하여 제공해야 한다.

어떤 시스템의 모든 인적요소들은 물리적인 설계요소들과는 달리 완전히 독립적으로 작용하지 않고 상호간에 밀접한 연관성을 가지고 있다. 이러한 고려가 부족한 지침으로는 모든 지침 항목을 만족하면서도 전체적으로는 인간공학적으로 뒤떨어지는 소위 *fragmentation problem*에 봉착할 위험이 있다. Yun & Lee에서와 같이 상호 절충관계나 배경고려가 가능하도록 지침항목을 체계화해야 한다. 또한, 지침의 활용목적과 경우에 따라 기준자체가 변경되어야 함을 강조해야 할 항목들이 많다. 예를 들면, 디스플레이의 설계에 적용되는 지침은 화면밀도에 대한 제한치는 다른 요소들과의 절충관계가 필요하며, 화면 색상의 개수에 대한 기준 등이 있다. 안전성을 확보하기 위한 지침의 기준들과 수행도를 높이기 위한 기준치는 엄격히 달라야 하며, 결과적인 영향의 크기에 따라 판단할 수 있도록 제공되어야 할 것이다. 안전성에 대한 규제 심사자의 지침에 요구된 기준을 설계시의 지침에서 똑같이 사용해서는 안될 것이다.

나. 활용상의 문제점

현재, 설계에 참고정보나 확인 및 검증 혹은 심사검토에 주로 적용되는 인간공학 지침의 실무 활용은 시스템의 수명주기 전반에 걸쳐 가능하다. 그러나, 그러한 수명주기의 단계에 대한 고려가 없이 임의의 지침을 도입하여 사용하는 것은 실무적인 문제를 야기할 수 있다. 다음은 인간공학 지침의 실무적인 문제점을 요약한 것이다.

(1) 비전문적인 전문가용 지침 :

대부분의 시스템 수명주기의 전단계에 걸쳐 인간공학 전문가들이 직접 인간공학을 수행하는 경우는 드물다. 옹어나 적용기준이 과도하게 인간공학적인 측면에서 작성되어 있어서, 이를 실무와 결합하는데는 상당한 노력이 든다. 대형시스템의 경우에는 인간공학자라고 하더라도 부분적인 역할을 할 수밖에 없는데, 실무와 연결될 수 있는 부분에 대한 고려가 없는 비전문적인 지침이다.

(2) 실무적 부담에 대한 배려 부족 :

인간공학지침의 대부분의 포괄성을 중시한 나머지 과도하게 많은 항목을 제시하고 있다. 예를들면, NUREG-0700의 메뉴 설계에 대한 규제자의 검토항목은 무려 56개의 질의사항으로 구성되어 있다. 이러한 많은 질의항목은 세부적인 현안이 있을 경우에는 아주 유용한 것이지만, 일반적으로 필요한 것은 아니다. 따라서, 실무자들이 과도한 분량의 지침을 실제로 적용하기를 꺼리는 경향을 낳고 있다.

(3) 업무 단계와 유형에 대한 고려 필요 :

업무단계별로 지침에 의한 인간공학의 적용이 가능한 부분에 차이가 있다. 대부분의 지침이 그러한 업무 단계에 대한 고려가 없이 한꺼번에 모든 일반적인 지침들이 제공되고

있다. 그 결과 내용은 매우 개괄적이면서도 양적으로 방대할 수밖에 없다. 실무자들은 특정한 단계에서 자신이 맡은 일에 맞추어진 특성화된 지침이 필요하다.

(4) 중요도 판단에 대한 정보 결여 :

인간공학 지침의 수많은 항목들은 분명히 동일한 비중으로 요구되는 것은 아니다. 앞에서 언급한 대로 안정성과 관련하여 절대적인 기준이 있고, 똑같은 항목이라도 권고치가 따로 존재하는 것이다. 더구나 항목간의 비중은 전혀 다르다. 현실적으로 중요한 것을 취사선택해야하거나 상호 절충관계를 고려해야할 경우가 많은데, 어떠한 비중과 관계로 지침의 세부항목을 취급해야하는지 정보가 없다.

(5) 기술현황 반영 결여 :

대부분의 지침의 개발 자체가 방대한 작업이므로 상당히 오랜 기간에 걸쳐 마련되고 오랜 기간동안 애용되는 편이다. 그러나, 기술과 기기의 급격한 발전으로 많은 인적요소들이 추가되거나 기준자체에 근본적인 변화가 발생하고 있다. 현재의 인간공학 지침은 그러한 현안의 변화에 대하여 민감하지 못하고, 새로운 기기 및 기술에 대하여 둔감하다.

또한, 이러한 한계점으로 인하여, 지침을 실제로 적용하는 과정에서 제기된 문제점이 실제로 체계적으로 관리되지 못하는 상황이 벌어지기 쉽다. 왜냐하면, 부분적으로 제기되거나 특정 단계에서 제기된 인간공학적 현안들이 이후의 인간공학 실무자들에게서 주관적으로 처리되거나 정확한 의도가 전달되지 못하고 무시되거나 반복되기 쉽기 때문이다. 따라서, 무엇보다 지침의 실무지원을 위한 특성화가 중요한 해결점이며, 설계의 지원을 위한 설계지침 (design guideline)이 시급하다. 또한, 공통적으로 인간공학 지침의 적용시에 실무를 위한 의사결정지원 및 관리 기능이 필요하다.

다. 지침의 활용성 보안을 위한 지원체계

설계지침을 위한 지침서의 기술적인 보완이 최우선 순위로 필요할 것이다. 그러나, 필요한 세부 기술항목에 대해서는 별도로 제시된 표를 참고로 전략적으로 선정해야할 것이다. 다음은 지침의 보완을 위한 조치가 필요한 항목들을 요약한 것이다.

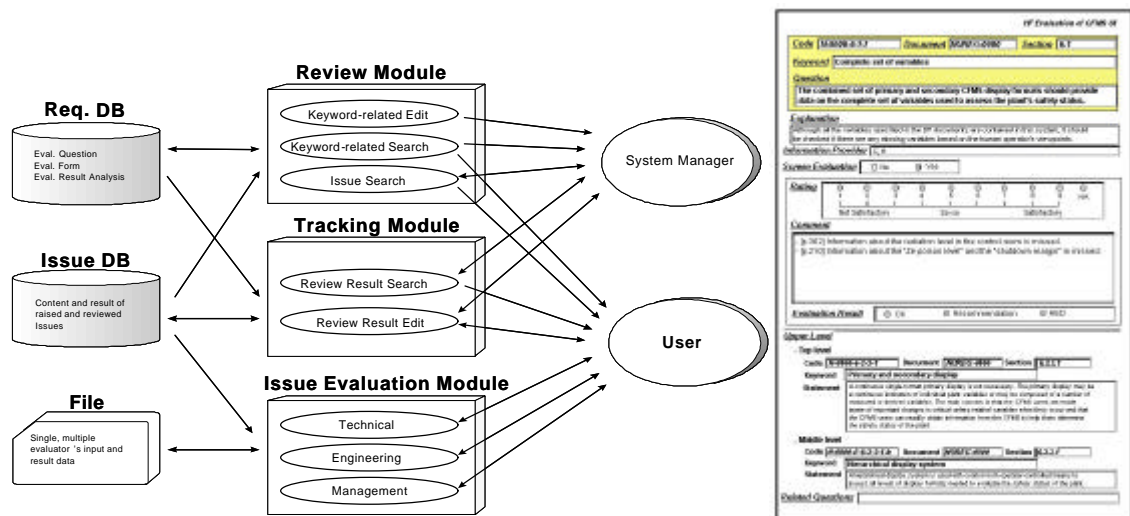
- 설계단계별 인간공학 실무 지침 개발 : 특히, 요건분석단계
- 계측제어 분야별 설계자용 지침 : feature별, 현안별, 중요도별 지침
- 고유 설계 내용에 따른 예시형 지침 구성
- 원자력의 고신뢰도 체계를 위한 보수적 인간공학 기준 확보
- 인간공학 반영 설계 의사결정 체계 추가

그중에서 인간공학 반영 설계 의사결정 체계 추가에 대해서는 설계 현안 관리 및 의사결정 지원 기능의 개발이 필요하다. 예를들면, 원전 계측제어 설계시에 개발 적용된 **DIMS(Design Issue Management System)**를 들 수 있을 것이다. DIMS는 원전의 계측제어 설계와 같은 엔지니어링 적용 과정에서 적용되어야할 인적요소의 기준 및 인간공학 요건을 Database로 포함하고, 이를 기반으로 실무지침 및 검토 결과에 따른 현안의 종합관리를 지

원하는 기능을 가지고 있다. 또한, 전산화된 자료를 이용하여 다양한 실무 양식을 제공하고, 설계관련 의사결정을 체계적으로 지원하도록 종합 관리하는 기능을 가지고 있다. 다음은 DIMS에서 제공되는 기본 기능을 요약하고 사용자 화면을 예시한 것이다. 이러한 지원기능의 실효성은 일부 원자력 분야의 사업에서 실제로 확인된 바 있다.

- 인간공학 기준의 설계 지침화 : 실무지원
- 현안 추적에 의한 계층제어 현안 관리
- 현안 도출 및 중요도 평가 : 설계의사결정 지원

그림 4. DIMS의 기능구조 및 DIMS 기반 실무양식



4. 결론 및 토의

원전의 효율성과 안전성을 유지하는 핵심기술로서 인간공학 지침이 부각되고 있다. 인적 요소에 대한 중요성 인식으로 인간공학 업무는 활발하다. 하지만, 지침의 특성에 대한 바른 인식과 실무활용을 위한 적절한 정보항목 및 제공방식에 대한 연구가 시급하다. 본 논문에서는 현재 원자력 분야에서 활용되고 있는 세부 요소들에 대한 기준인 요소지침을 중심으로 인간공학 지침의 실무 활용성을 검토하였다. 실무에서 활용성을 저해하는 문제점은 기술적인 미비 혹은 오해에서 출발된 것과 실무적인 원인 등을 유형별로 분석하고, 시급한 해결이 필요한 부분에 대한 해결 방향을 제안하였다. 지침의 사용 목적에 따라 제공되는 항목 및 적용 기준의 기술적인 근거와 제공 방식을 다양하게 변화시켜야 할 것이다. 그러므로, 인간공학의 실무 활용을 높이기 위하여 다음과 같은 분야에서 협력 효과를 얻기 위한 활동의 체계화와 이를 종합하기 위한 다음과 같은 기능이 시급히 마련되어야 할 것이다.

- 기초 : 고유한 혹은 용도별 기준 연구 및 실험
- 응용 : 실무단계/대상분야별 지침 개발, 교육
- 실무 : 현안관리 및 의사결정 지원 체계 확립
- 종합 : 지침 관련 종합적인 조정기능 (학회?)

설계 등 실무에 적용되는 인간공학적 고려사항의 항목은 날로 급격한 증가하고 인지적 요소 및 관리 및 문화적 요소에 이르기까지 확대되고 있는 상황에서 인간공학 실무자들의 애로점을 해결해주고 부담을 줄여주어야 한다. 국내 원자력 분야에서 인간공학의 인식이 높아지는 기회에 실무적인 인간공학 지침의 개선을 통하여 인간공학의 실효성을 높여야 할 것이다. 또한, 인간공학 지침의 문제점에 대한 본 논문의 분석과 제안된 개선항목들은 원자력 분야에 국한된 것이 아니라 인간공학계는 물론 국방분야, 통신분야, HCI 분야, 제품안전(product safety) 및 제조물 책임(product liability) 분야 등에서도 공통적으로 개선할 수 있도록 협력해야 할 과제로 보인다.

참고문헌

1. 구진영, 이용희, 이정운, 박재창, 이철권, 이현철, “원자력발전소 주기적 안전성 평가를 위한 MMI 평가의 방법론”, 한국원자력학회 2001 추계학술발표회, 2001.
2. 이용희, “원전 인간공학 설계지침의 문제점과 개선방안”, 제1회 원자력학회-전기학회 공동주최 계측제어기술 Workshop, 2001.
3. 이용희, 이정운, “인간공학 지침의 실무 활용성 검토 : 실무자들의 인간공학 지침 활용을 저해하는 요인의 해소”, 대한인간공학회, 2002년 춘계 학술발표회, 2002.
4. 이용희, 정광태, “Development of a Design Issue Management System(DIMS) for Human Factors Engineering in Nuclear Power Plants”, 대한인간공학회지, Vol.16, No.3, pp.77-87, 1997.
5. Yun, M. H. & Lee, Y. H. et al., “Development of a Systematic Checklist for the Human Factors Evaluation of the Operator Aiding System in a Nuclear Power Plant”, Int. J. of Industrial Ergonomics, Vol.25, Issue 6, pp 597-609, 2001.
6. KEPCO, “Human Factors Design Guideline for YGN 5&6”, HF-010, 1999.