



Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting

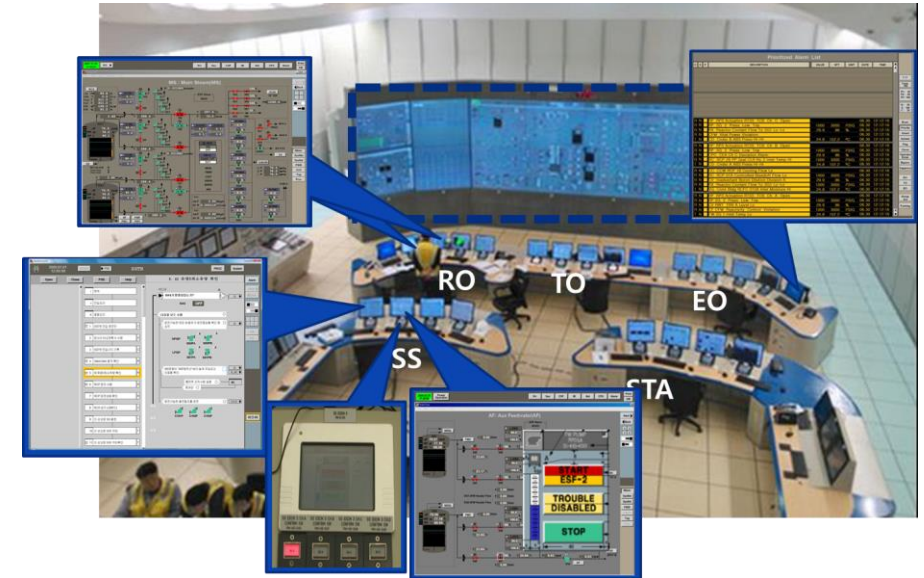
**Framework to Evaluate the Applicability of
Human Reliability Data for HRA Method Development**

Yochan Kim, KAERI

Introduction

- Digitalization of main control room (MCR)

- Computer-based procedure
- Digital information system
- Soft control
- Advanced alarm system
- Large display panel



- The need to develop **new HRA (human reliability analysis) method**

- New human-machine interfaces can affect human error probability and human performance
- Some HRA methods have been developed
 - MERMOS (EDF, France)
 - HuRECA (KAERI, Korea)
- An HRA method based on **empirical evidence** is required

Empirical Database for Digital MCRs

- APR1400 HuREX data from Korea Atomic Energy Research Institute
 - Obtained from APR1400 full-scope simulator
 - 45,000 data points with 50 PSF variable information
- MicroTask and database from IFE (Institutt for energiteknikk)
 - The results from 21 human reliability experiments
 - MicroTask: specialized experiment for information identification tasks
- HSSL (Human Systems Simulation Laboratory) and Microworld data
 - HSSL: a prototype of modern control room
 - Usability studies have been conducted
 - Microworld: simplified computer-based simulator
 - Human reliability experiments have been conducted
- Other experiments
 - KAIST, Chosen univ., KAERI, UNIST, Chinese univ.

Evaluation Features of Reliability Data

- Literatures

[2] Collier, S., Ludvigsen, J. T., & Svengren, H. Human reliability data from simulator experiments: principles and context-sensitive analysis. In Probabilistic Safety Assessment and Management (pp. 1480–1485). Springer, London, 2004.

[3] Presley, M., Boring, R., Ulrich, T., Medema, H., Mohon, J., Delvecchio, M., Massaiu, S., Bye, A., Park, J., Kim, Y., Julius, J.A. A Taxonomy and Meta-Analysis Template for Combining Disparate Data to Understand the Effect of Digital Environments on Human Reliability, PSA 2021, November 7 - 12, 2021, Columbus, OH, 2021.

[4] Laumann, K., & Skogstad, M. R. Challenge to Collect Empirical Data for Human Reliability Analysis—Illustrated by the Difficulties in Collecting Empirical Data on the Performance-Shaping Factor Complexity. ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg, 6(1), 2020.

[5] Prvakova, S., & Dang, V. N. A review of the current status of HRA data. In Safety, reliability and risk analysis: beyond the horizon: proceedings of the European Safety and Reliability Conference, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September–2 October 2013 (pp. 595–603). CRC Press, 2014.

[6] Kim, Y. Considerations for generating meaningful HRA data: Lessons learned from HuREX data collection. Nuclear Engineering and Technology, 52(8), 1697–1705, 2020.

[7] Basra, G., Dang, V., Fabjan, L., Dereviankine, A. A., Dusić, M., Furuta, T., ... & Zhang, Z. Collection and classification of human reliability data for use in probabilistic safety assessments. IAEA-TECDOC-1048, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria, 1998.

Evaluation Features of Reliability Data

카테고리	평가 요소	설명
수집 환경의 충실도	플랜트/시뮬레이터 기능의 현실성	데이터 수집 환경 배경이 실제 발전소의 인터페이스와 기능/발전소 동적 특성을 얼마나 충실히 반영하는가? 주된 구분으로는 paper-prototype, desktop simulator, partial-scope simulator, full-scope simulator, real accident 등이 있음.
	HRA 대상 플랜트와 데이터 수집 대상 플랜트 간의 유사도	데이터 수집 상황 배경이 HRA의 적용대상이 될 발전소와 얼마나 유사한가? (e.g., 수집환경에 구현된 자동화 시스템 기능, 절차서, 소프트웨어, crew dynamics 등에 관한 유사도)
	시나리오의 사고 상황 현실성	데이터 수집 상황에서 고려된 사고 시나리오들이 얼마나 HRA 적용대상과 유사한가? 주된 구분으로는 decontextualized, accident-like-vanilla, accident-like-complex 시나리오가 있음.
	관찰대상 행위자의 운전자 현실성	데이터 수집 상황에 참여한 피험자가 얼마나 HRA 적용대상과 유사한가? 주된 구분으로는 virtual agent, 일반인, 원자력 전공 학생, licensed operator, highly experienced operator 등이 있음.
데이터 수집의 품질	데이터 수집자의 전문성과 독립성	품질 높은 데이터를 수집하기 위하여 수집자 훈련 및 peer review, 이해관계 정의의 과정이 포함되어 있는가? 충분한 데이터 수집 훈련 여부와 peer review 수행 여부, 데이터 수집자와 최종분석결과자 간의 이해관계 충돌 수준으로 판단함.
	인적오류 평가 및 상황수준 평가 일관성	인적오류나 상황수준을 일관되게 평가하기 위해 평가 규칙을 생성하고 적용했는가? 주된 구분으로는 모든 영역 규칙 명시, 부분 명시, 명시 없음 등이 있음.
	수집되는 직무 및 상황정보의 범위	얼마나 다양한 직무와 상황정보 정보들을 수집하였는가? 관찰된 직무유형 혹은 인적오류 유형의 개수와 상황인자 관련 변수의 정의로 평가함
	단위 직무 및 인적오류 정의와 적용대상 방법론 내 정의 간의 유사도	데이터 포인트로 구별될 수 있는 단위 직무 및 인적오류의 정의들이 실제 활용될 HRA에서의 정의와 얼마나 유사한가? 예를 들어, 데이터의 수집은 key-stroke level task 단위로 이뤄졌으나, 실제 HEP를 정량화하기 위한 HRA는 event 단위에서 이뤄질 수도 있음.
데이터 분석의 통계적 유의성	인적오류 및 직무 상황에 대한 정성적인 묘사 수준	수집된 상황과 인적오류의 의미를 명확히 파악하기 위하여 추가적인 상황 설명 자료가 제공될 수 있는지 여부.
	분석 척도의 적절성	수집된 데이터의 종속변수 및 인적행위 평가 척도 HRA에 활용되기 적절한 형태인가? 어떤 척도로 데이터를 수집했는가? 주된 구분으로는 인적오류 발생여부, 인지부하 설문, 스트레스 설문, 상황인지 설문, 시간 등이 있음.
	분석 기법의 적절성	데이터의 분석결과가 인간신뢰도 및 상황인자 영향수준, 복구행위, 종속성에 관한 정량적 대표치를 적절히 보여주고 불확실성 한계를 유의미하게 제시하는가?
	수집된 데이터의 양	관찰된 전체 데이터 수 혹은 인적 오류 수는 충분한가?

Expert Elicitation for Evaluation Features

- Expert Elicitation Technique: Analytic Hierarchy Process
 - 8 HRA experts participated (all have over 10 yr. experience)
 - Rate importance by pair-wise comparisons

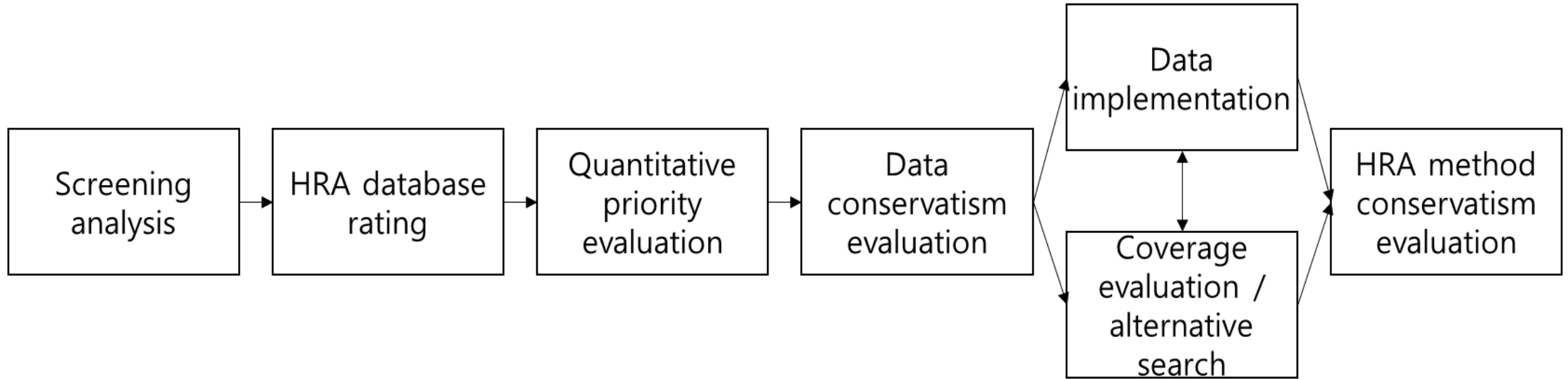


- Combine the expert ratings using the geometric mean calculation
 - Normalize the means of the weights

Weight for Evaluation Features

카테고리	카 테 고 리 가중치	평가 요소	평가 요소 가중치
수집 환경의 충실도	0.409	플랜트/시뮬레이터 기능의 현실성	0.099
		HRA 대상 플랜트와 데이터 수집 대상 플랜트 간의 유사도	0.082
		시나리오의 사고 상황 현실성	0.103
		관찰대상 행위자의 운전자 현실성	0.126
		데이터 수집자의 전문성과 독립성	0.066
데이터 수집의 품질	0.292	인적오류 평가 및 상황수준 평가 일관성	0.074
		수집되는 직무 및 상황정보의 범위	0.056
		단위 직무 및 인적오류 정의와 적용대상 방법론 내 정의 간의 유사도	0.057
		인적오류 및 직무 상황에 대한 정성적인 묘사 수준	0.039
데이터 분석의 통계적 유의성	0.299	분석 척도의 적절성	0.098
		분석 기법의 적절성	0.098
		수집된 데이터의 양	0.104

Evaluation & Use Process of Data



- Screening analysis: HRA의 대상이 되는 APR1400 환경에 활용되기 부적절한 조건의 데이터들을 평가 대상에서 제외함.
- HRA database rating: 본 연구에서 개발된 평가 요소별로 각 인간신뢰도데이터를 평가하여 HRA 적합성을 점수화함 (e.g., 요소별로 1~10점을 부여).
- Quantitative priority evaluation: 평가척도의 가중치를 활용하여, 각 인간신뢰도데이터의 적절성을 계산하고 순위화함.
- Data conservatism evaluation: 각 인간신뢰도 데이터가 가지고 있는 가정사항과 정의들이 HRA에 적용하는 과정에 관련하여 어떤 보수성/취약성을 가지고 있는지 기록함.
- Data implementation: 우선순위가 높은 데이터부터 활용하여 HRA 방법 개발 및 적용예제를 도출함
- Coverage evaluation and alternative search: HRA 방법 요소에 관련데이터가 적용되지 못할 직무/상황인지를 판단하여, 필요에 따라 차우선순위 데이터를 활용하여 우선 순위 데이터가 주지못하는 정보의 공간을 보충하는 데에 활용함
- HRA method conservatism evaluation: 사용된 데이터가 실제 인간신뢰도에 비해 충분한 보수성을 가지고 있는지 정리하여 방법론의 활용에 관한 참고 지침으로 삼음. 가능한 경우, 데이터 내의 존재할 수 있는 부족한 보수성을 극복하기 위한 전략들을 추가함.

Discussion

- Empirical data allows to underpin the HRA numbers for new operating environments
- It is crucial to know the advantage and limitation of each data
 - (Data were generated from different I&C configurations and team dynamics)
 - Understanding data collection environment is important
 - The meaningful information could be often produced by distinguishing applicable data, not mixed merging data
- Future work
 - Develop a regulatory-purposed HRA method for APR1400 systems