

인적오류에 대한 요인모델과 에러모델간의 관계분석으로 HEPM유추 -반도체 산업의 중심으로-

윤용구* · 박범**

* 삼성전자
** 아주대학교 산업정보시스템공학부

<http://hcl.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering - Human



1. 서론: 연구배경

1. 인적요인 대한 분석 및 문제점:

- 1) 수행인자의 선정 기준과 선정 하부평가 인자 구축에 대한 데이터베이스 부재
- 2) 다양한 모델을 적용키 위해 필요 인적요인 영향 기준 선정과 하부평가 인자 구축 연구미비
- 3) 인적요인에 대한 인적 오류 분석의 변별력과 인적요인에 대한 선택이 협의적인 과제 해결키 위한 세부하부인자에 대한 분석 연구 부족.

2. 기존 인적오류 분석의 다수 문제점 도출. (Chris Johnson et al., 1999).

- 1) 표준적이고 상용되는 인적 오류 분석 방법론 없음.
- 2) 인적 오류 모델링이 전문가의 주관적 해석에 의존.
- 3) 인적 오류 원인을 설명하는 기술이 있지만 에러 예측을 위한 일반 에러 모델이 빈약, 실시간 예측의 지원 없음.
- 4) 알려진 사고에 대해서만 인적오류 사항을 검토하고, 경미한 사고에 대하여 간과.
- 5) 단위시스템에서 개별적인 에러만 검토, 다중시스템상 에러는 동한시 하는 점.
- 6) 작업자 실수에서만 검토하고, 그룹과 팀은 간과하고, 조직에 대한 애로 요인 찾기 힘들.

<http://hcl.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering



2

인적오류에 대한 방법론

1. 인적오류에 대한 방법론

1) 인적요인으로 라스뮤센의 의사결정 모형(동적 오류 분류 체계): 작업자 의사결정 단계적 구성 사례). 한국원자력연구소: 인적오류를 줄이기 위해 확률론적 안전성평가(PSA)의 부분적인 인간신뢰성분석(HRA) 수행.

-> 선행단계로 직무 분석의 구조적 정보 분석: 분석을 위한 정보 D/B 구축 진행.

2. 국내

1) 원자력발전소를 대상으로 확률론적 안전요인(PSF) 선정 내용 분석과 인적 행위 개선 시스템이 진행중.

2) 작업방법의 형성과 작업의 물리적 수행: 시각적인 병행 문제 내제.

3) 기존인적 모델과 인적 오류 관련 분석 시스템은 인간의 오류 원인 분석과 신뢰도 측면에서 제2/3세대 분석 방법론과 HFPM을 연계해서 인적 오류 분석-> 인적오류의 기존모델의 문제점 분석 및 요인분석 및 인간공학적인 기존 인적과오 모델을 병합해서 세부적 모델 분석 필요.

4) 반도체 산업에서의 인간의 불안정한 행동을 인적요인과 인적오류로 연계시킴

-> Rasmussen과 Edward: 인적요인과 인적오류, Swain과 Reason: 과오유형도출-> 관계유추.

<http://hci.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering - Human Factors Lab



3

2. 본론: 인적 오류에 대한 기반 조건 환경

1. 인적 오류에 대한 기반(P.C.Cacciabue et al., 2005): 인적요인이 기술적인 시스템의 디자인과 안전평가 가운데 기술적인 집합체의 요인과 사용자(작업자)의 사고요인 제공자, 조정자의 적용
-> 인적요인 결정 역할은 공통 인식 평가에 의해 인적 오류부터 공감대 필수 불가결

: 기술적인 시스템의 본질적인 특성-

2. 인적요인의 함축적인 평가의 성취를 안전레벨 미비: 인적오류의 예방, 인적 기술과 인프라등
-> 오류의 연속적인 격리는 발생, 회복수준미비.

3. 인적오류는 사고와 안전관리에 중점

1) 인적오류 안전관리(HEAM)와 인적오류 위기관리 엔지니어링 시스템(HERMES)은 (P.C.Cacciabue et al., 2004) 인적 오류 관점에서 지속, 개선, 적용하기 위한 로드맵이 절대필요.

2) 안전 결정적인 요소와 안전의 지적(IOS: Indicator of Safety)의 기반위에 순환 안전검사에 대한 개발이 시급, 미래에 대한 인적 오류와 안전 수준에 대한 관심 필요.

3) HERMES를 통해 인적 오류는 사전 분석으로 평가와 정의와 평가와 할당을 통해 사후분석인 기술적인 사항과 유기적인 연계 필요.

HEAM: Human Error & Accident Management HERMES: Human Error & Risk Management for Engineering System

<http://hci.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering - Human Factors Lab



4

인적 오류에 대한 발생요인 도출의 견해

1. (Thomas B. Sheridan et al., 1981): 인적오류의 발생에 관한 이론은 미통일-> 과오에 관한 자료를 수립하는 목적 역시 의견이 미일치 있음을 지적.
2. (Mark S.Sanders & Ermest J.McCormick et al., 1987): 인적 오류에 관한 자료 정리와 평가, 결과를 이용하여 발생 방지할 수 있는 방향으로 유용성 제시로 평가되기 때문에 필요.
3. (A.D.Swain & H.E.Guttman et al.,1983)): 개인적이고 불연속적인 행위의 원인: 생략 과오(EO), 수행상의 과오(EC), 순서상의 과오(ES), 시간상의 과오(ET)구분.
->인적 오류를 인적요인에 의한 과오와 상황요인(Situation-Caused)에 의한 과오로 구분.
4. (H.Kragt et al., 1978): 인적 오류의 발생을 개인적 요인과 상황에 의한 요인으로 구분->
->오류가 발생(사고 성향적 상황),오류를 야기요인(과오 성향적 상황)제시.
5. (F.P.Lee et al., 1973)은 인적 원인에 의한 과오가 20%, 상황에 의한 과오가 80%를 차지.
-> 상황적 요인을 다루어야 한다고 주장->. 인적오류의 요인은 직,간접요인
-> 반도체산업에서의 인적오류 요인을 추출하고, 오류에 대한 요인의 단순성의 분석과 연계성을 추가해 기존의 인적오류 모델의 요인을 복합화를 반영이 필요.

EO:Error of Omission,EC: Error of Commission,ES: Error of Sequence,ET: Error of Time

<http://hci.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering



5

모델 개발의 절차의 흐름

- 1) 기존 인적오류모델 (Bagnara et al., 1989): 인적오류 분석 관점에서와 기존의 인적요인의 실패모형의 GEMS으로 인해 다른 틀에 의해 유사하게 분류로 개발.
->소프트웨어관점, 하드웨어관점, 환경웨어관점, 라이브웨어관점
즉 휴먼웨어관점에서 인적오류 사람, 하드웨어와 소프트웨어의 관계에서 사후고장을 근거:
-> 반도체의 사고요인의 수행영향인자 8개를 2차 분류화해서 도출.
- 2) 기존 인적오류모델을 기존 인적요인의 불안정한 행동/의사결정 :
->의도치 않은 행동과 의도한 행동의 기본타입: 합정, 생략, 실수, 위협측면->
->반도체의 사고 내용을 수행영향인자의 2차요인을 중심으로 분류해서 분석.
- 3) 2)에서 기본 여러 타입을 근간으로 반도체의 사고 3차요인을 근간으로 분류해서 에러의 분류화.
불안정한 행동의 의도와 의도치 않은 부분: 개인적이고 불연속적인 행위의 원인에 대한 분류.
- 4) 오류에 대한 다변량 분석(Multivariable Analysis): 하나의측정변수에 의하여 결과를 관찰,
여러 개의 개체와 변수와 측정해 다변량 자료에 대한 분석을 실시->
-> 변수들의 차원이 클수록 다변량 자료를 전체 파악난이:(주성분 분석) 오류에 대한 공분산 행렬 (고유 값/고유 벡터) 주성분을 이용. (고차원-> 저차원): 이상값이나 비정상적인 관찰 값구함.

<http://hci.ajou.ac.kr>

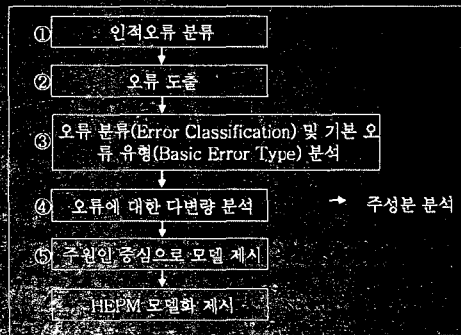
Ajou University Industrial Engineering



6

모델 개발의 절차

- 5) 4)의 절차에 의해 Mini-tab 주성분 원인을 유도-> 하나의 주성분을 도출
- > 기존 인적오류모델에서 사고요인의 2차 수행영향인자와 3차에 대한 오류의 인자:중요인자 유도.
- > 기존 인적오류모델을 이용: HEPM 관점-> 반도체의 인적 오류에 대한 최적안의 2차 요인과 3차의 오류를 모델 제시화



<그림 HEPM 절차 순서 다이어그램>

모델의 요인 추출

<검토항목>

- 1) 생산시스템에 분리할 수 없는 구성요소와 인간요소의 논리적인 부분이 고려.
- 2) 기존 모델은 소프트웨어, 하드웨어, 환경웨어, 라이브웨어의 구성요소중 인간오류의 관점에서 소프트웨어, 하드웨어, 라이브웨어의 재원으로 결정구조의 공간에 기준의 조합으로 정의.
- > 기존 모델을 근거로 중요요인들을 분류키 위해 유사점을 포함 많은 항목들이 개발필요.
- > 인적 오류 분석 분류가 실패와 오류와 실수등으로 유사성을 체계화할 필요:수행영향인자 즉 사고 요인의 일반성향을 보면 공통적인 일반성내제.

리스크의 평가 관점에서 보면 사고 요인의 인자들에 대한 리스크 팩터에 대한 관점 분류.

설비의 리스크팩터는 (Mirosljub Gro zdanovic et al., 2001)

$$M = S.Ex.P.Pr \dots\dots\dots(1)$$

S: 가능한 손해의 가치, Ex: 위험성의 폭로, P: 사고의 확률,

Pr: 예방의 가능성과 환경의 리스크팩터 또한

$$E = Wr + Erg + Ni \dots\dots\dots (2)$$

Wr : 작업 공간의 정리, Erg : 인간공학적인 상태, Ni : 다른 부정적인 영향인적요인의 위해요소

$$H = Q + PS + O \dots\dots\dots (3)$$

Q : 개인적인 자질, PS : 개인적인 정신적 능력, O : 일의 조작 수준

* R(Risk) = M.E.H (M/30)으로 표현.

3)반도체산업에서의 사고인자의 1차, 2차 요인을 중심으로 기존모델을 개정한 결과

->세부요인: 1차 요인 < 2차 요인

-> 소프트웨어 관점 < 라이브웨어로 분석 검토가 필요.- ACPM 모델 (2005년 추계 학술 대회 발표)

4)2차 요인에서 이중성을 보인 것은 1차의 사고 요인의 특성상 특화.

5)하드웨어 검사기준은 설비의 구성요소에 대한 리스크에 대한 설비의 인증 관점에서 검사기준.

6) 환경적인 측면의 평가기준은 작업환경에 필요한 작업장의 위해요소에 대한 평가기준.

7)라이브웨어에 기준의 의미는 사람에 대한 자질 관점의 작업자 평가기준임으로 세분화.

8)기존 인적오류 모델은 근본적인 원인이 1차 원인으로만 광범위하게 정의되어있는 실정의 현실태.

반도체 산업에서의 오류추출

1. 오류 추출은 인간이 가지고 있는 위협에 대한 대응 자세를 모든 기계로 대처하기에는 난제.

-> (Kim et al., 1998) 기계, 자동화환경도 인간의 능력이 개입치 않으면 인간의 예러는 미발생.

2.인간에러에 대한 연구는 다방면분야, 각종 산업계 및 반도체산업:인적오류에 대한 각종 문헌,

데이터베이스 수집이 요구 및 취약 ->sematech, isesh, semiconductor

1) 다각적인 학문 연구를 통한 연구성과를 현장에 적용 및 응용기술이 필요.

2) 반도체산업에서의 사고요인을 근거로 리즌의 에러를 도출해서 공통적인 요인을 파악하고 불안전요소를 제거시키는 것이 효율적

3) 인간과 관계된 인간-기계, 인간-인간, 인간-시스템의 부정확함으로 인한 실수나 과오 및 인지의 에러의 행동까지 반영해 도출하고 리즌 모델을 적용 및 응용.

4) 기존 인적오류의 문제점을 개선키 위해 복합화, 연계키 위해 요인도출로 리즌의 GEMS.

->(Rasmussen): 인간 에러는 숙련도 기본 수준에 따른 실행시의 실패에 따라 의도한 행동이

불가능하여 일어나는 합성과 생략 경우와 지식 정도의 계획에 따라 행동으로 실수나 실언 제시.

요인과 영향인자에 대한 분석

- 1.반도체의 사고요인 즉 수행영향인자를 적용 제시
 - 1)소프트웨어, 하드웨어, 인바이론먼트웨어, 라이브웨어를 분류 ->불안전한 행동과 상태 내재.
 - 2)소프트웨어는 기준에서 못미치고 사용조건에 안전조건이 부족한 개념의 미비, 실패, 불량다수.
 - 3)하드웨어는 미비, 불량, 오동작, 피로, 과부하, 크랙, 해지, 변형, 저하등으로 설비, 기계 및 자재등.
 - 4)인바이론먼트웨어는 미규정, 미절차, 미비, 과부하, 결여, 부족, 실수, 미준수등으로 작업환경과 작업에 필요한 인프라 부분에 대한 지식, 기술, 규율에 대한 에러 형태.
 - 5)라이브웨어는 사람과 조직과 연계된 영향인자로 미비, 미준수, 부족, 미숙, 생략, 부주의, 착시, 스트레스, 미통제등으로 에러 형태로 규정.
- 2.기존 인적오류의 3차 요인을 연계와 제시. S.R.K를 근간으로 해서 연계시킨 모델 S.H.E.L의 관계와 오류를 도출시키면
 - 1)기술-근거 주의 및 기억실패는 S.L과 지식에 연계: 미주의, 과주의, 부주의 중심의 실패,
 - 2)규율-근거 및 인식기본 실수는 H.E.L과 규율에 연계: 부적응이나 나쁜 규율에 대한 미준수,
 - 3)지식근거 적용 및 일상제외는 H.L과 발전적 학습에 대한 적용치 못한 미적용, 미숙련, 미지각, 미교육/미훈련등이 도출.

인적요인에 대한 1,2,차

	Soft-ware	Hard-ware	Environment-ware	Live-ware
1차	비가인	설비	작업	사람
	시스템	자재	환경	조직
	인간공학	관리/지식	감시/부하	역할/기질
	기준	검사/기준	관리	기술/목표
2차	구조	무기/평가/재질/노후/부식/원리/스트레스	표시	교육/훈련
	사용성평가	구조	직업방법/작업준비/직업절차/작업평가	조직/이해
	기능/용량	능률력	분류	인간공학
	폼-프로브	신뢰성	환경	인지/판단/지각
	절전/주기	결결	작업형태	지시/착시/생동
	레이아웃	부품	물	스트레스
	정보 공유	진동/하중	인프라	부차
	운영	바이러스	평가/기준	의식
	분쇄	디젤인	충진수단	직무기술
	바이러스	폼-프로브	모관	의사소통
	프로그램	인터록	모니터링	통제/문화

Edward의 S,H,E,L

Rasmussen의 S,R,K

< 표1 반도체산업에서의 가장된 HEPM 모델 : 1,2차 요인 >

인적오류의 3차요인

Soft-Ware	Hard-Ware	Environment-ware	Live-Ware
사용성미비	관리미비/활량	복잡성	미비
기준미비	운영/보수/변경미비	프로세스미비	미준수
평가미비	기준/점검미비	오디트미비	부족
설치미비	활량	미규정/미절차	미숙
실패	노후	부족	부주의
미선정	부식	생략	불필요행동
없음	저하	손실	미통제
사용불량	눈관리미비	미시행/미준수	결여
초과	부족	실수	착시
적합성불량	미주기	분석미비	스트레스
미동작	변형	이탈	미설정
조건미비	오동작	미정립	함정
구성불량	피로	과부하	생략
이중장치미비	크랙	정리정돈불량	미흡
	구조미비	초과	
	지시미비	과다	
	해지	정보공유미비	
	초과	결여	
	과부하	평가미비	
		기준미비/미수립/미준수	

Edward의 S.H.E.L Model과 Reason의 Model인자결합

< 표 2HEPM 모델의 오류 도출 >

오류분류 및 기본오류 유형

1. 여러 분류와 기본에러타입의 분석 중에서 오류의 분류를 발생요인측면에서 (A.D.Swain & H.E.Guttman et al., 1983) 불연속적인 행위의 원인에 대한 생략과오, 수행상의 과오, 순서상의 과오, 시간상의 과오를 1차적으로 분석한 부분을 (표 3) S.H.E.L를 근거로 적용.

2. 기존인적오류 모델에 대한 소프트웨어, 하드웨어, 인바이론먼트웨어, 라이브웨어를 4개의 A.D. Swain의 과오를 적용해서 전체적으로 그래프 (그림2).

(반도체산업)

1. 전체적으로 보면 반도체 사고요인을 오류 분류해 보면 결과 공통적으로 수행과오가 4개의 수행영향 인자 모델에 수행과오(EC)가 전반적으로 높게 수치됨으로 인간 행동시 인적과오는 큰 비중을 차지.

1) 반도체산업의 업의 특성상 인적요소외의 오류 요인인 수행은 곧 사람의 의존성이 크게 좌우됨.

그 다음 여러의 비중이 큰 것은 생략과오(EO).

2) 업무 특성상 시간과 신속대응에 대한 업무에 복잡성상태로 운영자나 작업자가 긴장상태로 인한 인적오류로 나타남.

3) 순서과오(ES)는 전반적으로 분포, 시간과오(ET)는 하드웨어적인 측면에서 다수 발생.

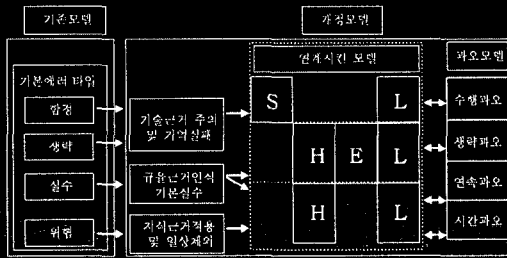
설비에 대한 유지, 보수, 개선에 대한 시간적인 오류가 인적오류로 나타남.

오류와 에러간의 모델의 Fusion 화

1. 라이브웨어에서 시간과오는 전혀 인적오류의 문제가 나타나지 않음으로 인적관리측면에서 시간적인 관리의 오류는 없는 반면에 이중성(EL & ES, EO & ES, EC & EO)이 다수 보임으로서 복잡성이 가장

1)전체적으로 보면 반도체에서의 사고에 대한 에러의 분류는 생략과오 20%, 수행과오 58%, 순서과오 11%, 시간과오 11%.

2)업무 수행에 대한 에러가 과반수 이상을 차지할 때 업무에 대한 수행능력 및 수행과정에 대한 업무 영역별 연구 검토가 되어야함을 제시-> 기본에러 형태를 오류의 분류에서 도출



<그림 1복합한 HPEM 개념도>

HEPM 추출 모델 개발: 혼합된 인자의 분석

No	Soft-ware	오류분류	Hard Ware	오류분류	Environment Ware	오류분류	Live Ware	오류분류
1	사용성미비	EC	관리미비/불량	EC	복잡성	EO	미비	EC
2	기준미비	EC	운영/보수/변경미비	EC	공정미비	EC	미준수	EC
3	평가미비	EC	기준/검정미비	EC	오너드미비	EC	부족	EC
4	설치미비	EC	불량	EC	미규정/미검차	ES	미숙	EO
5	구성불량	ES	조각	ES	평가미비	EC	생략	EO
6	잔폐	EO	미주거	ET	이탈	ET	부주의	EC,ES
7	조건미비	EC	구조미비	EC	정보공용미비	EO	환경	EO,ES
8	사용불량	EC	운관리미비	EO	분석미비	EC	견여	EC
9	이중상치미비	EC	부족	EC	과부하	EC	미흡	EC,EO
10	조각	ET	오동작	EC	정리정돈결함	EC	착시	EO,EC
11	미선정	EO	과로	ET	기준미비/미수립/미준수	EC	불원요 행동	EC
12	적합성불량	EC	과부하	EC	조각	ES	스트레스	EC,ES
13	미통칙	EC	과박	ET	과다/견여	EC	미철검	EC
14	없음	EO	지시미비	EO	실수	EC	미통제	EC
15			노후/부식	ET	부족	EC		
16			변형	ET	생략	EO		

생략과오 (Error of Omission : EO), 수행과오 (Error of Commission : EC)
 순서과오 (Error of Sequence : ES), 시간과오 (Error of Time : ET)

< 표 3반도체산업에서 오류 분류 >

HEPM 추출 모델 개발: 과오에 대한 분석 (세부분석)

- 1)생략과오: 운전자, 작업자의 작업 및 설비 유지보수 및 중앙통제실에서의 운영에 대한 모든 영역에 대한 사항으로 생략(망각), 미비(눈관리, 착시현상) 및 절차 미비 및 미준수가 예러로 그래프화 되는 것은 절차서, 계획서, 표준서에 대한 작업자의 자질과 능력에 대한 결여.
- 2)수행과오: 사용성에 대한 설치, 구조 미비 및 기준(조건) 미비 및 오동작, 관리불량등 주로 설비, 부대설비 및 부품 및 재료에 대한 신뢰성 미비로 운전자 및 작업자의 직접적인 원인으로 사전에 대한 인간-기계의 인터페이스 측면에서 사용성평가 및 설비에 대한 신호 검출에 대한 분석 및 인간의 작업성에 대한 인증이 필요하다고 판단.
- 3)순서과오: 초과 및 구성, 규칙, 절차에 대한 예러가 도출로 순서, 표준서에 대한 안전 검토보완필요
- 4)시각과오: 주기불량, 피로, 크랙(Crack), 노후, 변형등이 형태로 신뢰성에 대한 모든 작업자, 운전자에 대한 전문가 육성과 하드웨어적인 수명주기 관리에 대한 시스템 보완필요.

(반도체 산업): 인적오류의 활동영역의 분류

- 1)생략과오에서 절차, 망각의 과오, -수행과오에서 사용성 관리의 과오, - 순서과오에서 초과, 구성, 초과와 과오, -시간과오에서 피로, 변형의 과오로 개념 정의
- >(Ericsson and Kintsch et al., 1995)는 장기주기 작업기억 혹은 사용작업기억은 여러 가지 양상의 정신적인 부분이 결정적으로 실패 수행에 중요한 기억, 기억의 함정이 되면 사고로 주장

<http://hcl.ajou.ac.kr>

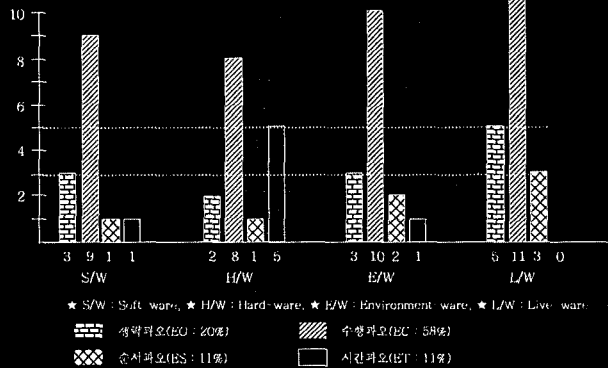
Ajou University Industrial Engineering



17

HEPM 추출 모델 개발: 오류 모델과 과오분류와의 관계

과오의 세부 분석은 <그림 2>에서 처럼 인적오류 1차, 2차, 3차 중에 3차 요인의 직,간접에서 추출한 요인으로 반도체산업의 8대 수행인자 중에서 추출한 사항으로 추출시켰다.



<그림2 과오분류>

<http://hcl.ajou.ac.kr>

Ajou University Industrial Engineering



18

HEPM 추출 모델 개발: 오류에 대한 다변량분석

1. 오류에 대한 다변량 분석:

- 1) K 기법을 변수들의 관계와 개체간의 관계를 규명하는데 이기법을 사용.
- 2) 주성분 분석(Principal Component Analysis)을 사용해서 변수의 상관관계를 통하여 유사한 변수. <그림3>에서 에러의 상관분석을 각각의 그래프상 왼쪽 내림차순의 입력을 해서 분석.
- 3) 분석결과 EO, EC, ES, ET의 4개 변수들의 상관 행렬에 대한 고유값(Eigenvalue), 설명비율(Proportion) 및 누적(Cumulative) 설명 비율인데 1 보다 큰 고유값의 갯수는 1개이며,
- 4) 처음 한개의 고유값에 의해 전체 변동의 98.1%가 좌우됨. PC1은 제1주성분의 계수로 제1주성분은 $PC1 = -0.473*EO - 0.507*EC - 0.509*ES - 0.509*ET$ 가 됨을 알 수 있고, 나머지 다른 주성분도 유도. 결국 4개의 변수와 11개의 관찰치로 구성된 자료를 1개의 주성분과 11개의 관찰자료로 축약. PC1은 EO(생략과오), EC(수행과오), ES(순서과오), ET(시간과오)와 밀접한 관계. 제2주성분 PC2에서는 EO, EC 두변수는 ES 와 ET 간의 대비를 보여줌. 고유값을 크기에 따라 고유값의 상대적 크기를 비교하는데 편리하지만 고유값의 상대적 크기가 1->2로 급격하게 고유값 번호가 작아져서 주성분 개수를 1로결정. ->수행과오에 대한 주성분 점수도출.

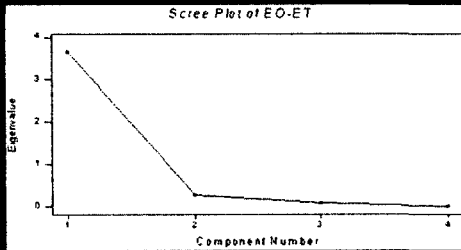
HEPM 추출 모델 개발: 오류에 대한 다변량분석

- 5) 에러의 분류를 도표한 기존 오류모델을 A.D. Swain의 EO, EC, ES, ET 분석한 결과 오류 및 에러의 세부분석을 통해 수행영향인자의 항목에 대한 발생건수를 근거로 주성분 분석으로 유도해 모델을 제시<그림3>. 귀납법적 방법으로 유추해 보면 EO, EC, ES, ET에 대한 에러 분류의 고유값은 EC에 대한 주성분 분석으로 나타나고 EO, ES, ET에 연관성 내제.
- 6) 에러의 세부분석의 4가지 과오를 유추한다.
- 7) 기존의 인적오류모델에서 Ware-System의 4개 인자를 EO, EC, ES, ET의 <그림 3>를 근거로 연관성을 매트릭스화하고 비율은 EC (58%), EO(20%), ES(11%), ET(11%)가 나타남. 에러의 세부분류에서는 EO, EC 에만 치우치는 경향과 ES, ET는 유사함. 주성분 분석을 근간으로 세부분석의 에러 중에 6개 인자들만 가지고 주성분 분석 결과 EC 분석의 주성분 분석이 나타나고 고유값의 스크린 도표에서 보이는 것처럼 등급-> 3등분해: EC, EO, ES, ET에 대한 특성 보임.

HEPM 추출 모델 개발: 오류에 대한 다변량분석

1. 분석결과

- 1) 수행에러(EC)에 대한 결함 사건(ECDE)에 대한 분석과 기타 EO, ES, ET도 연구 필요.
- 2) 오류에 대한 결함 사건의 흐름을 휴먼웨어적인 에러의 지배적인 요소를 인간관점에서 제시.
- 3) ET, ES, EO, EC는 오류비용에 EC가 높은 수치를 보이고, EO는 중간수치, ET, ES는 낮은 수치의 경향을 보이고
- 4) 기존인적오류모델에서 소프트웨어, 하드웨어, 인바이론먼트웨어, 라이브웨어(결함사건 중심) S/W가 낮은 수치, H/W, E/W가 중간수치를 가르치고, L/W가 높은 수치를 나타남.



<그림3고유값의 스크린 도표>

ECDE (Error Commission Defect Event)

<http://hcl.ajou.ac.kr>

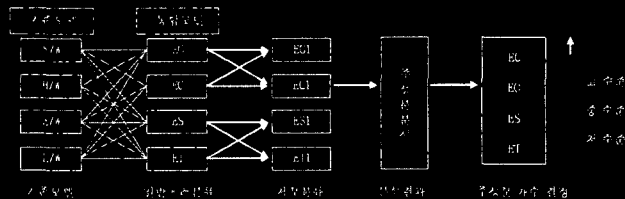
Ajou University Industry



21

HEPM 추출 모델 개발: 주성분으로인한 에러와 오류

- 1) ET(11%), ES(11%), EO(20%), EC(58%) 오류의 점유율
- 2) 소프트웨어(14건), 하드웨어(16건), 인바이론먼트웨어(16건), 라이브웨어(19건)으로 결함(Defect)의 오류 형태로 <그림 2>.
- 3) <Erin P.Collins & Jose ph R.Fragola et al., 1995>는 에러율에 대한 사건의 시발점은 원초적 사건 발생에서 약화시키는 사건(잠재에러 및 상태)에서 분리 사건(예방시스템 및 행동)에서 사건의 회전체를 갖게 된다고 하면서 인지에 대한 이용-> 소프트웨어와 하드웨어로 분리하고 양쪽작용을 인지와 행동과 경험과 시간과 훈련에 비중을 두었고 시간에 대한 부분을 세분화한다.



<그림 4고유값의 스크린 도표>

<http://hcl.ajou.ac.kr>

Ajou University Industry



22

HEPM 추출 모델 개발: HEPM모델화 제시

1. 문제점의 개선방향

1) 기존모델을 근간해 셸모델과 S,R,K모델로 분석.

리스크팩터의 요소 즉 광의적인 표현으로 사고조사의 다변화 목적을 가지는 "무엇이 일어나고" "누가 일을 발생시키고" "안전을 개선시키는" 일에 초점보다 인적오류의 예시모델을 리즌 GEMS를 추가시켜 인간의 행동에 분석의 연관과 기존모델 오류의 결합요소를 도출 복합화.

2) 셸 모델 과 스웨인의 오류로 접근시켜서 인적오류의 모델을 혼합화, 매트릭스,모델의 장단점 보완. 기존모델의 4가지 요소를 구분하고 오류의 분류를 기존모델 백분율화함으로

EO, EC, ES, ET의 주성분으로 고유값분석.

기존에는 각각의 모델에 대한 인적오류의 관점으로 분석되어 각 모델에 대한 단순적용으로만 이론과 실제 경험에 분석 사용.

3) 모델제시는 기존모델을 근간으로 기본에러 타입에 기존 인적모델의 S,R,K 모델, SHELL 모델, A.D Swain의 오류로 세분, 복합화시켜 문제점을 보완.

- 주성분 개수로 모델을 제시화하고 에러와 결합의 관계를 도해시킴 모델을 제시.

- 반도체의 사고요인에 기존 모델을 연계시켜봄으로써 기술 → 소프트웨어/라이브웨어,

규율 → 하드웨어/ 인바이론먼트웨어/ 라이브웨어와 실패(Failure), 사건(Event), 오류(Error) 형태.

지식 → 하드웨어와 라이브웨어와 관계: 인적수행의 모든 부분은 라이브웨어가 연관.

HEPM 추출 모델 개발: 상호관계의 결과

1. 기존인적오류모델에서 A.D. Swain의 오류 분류로 연계시키면 EO, EC, ES, ET의 비율

-> 2:6:1:1의 비율.

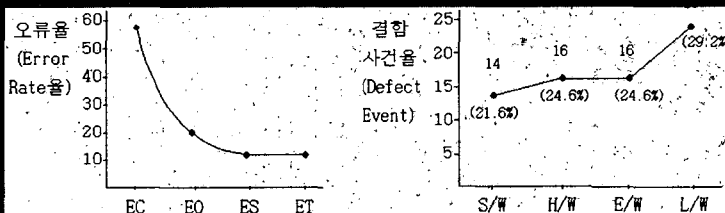
-> 근간으로 HEPM 모델을 오류와 디펙트비율(Defect Rate)로 그래프화:(그림4)

-> 결합 건수를 소프트웨어, 하드웨어, 인바이론먼트웨어, 라이브웨어로 표기(14건,16건,16건, 19건)

-> 백분율에 따라 각각(21.6%), (24.6%), (24.6%), (29.2%)순.

-> <그림 6>에서 처럼 반도체의 사고요인은 EC, EO, ES, ET에 대한 내림차순의 비율.

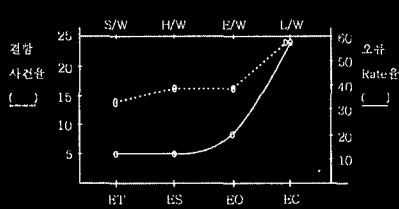
-> S/W, H/W, E/W, L/W의 비율은 오름차순으로 결합의 율.



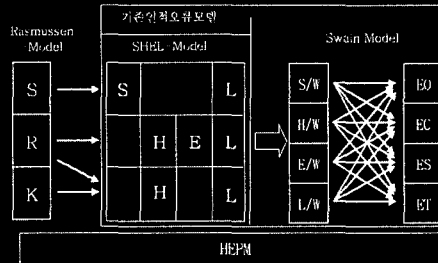
<그림6 오류율 과 결합 사건율>

HEPM 추출 모델 개발: 인적오류 관점

- 반도체에 대한 인적오류의 비중은 수행 오류의 비중에 더 많은 검토와 대책이 필요, 인적오류에 대한 집중 보완이 필요하다.
- 기존인적오류의 대표적인 모델을 인용해서 요인들을 반도체산업에 맞게 1차요인에 대한 근본적(본질적)부분, 2차 요인에 대한 인터페이스 부분, 3차의 직,간접요인 필요. HEPM의 추출은 과오유형까지 추가시켜서 인적오류간의 연계성으로 추출.



<그림4 예러와 결함 사건의 관계 도해>



<그림5 HEPM 모델 제시>

참고문헌

- Cacciabue, P.C., "Human error risk management methodology for safety audit of a large railway organization" Applied Ergonomics, Vol.36, Issue6., pp.709~718, 2005.
- Grozdanovi, M., "Human factor and Preventive Engineering" Working and Living Environmental Protection, Vol 2, No 1., pp.39~59, 2001.
- Kim, J.N., "The Development of Korea HEPS(Human Performance Enhancement System for Nuclear Power Plants(III))" Technical Rep:TR.95ZJ04.J1998, pp.80~89, 1998.
- Rasmussen, J., "A taxonomy for describing human malfunction in industrial installation", Journal Occupational Accident ., pp.311~333, 1982.
- Reason, J., "Human Error", Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 1990.
- Sanders, M.S., McCormick, E.J., "Human factor in Engineering and Design", McGraw-Hill, pp.620~635, 1993.
- Swain, A.D., Guttman, H.E., "Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application(NUREG/CR- 1278)", 1983.
- Yoon, Y.G., Park, P., "The Accident Analysis of a Pointed-End Equipment for Human Error", Journal of the Safety Management & Science.