

Application of Difficulty Evaluation Method on Safety Culture Attributes

Jeeyea Ahn, Wooseok Jo, Byung Joo Min, and Seung Jun Lee

NuSAPHE Lab.

UNIST





CONTENTS

- Introduction
- Difficulty Evaluation Method
- Test Application
- Modified Models
- Summary & Conclusions



Introduction

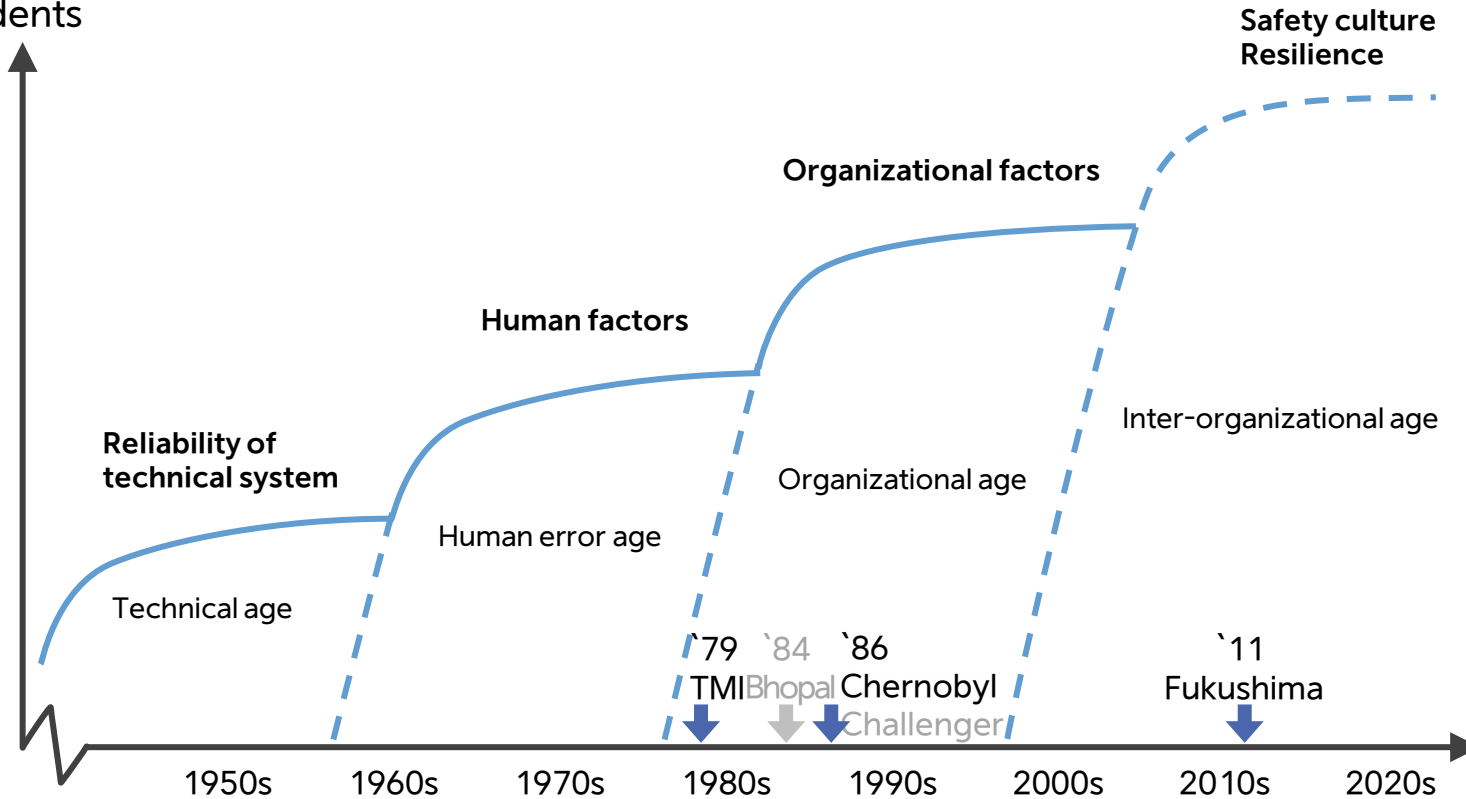
Human and Organizational Factors
& Safety Culture





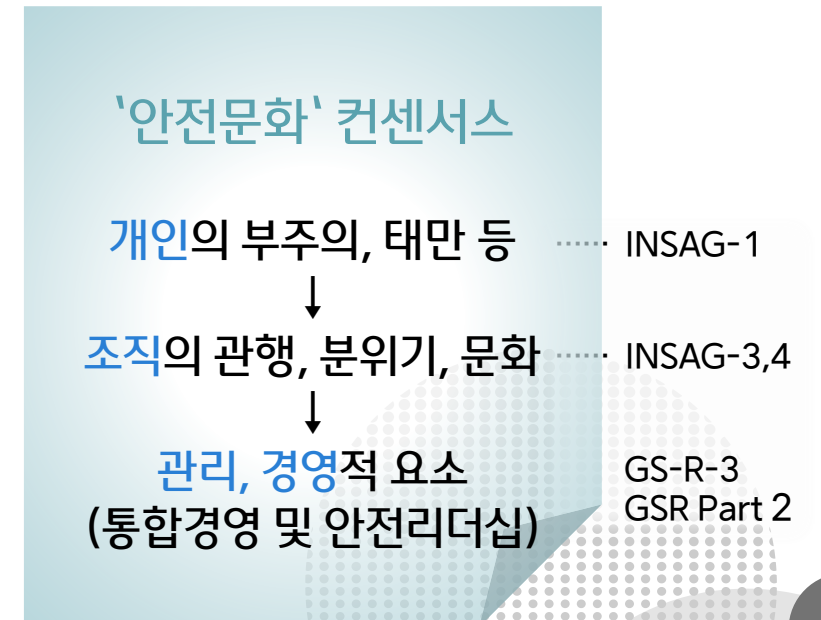
원자력 안전의 역사

Lessons learned from accidents

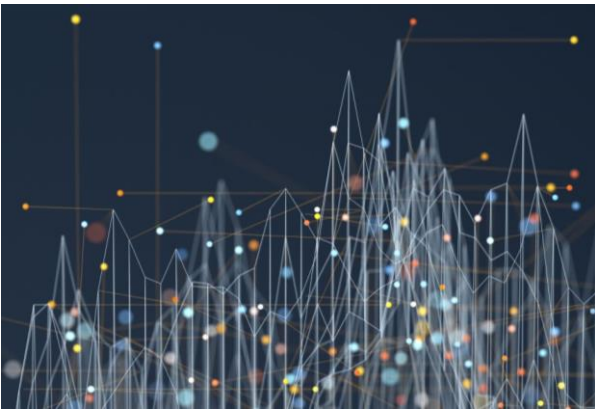
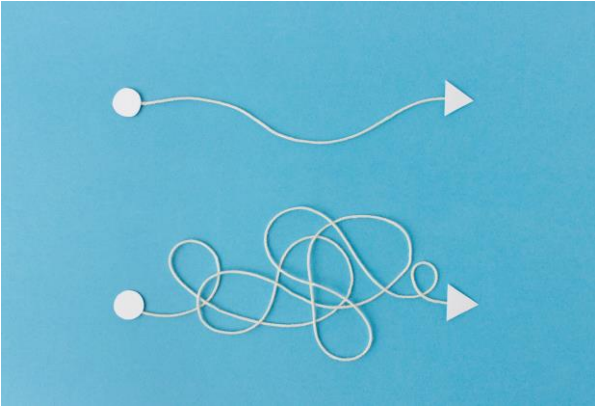


Evolution of safety management approaches

(Samadi and Garbolino, 2011; Cambon, 2007)



인적, 조직적 요인의 특징



- 선형 인과관계 모델로 표현하기 어려움.
 - 단일 요인이 사고·고장의 직접적인 원인이 되기 보다는 다양한 요인이 **복합적으로** 작용하여 영향을 미침.
 - '잠재적으로 불안정한 상태'
- 다중요인, 상황·맥락에 따라 다른 결과가 나타남.
 - ⇒ 높은 불확실성
- 중요도 결정을 위한 다른 접근 필요



안전문화 특성요소

Individual Responsibility	Questioning Attitude	Communication	Leader Responsibility	Decision-Making	Work Environment	Continuous Learning	Problem Identification and Resolution	Raising Concerns	Work Planning
IR.1 Adherence	QA.1 Recognize Unique Risks	CO.1 Free flow of information	LR.1 Strategic Alignment	DM.1 Systematic Approach	WE.1 Respect is Evident	CL.1 Constant Examination	PI.1 Identification	RC.1 Supportive Policies are Implemented	WP.1 Work Management
IR.2 Ownership	QA.2 Avoid Complacency	CO.2 Transparency	LR.2 Leader Behavior	DM.2 Conservative Approach	WE.2 Opinions are Valued	CL.2 Learning from Experience	PI.2 Evaluation	RC.2 Confidentiality is Possible	WP.2 Safety Margins
IR.3 Collaboration	QA.3 Question Uncertainty	CO.3 Reasons for Decisions	LR.3 Employee Engagement	DM.3 Clear Responsibility	WE.3 Trust is Cultivated	CL.3 Training	PI.3 Resolution		WP.3 Documentation and Procedures
	QA.4 Recognize and Question Assumption	CO.4 Expectations	LR.4 Resources	DM.4 Resilience	WE.4 Conflicts are Resolved	CL.4 Leadership Development	PI.4 Trending		
		CO.5 Workplace Communication	LR.5 Field Presence		WE.5 Facilities Reflect Respect	CL.5 Benchmarking			
			LR.6 Rewards and Sanctions						
			LR.7 Change Management						
			LR.8 Authorities, Roles, and Responsibilities						



긍정적인 안전문화를 가진 조직이 보이는 특성을 개념화한 모델의 세부 요소

- IAEA의 Harmonized Safety Culture model 등

- 특정 안전성과를 달성하기 위한 조직의 특성
ex) 크고 작은 문제를 효과적으로 발견, 보고, 식별, 스크리닝하기 위한 조직의 전반적 특성

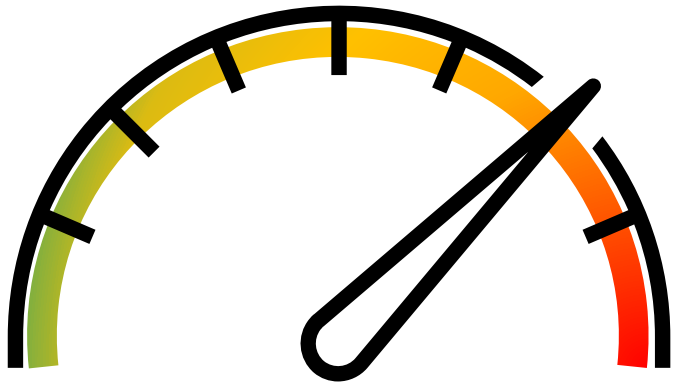
적절한 지원 시스템, 정책, 절차, 고위경영진의 리더십, 자원할당, 지원, 개개인의 참여 등이 모두 요구됨.

안전문화 난이도

안전문화 특성요소의 난이도 개념 및 평가방법



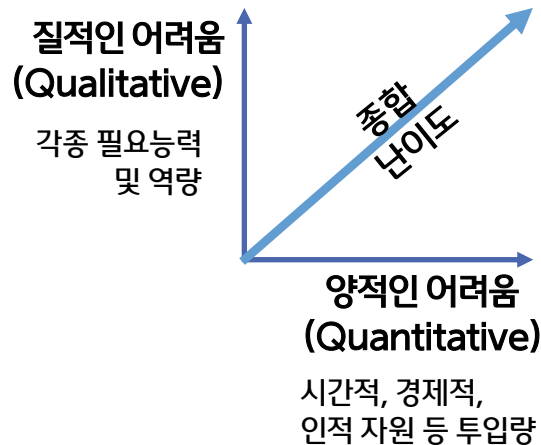
Degree of Difficulty



Degree of difficulty

난이도: 어떤 목적을 달성함이 어려운 정도, 부담되는 정도

- 그 목적을 달성하기 위해 필요한 노력/자원의 투입량과 관련됨.
- 난이도가 높을수록 목적 달성 실패 확률 증가
- 질적 측면(전문성, 역량), 양적 측면(유무형 자원)
 - ✓ 질적측면: 특정 역량, 능력을 향상하기 위한 간접적인 노력
 - ✓ 양적측면: 직접적으로 투입되는 시간, 인지적자원, 인력, 물적 자원

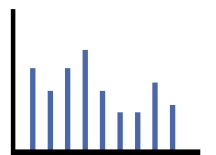


평가기준 마련

- 난이도 기여인자 식별
- 기여인자별 가중치 부여

평가진행

- 정성적 평가
- 정량화



안전문화 난이도 평가

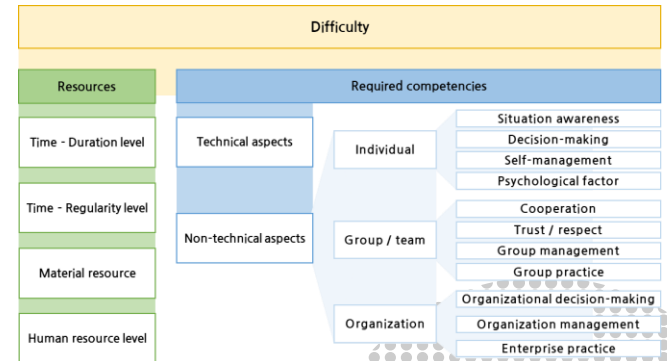
안전문화 난이도

- 조직 내 안전문화 발현이 방해받거나 저해되는 정도
 - ex) 종사자 관점: 안전문화 원칙을 준수하기 어려운 정도

안전문화 난이도 기여인자

- 안전문화 난이도 정성적 평가 기준
- 안전문화 특성 발현을 제한하거나 안전문화 원칙을 준수하기 어렵게 만드는 등 일종의 제약요소(constraints)로써 작용
- 자원차원(양적측면), 역량차원(질적측면)으로 구분
- 전문가 AHP(analytic hierarchy process) 기법으로 가중치 도출

- ❖ 난이도가 높을수록 부적절한 결과로 이어질 수 있는 확률이 증가함.
- ❖ 난이도가 높을수록 더 많은 노력, 자원이 투입되어야 함.



안전문화 난이도 기여인자

안전문화 난이도 평가 결과

난이도 기여인자 가중치도출 및 난이도 정량화 결과



안전문화 난이도 기여인자 가중치 도출

난이도 기여인자 가중치 평가

참여자 요약				
연령대	30대	40대	50대 이상	무응답
	8명	30명	11명	1명
근속기간	10년 이하	10~20년	20년 초과	무응답
	8명	28명	13명	1명
소속	규제기관		운영기관	
	22명		28명	

- 조사기간: 2022년 6~7월
- 참여대상: 규제기관 전문가 및 운영기관 전문가
- AHP 기법 활용
 - AIP (aggregating individual priorities)
 - Inverse-linear scale



Individual Response

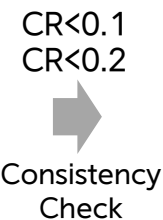


Individual Weight

...



Individual Weights



Consistency Check



Screened Individual Weights

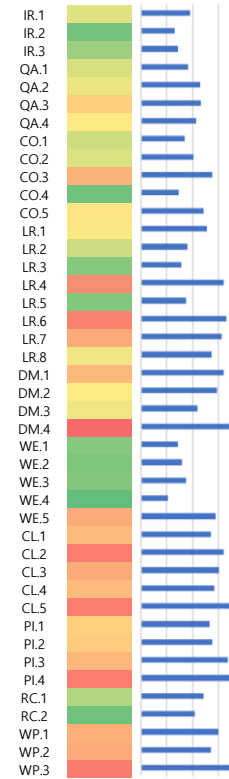
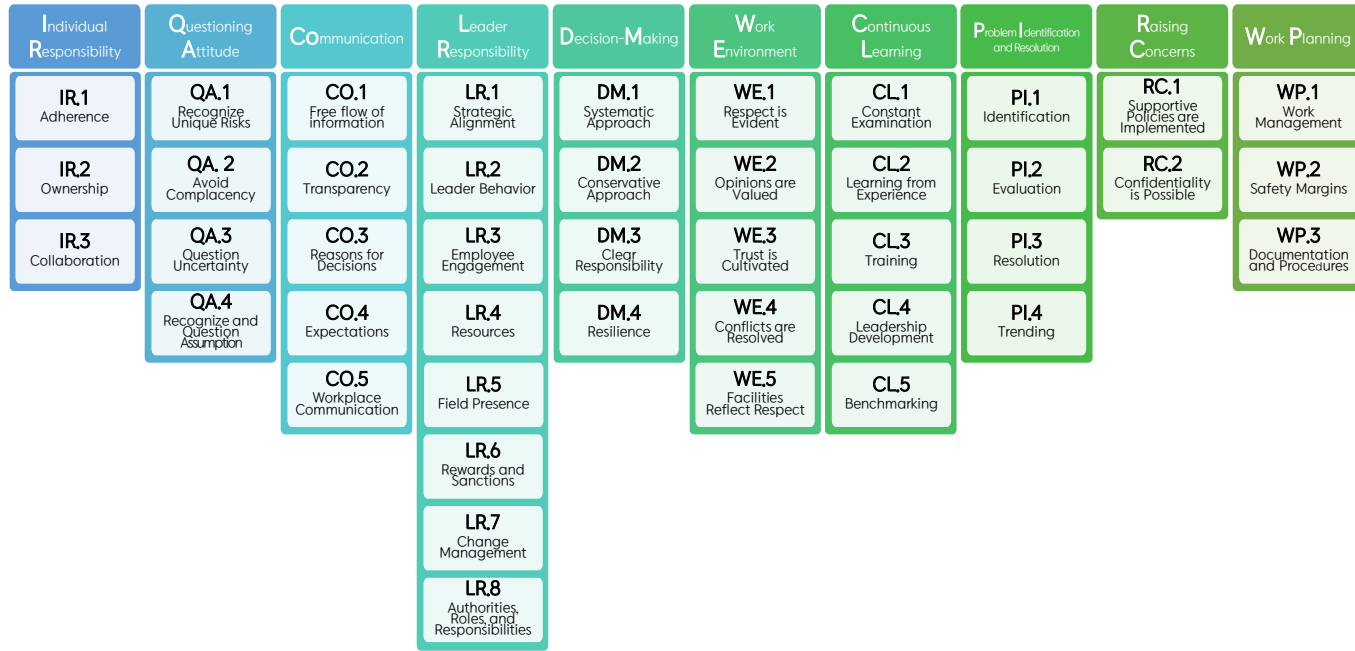


Aggregation



Integrated Weight
통합 가중치벡터 산출

안전문화 특성요소 난이도 평가



HIGH
DM.4, CL.5, PI.4, WP.3 ...

MID
QA.4, CO.5, DM.2 ...

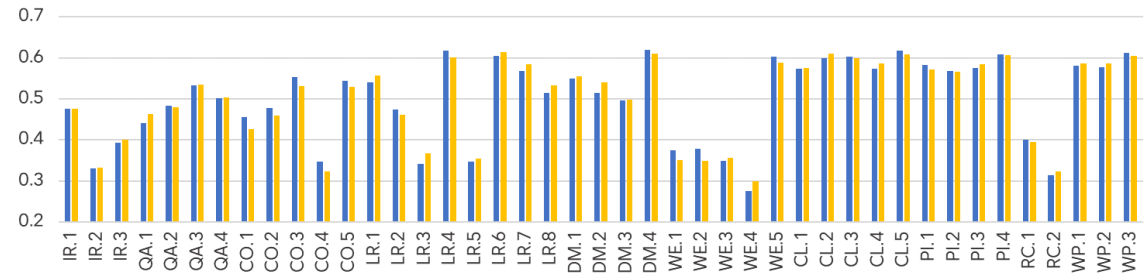
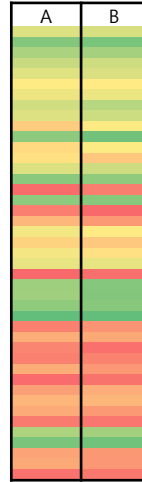
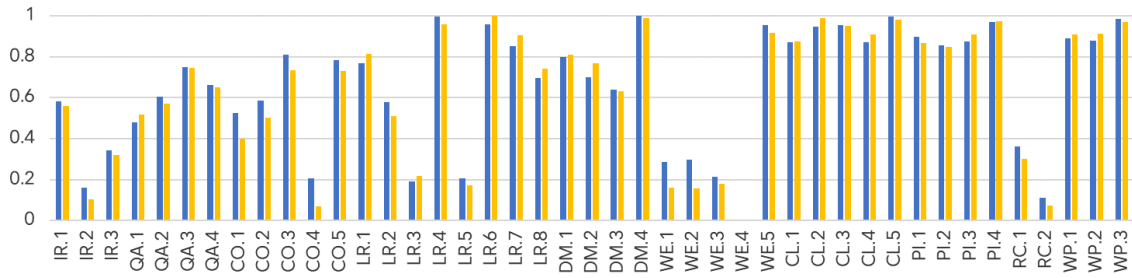
LOW
IR.2, WE.4, RC.2 ...

- 안전문화 특성모델의 세부 특성요소에 대한 평가 수행
- IAEA-harmonized safety culture model, 43 attributes

각 attribute의 정성적 평가 및 정량화

안전문화 특성요소 난이도 평가 비교

기관 A의 가중치벡터 반영 결과 vs 기관 B의 가중치벡터 반영 결과



CR < 10%

기관 A 와 기관 B의 차이

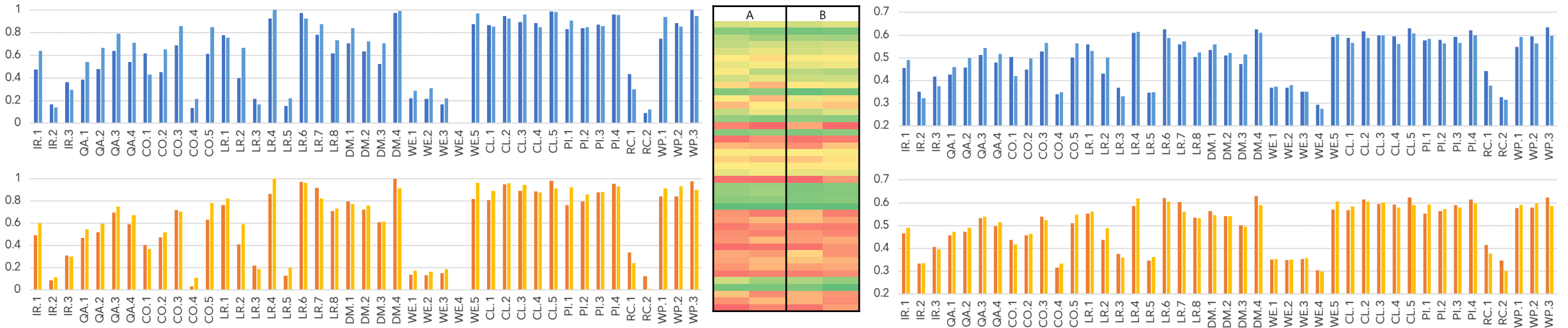
■ A ■ B

Average gap
6.50% (min-max)

Average gap
2.38% (z-score)

안전문화 특성요소 난이도 평가 비교

기관 내에서의 업무특성 차이 반영



기관 A 와 기관 B의 기관 내 차이

■ A-1 ■ A-2 ■ B-1 ■ B-2

CR < 10%

Average gap

기관 A 14.52% (min-max)

기관 B 10.15% (min-max)

Average gap

기관 A 5.61% (z-score)

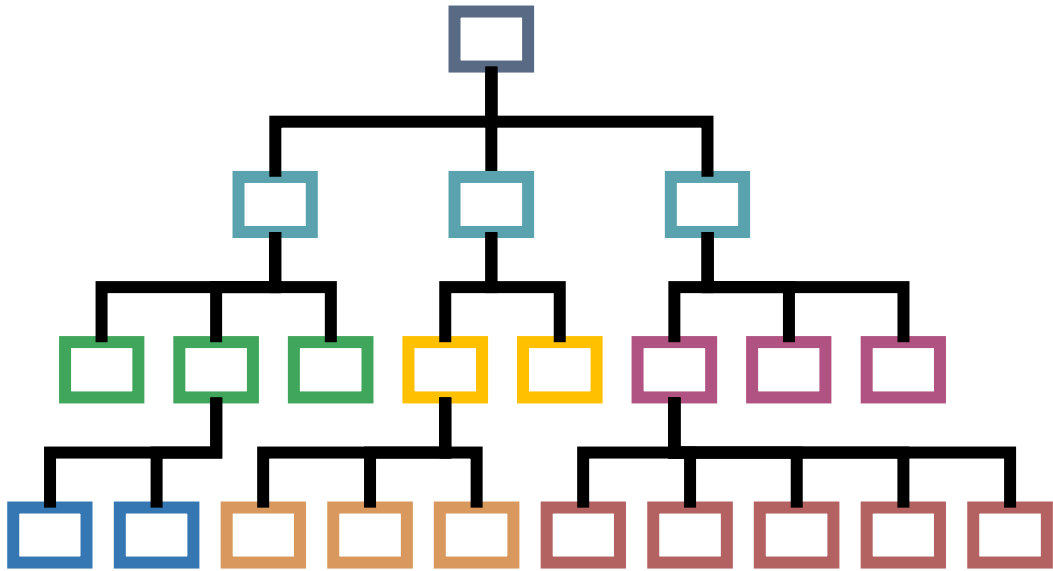
기관 B 3.71% (z-score)

가중치 모델 개선안

AHP 기법의 가중치 환산 모델의 개선안 소개 및 적용



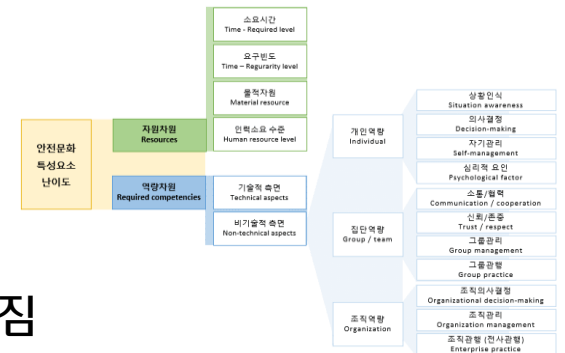
AHP 계층화 모델 특징



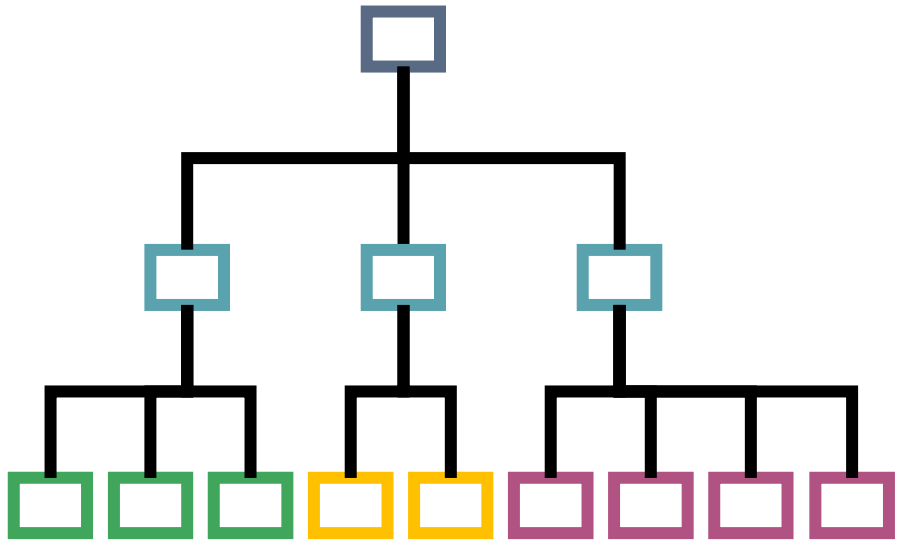
- 계층 내 요소 간 상대비교를 통해 우선순위와 가중치를 결정
- 하위계층 요소는 상위계층 요소의 가중치를 분배받음
- 동일수준 그룹 간 요소의 수 차이가 가중치 분배 결과에 영향
- 최하위 인자의 계층수준 차이에 따른 가중치 편중 우려

기준	응답 수	기술적역량(A)	비기술적역량(B)	비율(A/B)
CR<0.1	19	0.506876	0.493124	1.027888
CR<0.2	28	0.516786	0.483214	1.069476
all	50	0.443412	0.524894	0.844765

- 기술적역량 또한 비기술적역량에 상응하는 중요도를 가짐



개선안 (A) - 수정 가중치 모형 (Choi, 2020)



- 동일수준 그룹 요소 수 차이의 영향 보상

• 반영 전

조직역량 개인역량 = 1.371144		조직의사결정	조직관리	조직관행
상황인식	0.089901	1.629759	1.271432	1.431936
의사결정	0.072204	2.029203	1.583052	1.782893
자기관리	0.059232	2.473634	1.929769	2.173379
심리요인	0.062771	2.334163	1.820962	2.050837
평균		1.875918		

gap
36.81%

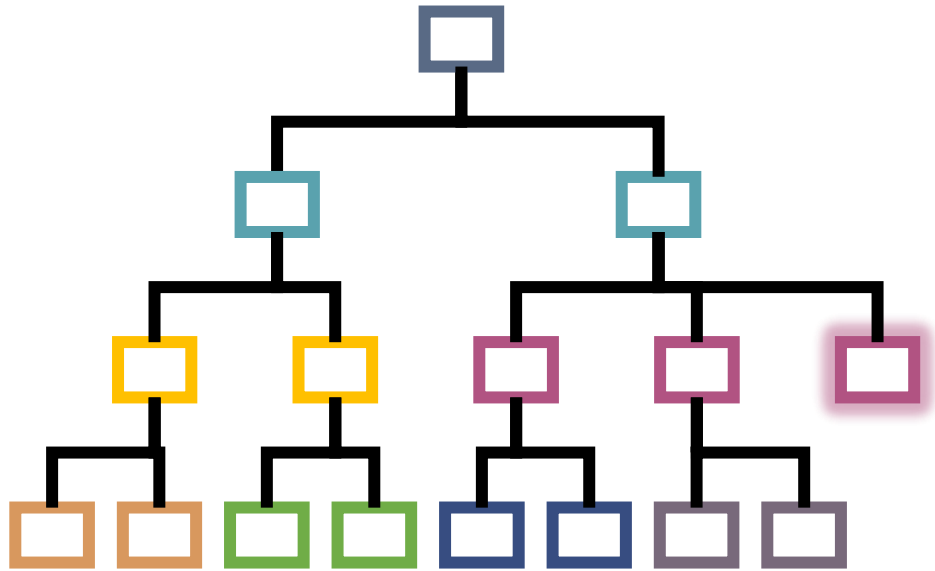
• 반영 후

조직역량 개인역량 = 1.371144		조직의사결정	조직관리	조직관행
상황인식	0.099601	1.222320	0.953574	1.073952
의사결정	0.079995	1.521902	1.187289	1.337170
자기관리	0.065622	1.855226	1.447326	1.630034
심리요인	0.069544	1.750622	1.365722	1.538128
평균		1.406939		

gap
2.61%

➤ 반영 후 가중치 비율이 상위 수준 가중치 비율에 가까워짐

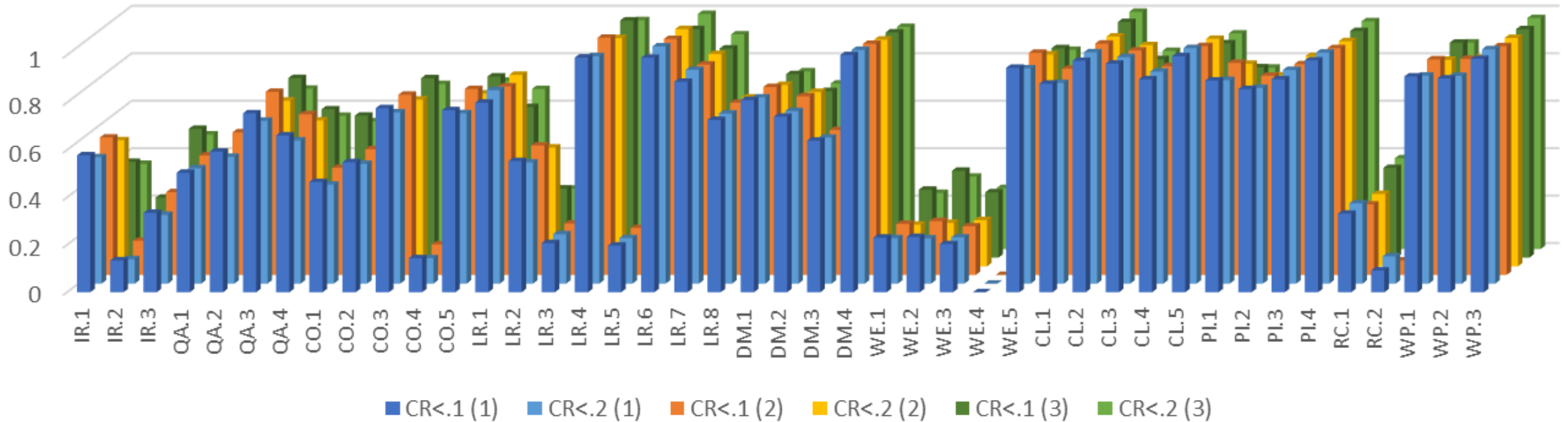
개선안 (B) - 수정 계층수준 모형



- 최하위 인자의 계층수준 차이로 인한 가중치 편향 해소

비교인자	하위인자	가중치	개선지수 (1단계)	개선가중치 (1단계)	개선지수 (2단계)	개선가중치 (2단계)
비기술적역량	개인역량	0.140100	(3/4)	0.213081	1.140616	0.243044
	팀역량	0.160926	(3/4)	0.244754	1.140616	0.279171
	조직역량	0.192098	(3/4)	0.292165	1.140616	0.333248
기술적역량	-	0.506876	(1/4)	0.126719	1.140616	0.144538
합계		1		0.876719		1

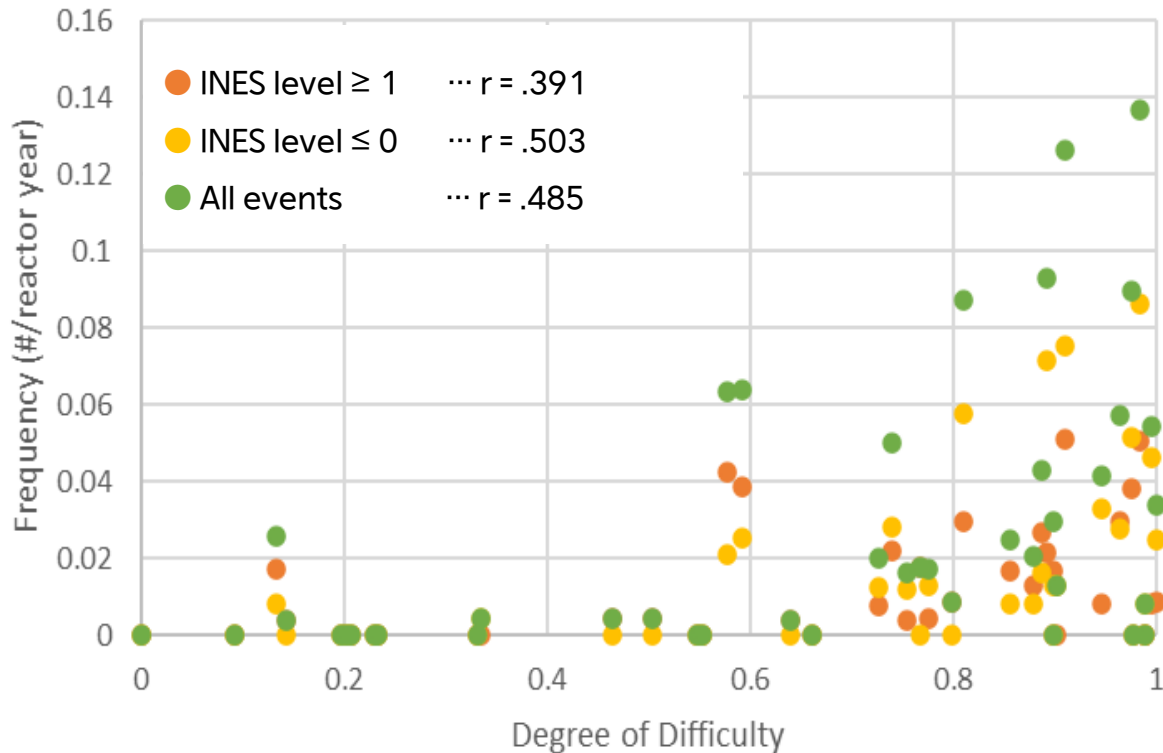
각 결과의 비교



- (1) 기본 가중치벡터
- (2) 수정 가중치모형 적용 (A)
- (3) 수정 가중치모형 + 수정 계층수준모형 적용 (A+B)



안전문화 특성요소 난이도-빈도와와의 관계



➤ Frequency source

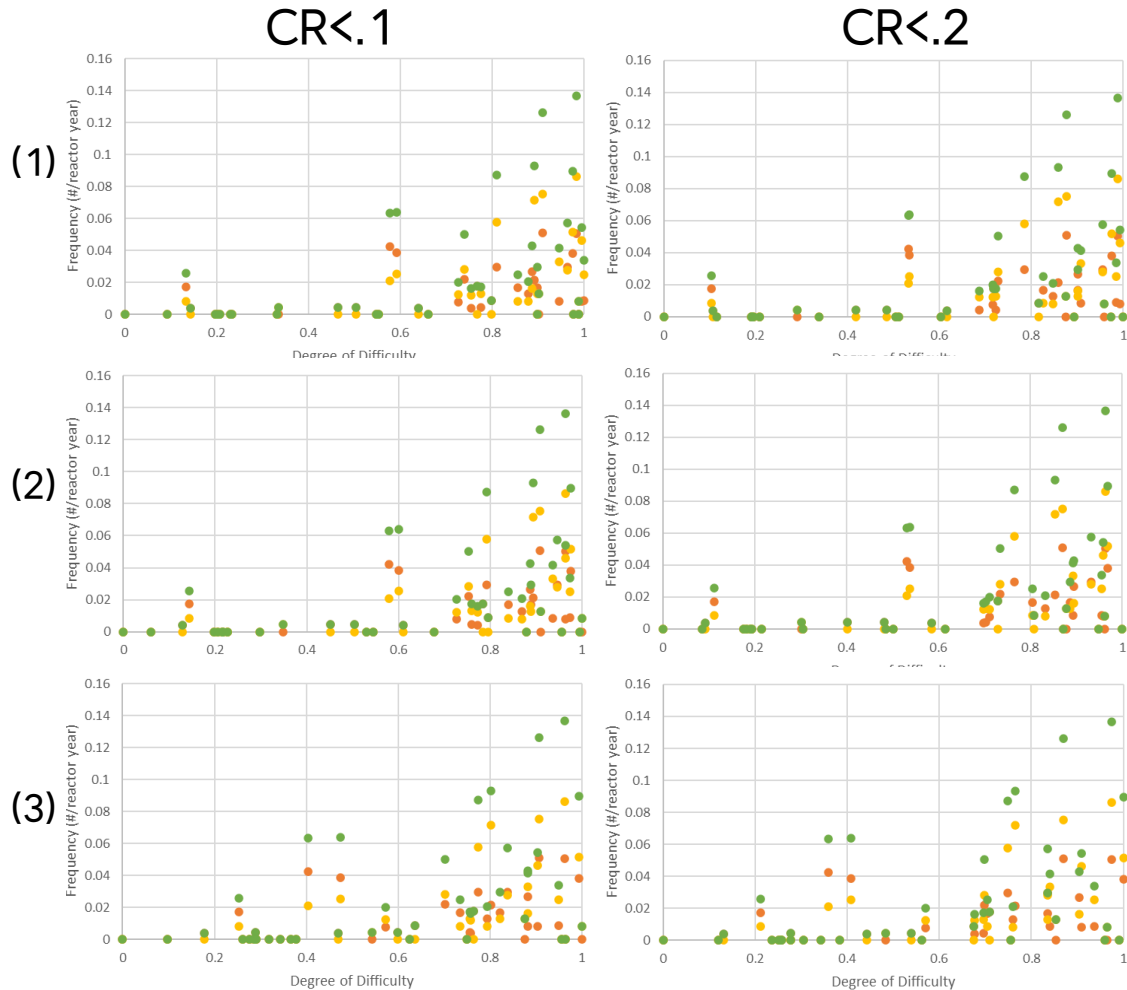
- 기간: 후쿠시마 사고 이후 10년간
- 대상: 보고대상 사건(불시정지 등) INES 0등급 이상
- 등급: INES 0등급 62건, 1등급 이상 19건
- 자료: 사건조사보고서 및 등급평가보고서 (OPIS)

* INES: International Nuclear Event Scale

* OPIS: Operational Performance Information System for nuclear power plant



안전문화 특성요소 난이도-빈도와와의 관계



	각 가중치벡터 개선안 빈도-난이도 상관관계	Pearson 상관계수	
		Type A	Type B
(1) 기본 모델	CR<.1	.485	.492
	CR<.2	.483	.493
(2) 개선안A	CR<.1	.485	.492
	CR<.2	.483	.493
(3) 개선안A+B	CR<.1	.491	.522
	CR<.2	.488	.519

* Type A: {자원차원 난이도} + {역량차원 난이도}

* Type B: {자원차원 난이도} x {역량차원 난이도}

결론 및 요약





결론 및 요약

- **난이도** Risk-informed를 적용하기 곤란한 분야에서의 중요도 결정을 위한 기준
 - 관리대상 or 성능개선 대상 분야에 대한 조직특성 난이도 평가
 - ex) 운영개선 프로그램-운영경험의 보급 및 활용분야 개선
 - 문제가 많이 보고·발견되지 않는 분야이더라도 난이도가 높은 항목에 대해서 단계 상향 고려
 - 규제입장: 집중 감독 영역 설정 – 효율적인 규제자원 배분
 - 운영입장: 집중 관리 영역 설정 – 효과적인 운영자원 배분
- 난이도 평가 방법론을 활용하여 다양한 직무 종사자들의 의견 반영 가능
 - 안전문화 모델 구성요소에 대한 지식 없이도 난이도 기여인자에 대한 이해를 바탕으로 가중치 평가에 참여 가능
- IAEA Harmonized safety culture model 특성요소 43개 난이도 평가 시범적용
 - 운영기관, 규제기관 난이도 기여인자 가중치 반영결과 전반적으로 큰 차이 없음
 - 기관 내에서 업무성격에 따른 차이가 더 크게 나타남
- 난이도 기여인자 가중치 도출 과정에서 수정가중치모형 및 수정계층모형 적용을 통한 가중치 편중현상 해소
- 난이도 평가과정을 통해 특정 조직특성 발현을 어렵게 만드는 상황에 대한 이해 가능



THANK YOU

Jeeya@unist.ac.kr

