

A Feasibility Study on the Utility of SPADES+ in Accident Diagnosis

한전전력기술
신희상

Table of Contents

1 Introduction to SPADES+

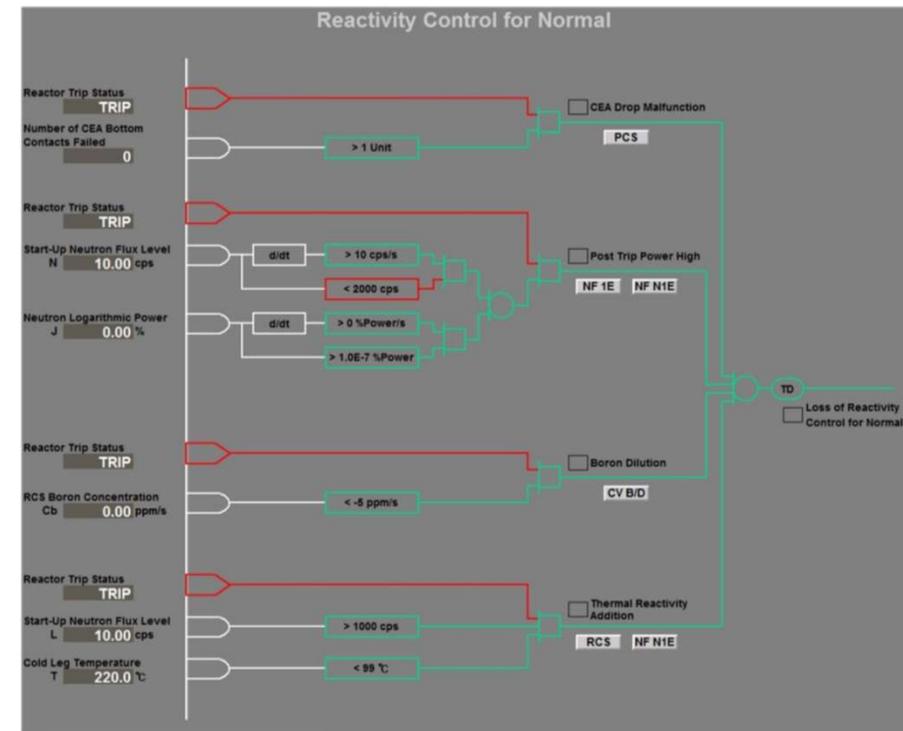
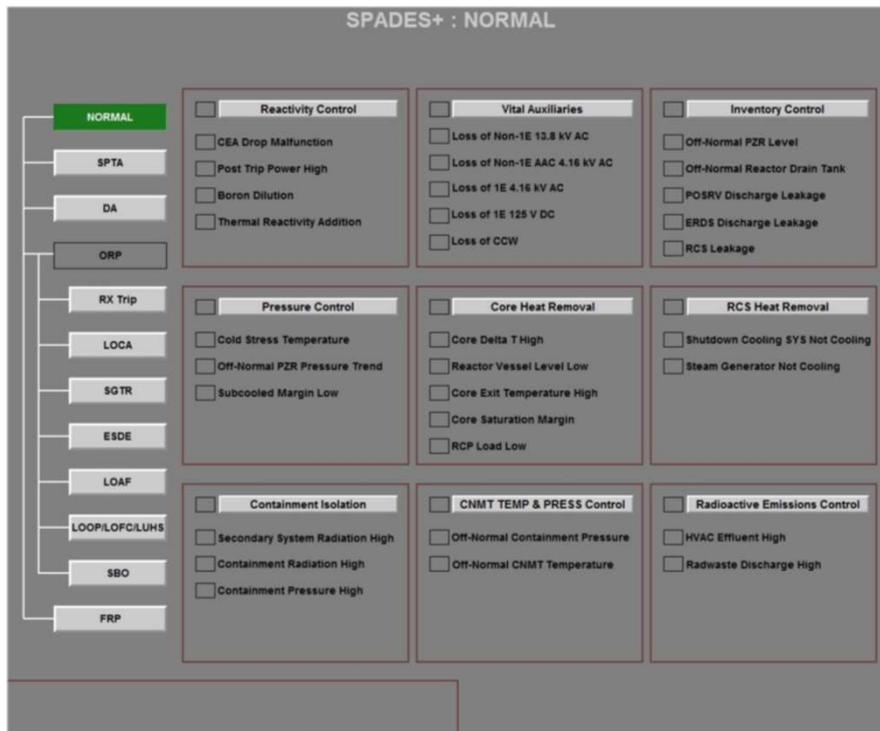
2 Background

3 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 및 분석

4 결론 SPADES+ 활용성 검토를 위한 문제 확인

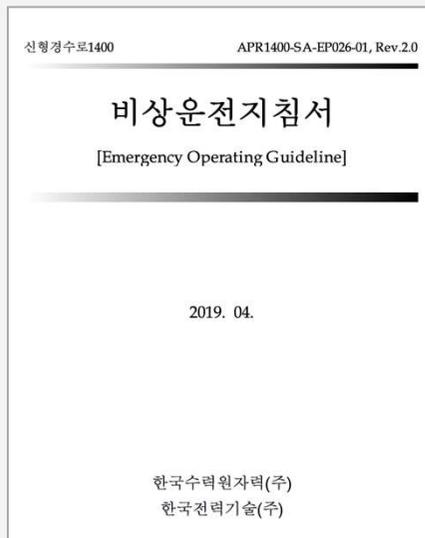
Introduction to SPADES+

- Safety Parameter Display and Evaluation System+ : SPADES+
- 정상 운전 및 비상 운전 시 필수안전기능(Critical Safety Function)을 감시하기 위한 프로그램



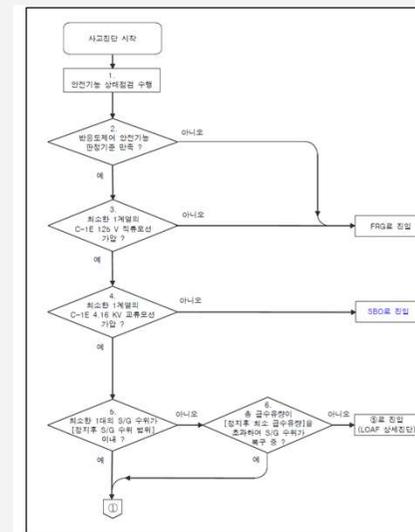
Background

[비상운전지침서 (EOG)]



원자로 정지가 발생되었거나 정지가 요구 될 경우,
또는 운전 모드 3,4에서 비상사고가 발생되었을
경우 발전소 사고를 완화 시키기 위해
필요한 조치를 제공

[비상운전지침서 2장, 사고진단지침서]



원자로 정지가 발생되었거나 정지를 유발 사고
또는 운전모드 3,4에서 운전 중 발생한 사고를
진단하기 위한 진단 지침

Background

- 서울 3,4호기 2차 통합 시스템 검증 결과 의견

- 1) SPADES+에 대한 운전자 이해도나 교육이 없음

- 운전원이 SPADES+ 기능을 알지 못하여 SPADES+를 활용하지 못하고 있음

- 2) 사고 진단 시 운전원이 SPADES+를 활용하지 않음

- 사고 진단 시 SPADES+가 유용하지 않음
- EOP시 SPADES+가 사고 진단을 하지 않으므로 저조한 활용



SPADES+ 활용성에 대한 검토 및 검증 필요

SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 순서

1 문제 확인

SPADES+ 이해도 부족 및 활용성 낮음

2 실험 설계

SPADES+ 교육 및 사고 진단 연계 실험

- 1) SPADES+ 교육 후 사고 진단 수행
- 2) 비상운전절차에 SPADES+ 활용 가능하도록 연계 설명 작성

3 실험 진행

4가지 사고 시나리오 실험

각 사고마다 시간 측정 및 실험자 행동양식 확인

4 데이터 도출 및 분석

통계적 분석 및 데이터 유효성 확인



최종 데이터
분석 결과를
향후 프로그램
개선에 활용 가능

1 SPADES+ 활용성 검토를 위한 문제 확인



2 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 설계

1. 실험자 교육 및 테스트

*IPS와 SPADES+ 교육, 개발 장비 사용
IPS와 SPADES+에서 변수를 찾는 시간 측정

2. 사고 모사 후 진단 실험

SBO/LOCA/ESDE** 사고 모사, 사고마다 다른 지침 제공

사고 1,2 (SBO, LOCA) : EOG와 SPADES+ 연계 있는 지침 사용

사고 3 (ESDE) : EOG와 SPADES+ 연계 없음, SPADES+ 사용 가능

사고 4 (LOCA) : EOG와 SPADES+ 연계 없음, SPADES+ 사용 불가

3. 데이터 도출 및 분석

1) 사고 진단 시간

2) 사고 진단 분기마다 SPADES+ 참조 회수

3) IPS/SPADES+ 능숙도와 사고 진단 시간

4) 그 외 특이한 행동 양식/사용 후기

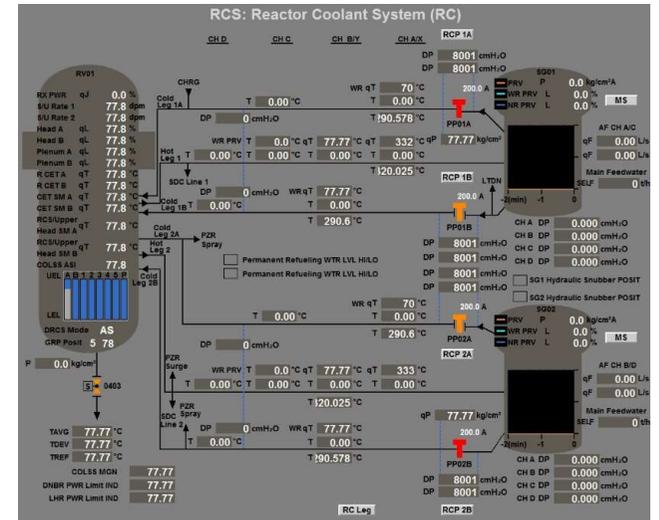
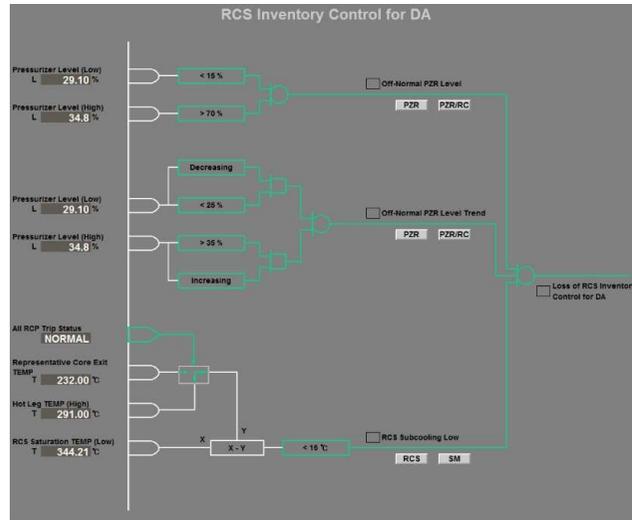
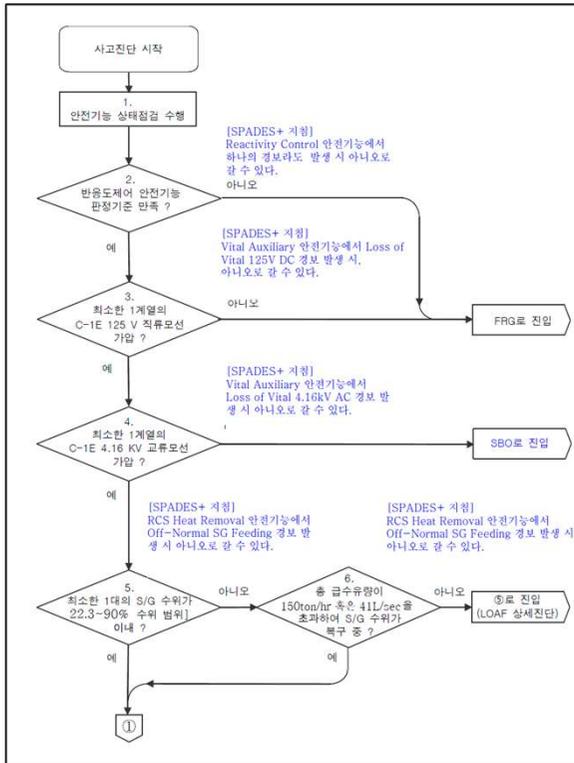
*IPS : Information Processing System

**SBO : Station Black Out

**LOCA : Loss of Coolant Accident

**ESDE : Excess Steam Demand Event

3 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 진행



4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

0. 실험자 교육 및 테스트 결과

1) 실험 대상자

- 인원 : 14명
- 소속 : KEPCO E&C Engineer (계측 제어, 안전 해석, 유체, 기계설계)

2) 교육 후 실험 테스트

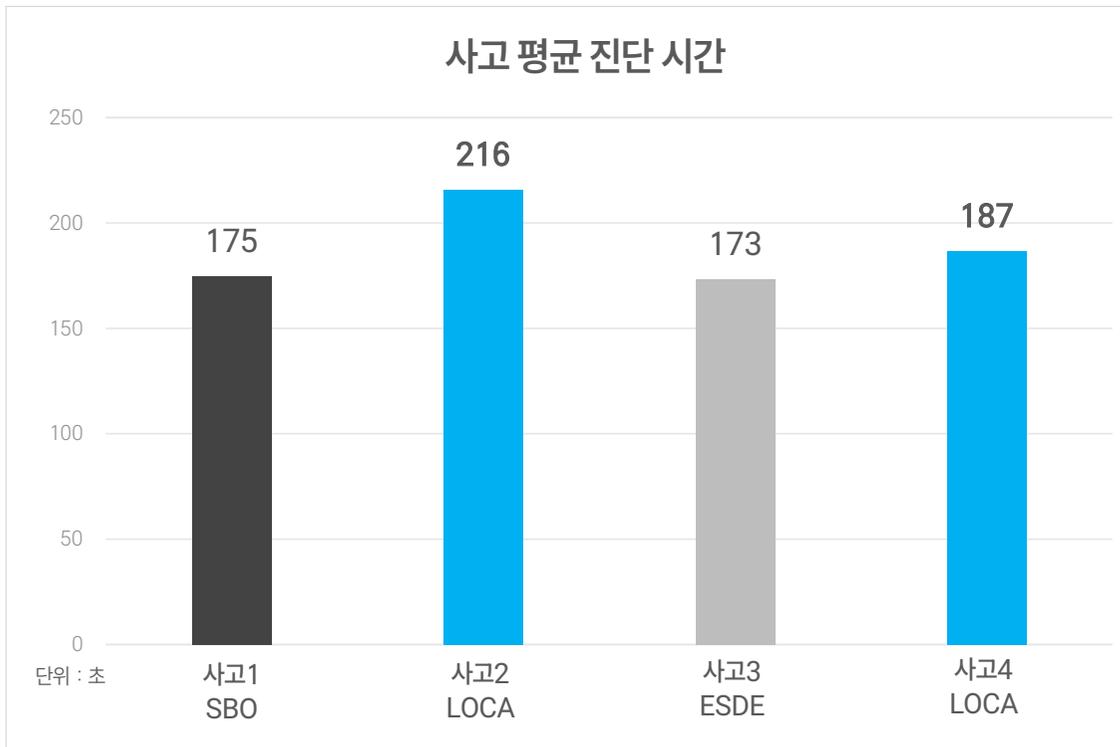
- 공정화면에서 IPS 혹은 SPADES+ 공정변수 를 찾는 시간 측정

3) 교육 내용 테스트 결과

Consumed time for IPS Variable	Consumed time for SPADES+ Variable
13.75 s	10.84 s

4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

1. 진단 사고 시간 분석



✓ 변수

- 1) 사고 진행 할 수록 실험자들은 비상운전절차에 익숙해지며 더 빠르게 사고 진단
- 2) 비상운전절차 자체에 대한 이해도 각기 다름

4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

1. 진단 사고 시간 분석

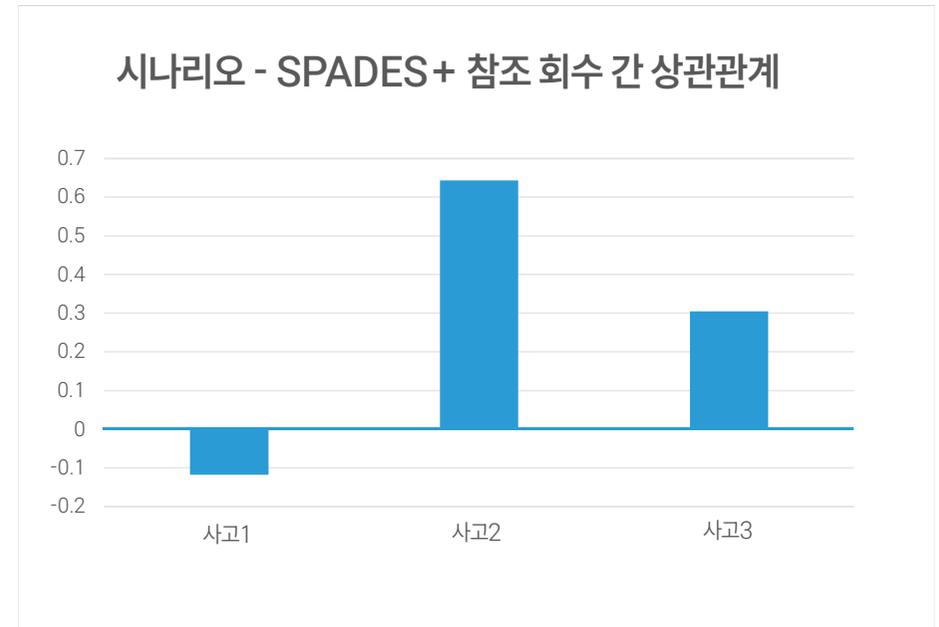
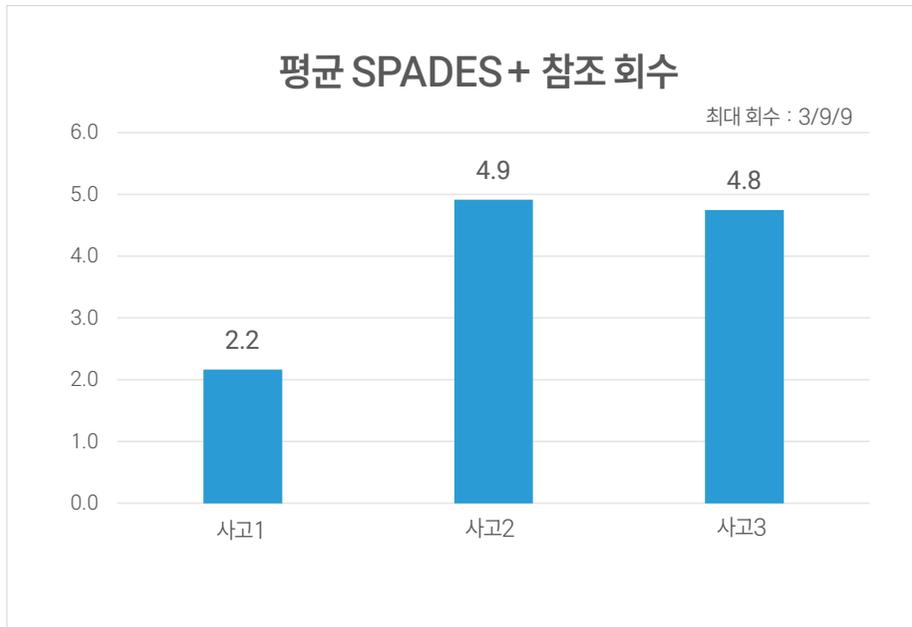
- 사고2와 사고4 분석 (LOCA with SPADES+, LOCA with No SPADES+)



분야	실험자	사고진단시간 - 2	사고진단시간 - 4
계측	안XX	154	284
계측	김XX	378	275
계측	홍XX	272	155
안전전략	조XX	210	166
안전전략	박XX	142	370
성능해석	X슬X	137	68
성능해석	김XX	147	58
성능해석	정XX	240	215
유체	원XX	242	160
유체	이XX	177	124
유체	X현X	158	124
기계	최XX	330	219
기계	이XX	220	210

4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

2. SPADES+ 참조 회수와 사고 시간



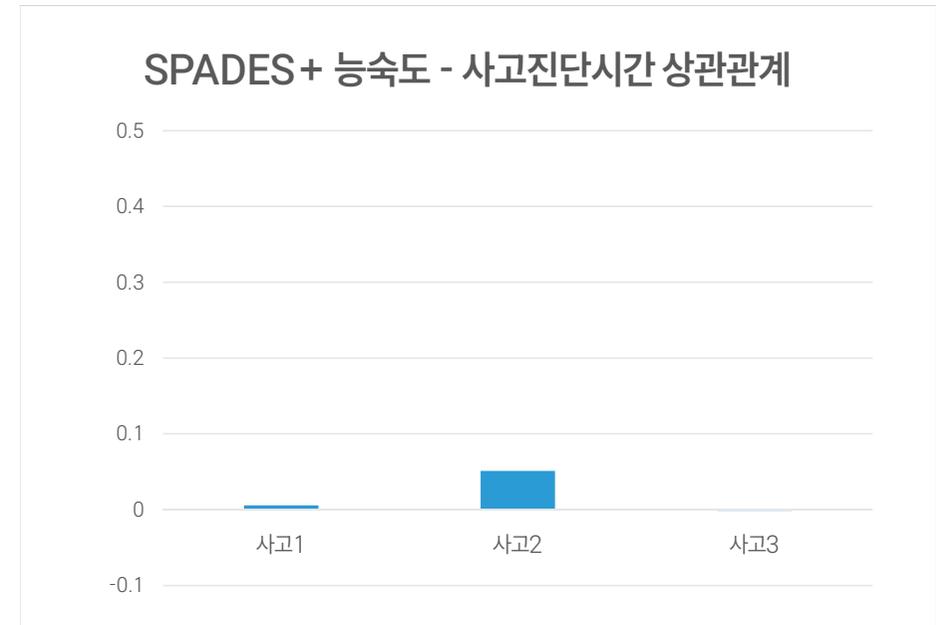
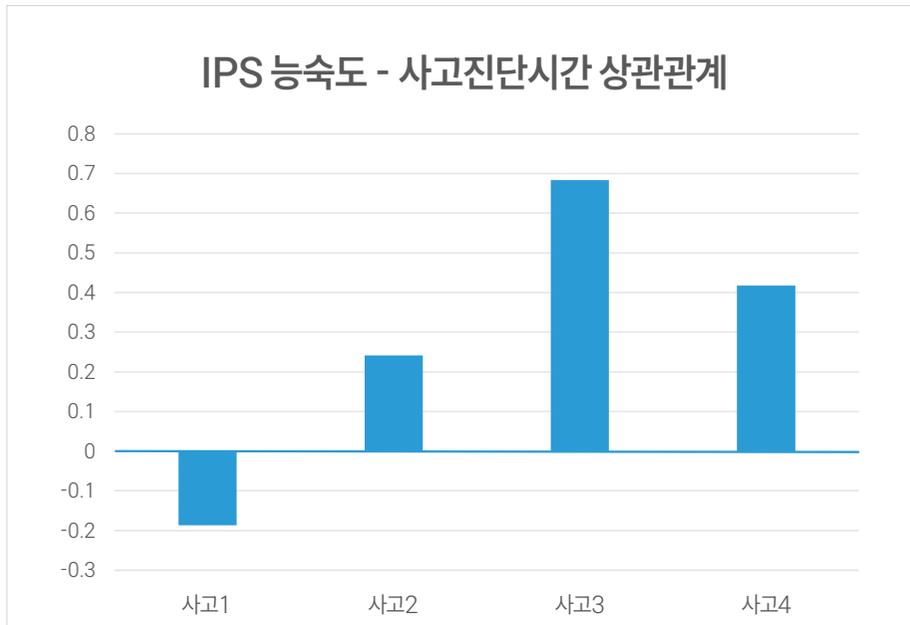
4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

3. IPS, SPADES+ 능숙도와 사고진단시간 상관관계*

*상관 관계는 다음에 따라 피어슨 상관계수 도출

$$r = \frac{\sum(x_t - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_t - \bar{x})^2 \sum(y_t - \bar{y})^2}}$$

x_t = SPADES(IPS) Proficiency (Consumed time for finding variable)
 \bar{x} = Average of x_t
 y_t = Average Consumed time for accident diagnosis
 \bar{y} = Average of y_t



4 SPADES+ 활용성 검토를 위한 실험 분석

4. 후기 및 개선 사항 의견

- 사고 진단 시 발전소 변수의 추이를 볼 수 있어야 상태 정확히 판별 가능 (안전 해석)
- 비상운전절차에 명시된 순서/구조와 비슷한 형식으로 프로그램 구성 필요 (안전 해석)
- 사고 진단에 필요한 변수 리스트를 보여주는 프로그램 형식은 적절하지만, 충분한 가이드가 더 있어야 될 것 같음 (유체)
- 사고 시 관련 경보에서 봐야할 비상운전절차서 번호 및 차례를 보여주는 것이 필요 (유체)

Performer	Score				
	(0 to 10)	Q1	Q2	Q3	Q4
1	9	0	0		
2	8				0
3	9	0			0
4	10		0		
5	5	0			
6	5		0		
7	5	0			
8	0				
9	10	0	0		
10	5	0	0		
11	7	0			
12	9	0			
13	5				0

Score : Rate of utility of SPADES+ Program
 Q1: Does SPADES+ provide intuitive cognitive information?
 Q2: Is the quantity of displayed information appropriate?
 Q3: Is the displayed information highly reliable?
 Q4: Is the integration of EOP and SPADES+ beneficial?

Conclusion

[결론 상세]

1) SPADES+ 의 사용자 교육이 유용성을 높였는가?

: 크게 영향 미친 것 같지 않다. SPADES+와 사고 진단 시간 간의 상관 관계 낮았음

2) EOP와 SPADES+의 연계가 SPADES+유용성을 높이는데 도움 되었는가?

: 크게 도움 준 것 같지 않다.

a) 사용자 후기 (EOP 연계가 도움 되었는가 ? 에 대하여 오직 3명만 체크)

b) 동일 사고 케이스 (사고 2, 4)에서 SPADES+ 연계(사고2) 시 오히려 사고 진단 시간 더 걸림

[추가 고려 필요 사항]

1) 비상운전절차 연계사항에 대한 적절성 : 좀 더 명료하게 문구 작성 필요 했음.

2) SPADES+ 교육의 미비 : 일부 실험자는 SPADES+ 기능 잘못 이해

3) 교육 대상자의 적절성 : 교육 대상자 엔지니어, 명확한 데이터를 얻기 위해선 운전원 대상 실험 필요