



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

AI 기반 ARAS(육군 위험성평가 지원체계)
발전방향 연구



HANSUNG
UNIVERSITY

2026년

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 선 응

석사학위논문
지도교수 공평원

AI 기반 ARAS(육군 위험성평가 지원체계)
발전방향 연구

A Study on the Development Directions of the
AI-Based ARAS (Army Risk Assessment
Support System)



HANSUNG
UNIVERSITY

2025년 12월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 선 응

석사학위논문
지도교수 공평원

AI 기반 ARAS(육군 위험성평가 지원체계) 발전방향 연구

A Study on the Development Directions of the
AI-Based ARAS (Army Risk Assessment
Support System)

위 논문을 사회안전학 석사학위 논문으로
제출함

2025년 12월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 선 응

김선웅의 사회안전학 석사학위 논문을 인준함

2025년 12월 일



HANSUNG
UNIVERSITY

심사위원장 최 천 근 (인)

심사위원 조 용 민 (인)

심사위원 공 평 원 (인)

국 문 초 록

AI 기반 ARAS(육군 위험성 평가 지원체계) 발전방향 연구

한 성 대 학 교 행정대 학 원
사 회 안 전 학 과
사 회 안 전 정 책 전 공
김 선 응

본 연구는 현재 육군에서 운영 중인 ARAS(Army Risk Assessment Support System)의 구조적 한계를 체계적 문헌분석을 통해 진단하고, AI 기술을 활용한 혁신적 개선 방안을 이론적으로 탐구하여 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

21세기 현대 군사작전은 전통적인 대칭전쟁에서 비대칭전쟁, 하이브리드 전쟁으로 그 양상이 급격히 변화하고 있으며, 이에 따라 군사조직은 더욱 복잡하고 다차원적인 위험요소들에 직면하고 있다. 우리 육군은 이러한 변화에 대응하기 위해 2020년부터 ARAS를 도입하여 체계적인 위험관리를 시행하고 있으나, 여러 구조적 한계점이 지적되고 있는 상황이다.

연구방법으로는 체계적 문헌고찰(Systematic Literature Review) 방법론을 채택하여 2015년부터 2025년까지의 국내외 관련 연구를 종합적으로 분석하였다. 분석 대상은 ARAS 관련 연구, AI 기술 적용 연구, 기술 수용이론, 시스템 설계 방법론을 포함하였으며, 주요 학술 데이터베이스에서 동

료심사를 거친 학술논문과 정부 보고서를 중심으로 문헌을 선정하였다.

구체적인 시스템 설계 방안으로는 3계층 통합 아키텍처를 제시하였다. 1계층에서는 도메인별 전문 모델들이 독립적으로 예측을 수행하고, 2계층에서는 메타 모델이 개별 예측 결과를 통합하며, 3계층에서는 불확실성 추정과 신뢰구간 계산을 통해 예측 결과의 신뢰도를 제공한다.

AI 기술 도입을 통한 기대효과로는 평가 체계의 일관성 향상, 평가의 신속성과 효율성 증대, 위협 예측 정확성 강화, 군사 안전사고 예방, 데이터 기반 의사결정 지원, 지속적 평가 체계 개선, 첨단 군 과학화 실현 등 다양한 핵심 영역에서의 개선이 예상된다.

본 연구의 학술적 의의는 군사 위협관리 이론을 4차 산업혁명 시대에 맞게 확장하고, AI의 군사 적용 이론 영역을 안전관리 분야로 확장한 것이다. 실무적으로는 국방혁신 4.0 정책의 구체적 실행방안을 제시하고 현장 적용 가능한 시스템 설계 방안을 제공하였다. 정책적으로는 데이터 기반 국방정책 수립의 기반을 마련하고 국방 예산 배분의 효율성 제고에 기여하였다.

연구의 한계로는 문헌연구 방법론으로 인한 실증적 검증의 부족, 단일 군종 중심의 분석 범위, 기술적 세부사항의 개념적 수준 제안 등이 있다. 향후 연구 과제로는 AI 기반 ARAS 프로토타입 개발, 사용자 수용성 실증 조사, 3군 통합 위협관리 체계 구축, 차세대 군사 위협관리 이론 개발 등을 제시하였다.

결론적으로, AI 기술의 도입은 ARAS가 직면한 기존의 한계를 극복하고 군의 위협관리 체계를 차세대 수준으로 발전시키는 전환점이 될 것이다. 이는 궁극적으로 군의 안전사고 예방과 훈련 효율성 증대, 나아가 군의 전반적인 신뢰성과 운영 효율성을 제고하는 데 실질적인 기여를 할 것으로 기대되며, 21세기 정보화 시대에 걸맞는 과학적이고 효율적인 군사 조직으로의 발전을 견인할 것이다.

주요어: ARAS, 위협성평가, 인공지능, 머신러닝, 디지털전환, 국방혁신

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구 배경 및 목적	1
제 2 절 연구 문제 및 명제	11
제 3 절 연구 방법 및 범위	13
제 4 절 연구의 의의 및 기대효과	15
제 2 장 ARAS 체계 및 비교 분석	17
제 1 절 위험성평가의 이론적 기초	17
제 2 절 육군 위험성평가체계(ARAS)	21
제 3 절 ARAS와 KRAS 2.0 비교 분석	28
제 3 장 현행 ARAS의 한계 및 AI 기술 동향 분석	35
제 1 절 ARAS 체계의 구조적 한계	35
제 2 절 AI 기술 동향 및 위험관리 적용 가능성 분석	42
제 4 장 AI 기반 ARAS의 발전방향 및 기대효과	48
제 1 절 AI 기법을 적용한 위험 예측 모델 구축	48
제 2 절 설명 가능한 AI(XAI)를 통한 지휘결정 지원	53
제 3 절 자동화된 위험 평가 및 대응 우선순위 설정	55
제 4 절 기대효과	58
제 5 장 결 론	60
참 고 문 헌	66
ABSTRACT	71

표 목 차

[표 1-1] ARAS 평가 프로세스 주요 문제점 정리	8
[표 1-2] ARAS AI 기반 고도화 연구: 세부 연구 목표	11
[표 1-3] 본 연구의 주요 연구 문제	12
[표 1-4] 본 연구의 주요 연구 명제	13
[표 2-1] 위험성평가 수식	24
[표 2-2] 위험성평가 기준표	24
[표 2-3] 위험성평가 기능별 담당 및 내용	26
[표 2-4] 위험성평가 대상 활동 유형 및 관리 기준	27
[표 2-5] ARAS vs. KRAS 2.0 비교표	31
[표 2-6] ARAS vs. KRAS 2.0 절차 비교표	31
[표 2-7] ARAS와 KRAS 2.0 기능 비교	32
[표 2-8] ARAS와 KRAS 2.0 장·단점 비교	33
[표 4-1] 위험도 평가 매트릭스	57
[표 4-2] ARAS AI 도입 시 주요 개선효과	58

그림 목 차

[그림 1-1] ARAS(육군 위험성 평가 지원체계)	2
[그림 1-2] 기존 KRAS 양식지(좌)와 KRAS 2.0 버전(우)	3
[그림 1-3] 위험성평가시스템(KRAS) 2025년 개편 주요 내용 및 활용 방법	4
[그림 1-4] 미 국방부의 AI 전략서(2018)와 알 우데이드 공군기지 (Al Udeid Air Base) 내 연합 공중작전본부	5
[그림 4-1] AI 기반 위험관리 대시보드 예시(히트맵 포함)	48
[그림 4-2] LSTM(Long Short-Term Memory) / RNN 데이터처리 구조 ...	50
[그림 4-3] 데이터 증강(Data Augmentation) 기술 적용 예시	51
[그림 4-4] ARAS 3계층 AI 위험예측 대시보드 예시	52
[그림 4-5] XAI(Explainable Artificial Intelligence)기술 적용 예시	53
[그림 4-6] 심층 강화 학습(MATLAB 및 Simulink)	56
[그림 4-7] 행정안전부에서 개발 중인 종합위험관리시스템	58

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

가. 현대 군사작전 환경의 변화와 위험관리의 중요성

21세기 현대 군사작전은 전통적인 대칭전쟁에서 비대칭전쟁, 하이브리드 전쟁¹⁾으로 그 양상이 급격히 변화하고 있다. 이러한 변화는 군사조직으로 하여금 더욱 복잡하고 다차원적인 위험요소들에 직면하게 만들고 있으며, 기존의 정형화된 위험관리 체계만으로는 급변하는 전장 환경에서의 다양한 위협에 효과적으로 대응하기 어려운 상황이 되었다. 특히 무인항공체계(UAV)²⁾, 사이버전³⁾, 전자전⁴⁾ 등 첨단 기술을 활용한 새로운 형태의 위협들이 등장하면서, 군사작전 수행 과정에서 발생할 수 있는 위험요소의 스펙트럼이 크게 확대되었다.

이에 따라 현대 군사조직은 작전 및 훈련 활동 전반에 걸쳐 보다 체계적이고 과학적인 위험성 평가 시스템의 구축이 절실히 요구되고 있다. 미군의 경우 이미 1990년대부터 체계적인 위험관리(Systematic Risk Management) 개념을 도입하여 모든 군사활동에 적용하고 있으며,⁵⁾ 이를 통해 안전사고 발생률을 현저히 감소시키는 성과를 거두고 있다. 영국군 역시 Defence

- 1) 하이브리드 전쟁(Hybrid Warfare): 전통적 군사 수단과 비군사적 수단(사이버전, 정보전, 경제전 등)을 복합적으로 활용하는 새로운 형태의 전쟁 양상을 의미한다.
- 2) 무인항공체계(UAV, Unmanned Aerial Vehicle): 조종사가 탑승하지 않고 원격 조종이나 자동 항법으로 비행하는 항공기 시스템이다.
- 3) 사이버전(Cyber Warfare): 컴퓨터 네트워크와 정보시스템을 대상으로 하는 공격 및 방어 활동을 포함하는 전쟁의 한 형태이다.
- 4) 전자전(Electronic Warfare): 전자기 스펙트럼을 이용하여 적의 전자장비를 무력화하거나 자신의 전자장비를 보호하는 전투 양상이다.
- 5) 안재현·박찬영·박상훈·윤홍식. (2021). "국방 안전관리시스템 개선을 위한 주요 외국군 사례 분석 연구", 『Journal of the Korean Society of Safety』, 36(2), p. 71.

Risk Management Framework를 통해 통합적 위험관리 체계를 운영하고 있으며, 이는 전략적 수준에서부터 전술적 수준까지 모든 계층에서 일관된 위험평가 기준을 적용하는 것을 특징으로 한다.

나. 우리 군의 위험관리 체계 현황과 ARAS의 도입

우리 육군은 이러한 국제적 동향과 군사작전 환경의 변화에 발맞춰 2020년부터 ARAS(Army Risk Assessment Support System, 육군 위험성 평가 지원체계)를 단계적으로 도입하기 시작하였다.⁶⁾ ARAS는 '교육훈련 등 부대활동을 하기에 앞서 위험요인을 식별한 다음 제대별 평가를 통해 위험 감소대책을 수립하는 군 인트라넷 기반의 위험성 평가체계'로 정의되며, 대대급 이상 전 부대에서 훈련 및 작전, 각종 부대활동을 시행하기 전 안전에 관한 위험성 평가를 의무적으로 실시하도록 하는 체계이다.⁷⁾



[그림 1-1] ARAS(육군 위험성 평가 지원체계)

ARAS의 도입 배경에는 군내 안전사고 발생률 증가와 이에 따른 사회적 관심 증대가 있었다. 국정감사 자료에 따르면 2018년부터 2019년까지 군 안전사고로 인한 사망자 수는 연간 20명을 상회하였으며,⁸⁾ 이는 병역

6) 박민석·백병호·박승배·전남주. (2024). "육군 위험성평가체계의 사고예방효과에 관한 연구", 「한국산업경영시스템학회지」, 47(2), p. 84.

7) 상계논문, p. 85.

8) 국방부, 「매년 군내 안전사고로 20여명 사망...국방부 '안전정책팀' 신설」, 연합뉴스, 2020년 5월 6일, 온라인: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200507115700504>

의무를 이행하는 국민들과 그 가족들에게 심각한 우려를 야기하였다. 이에 국방부는 군 안전관리 체계의 근본적 개선을 위해 사전 예방적 위험관리 시스템의 필요성을 인식하게 되었고, 그 결과물이 바로 ARAS인 것이다.

현재 ARAS는 군 인트라넷을 기반으로 설계되어 야전부대 사용자들이 손쉽게 위험요소를 식별하고, 위험도를 평가하며, 이를 기반으로 예방대책을 수립할 수 있도록 지원하고 있다. 이는 작전 환경, 병력 상태, 장비 조건 등을 종합적으로 고려하여 군사 활동 전반의 안전을 제고하려는 목적을 지니며, 군단에서 대대급까지 실질적인 의사결정의 참고 자료로 활용되고 있다.⁹⁾

다. 민간 분야의 위험성 평가 체계와의 비교 검토

우리나라의 위험성 평가 체계는 군 분야뿐만 아니라 민간 산업 분야에서도 활발히 운영되고 있다. 예를 들어 한국산업안전보건공단에서 운영하는 KRAS(Korea Risk Assessment System)는¹⁰⁾ 2013년 산업안전보건법 개정을 통해 사업장 위험성 평가를 의무화하면서 도입되었으며, ARAS보다 약 7년 앞서 운용되기 시작하였다.

적입대상	평가구분	위험성 평가표		평가기준	
		위험요소(위험/위험요소)	위험요소(위험/위험요소)	위험도	위험도
공공기관	위험성평가	13	작업장 사용자에게는 일 중독성 및 중독성, 작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	13	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%
	위험성평가	15	작업장 안전 관리 시스템 불충분 등	20%	30%

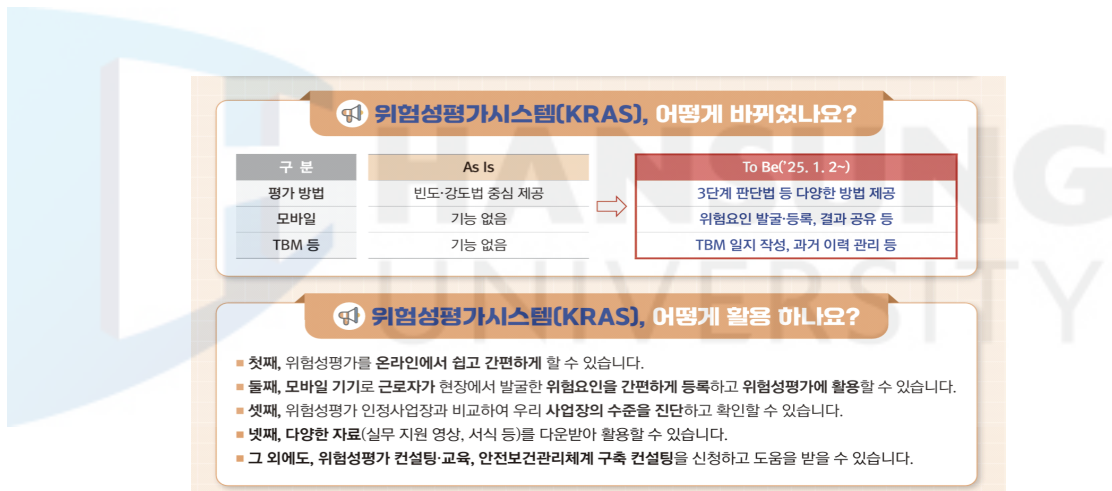


[그림 1-2] 기존 KRAS 양식지(좌)와 KRAS 2.0 버전(우)

9) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, p. 86.
 10) 한국산업안전보건공단, "위험성평가시스템(KRAS) 사용자 매뉴얼," 2024.
<https://kras.kosha.or.kr/kras24/>

특히 주목할 점은 KRAS가 2025년 1월 2일부터 KRAS 2.0 버전을 출시하여 모바일 웹 기능을 추가하고, 기존 서류 방식에서 탈피하여 현장 근로자가 모바일로 위험요인을 제보하고 이를 평가에 반영하는 실시간 위험관리 체계로 진화하였다는 점이다.¹¹⁾

이러한 KRAS 2.0의 핵심 특징은 다음과 같다. 첫째, 현장 중심의 실시간 위험요인 발굴 및 관리가 가능하다는 점이다. 작업자들이 현장에서 직접 모바일을 통해 위험요인을 신고할 수 있으며, 이는 즉시 관리자에게 전달되어 신속한 대응이 가능하다. 둘째, 데이터 기반의 체계적인 위험성 평가가 이루어진다는 점이다. 축적된 데이터를 바탕으로 위험 패턴을 분석하고, 이를 통해 보다 정확한 위험 예측이 가능하다. 셋째, 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 접근성을 대폭 향상시켰다는 점이다.



[그림 1-3] 위험성평가시스템(KRAS) 2025년 개편 주요 내용 및 활용 방법

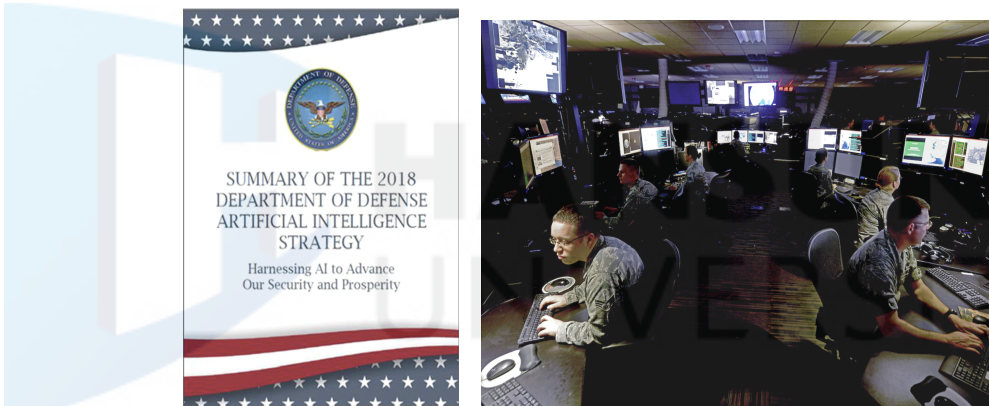
이와 비교할 때, 현재 ARAS는 여러 가지 구조적 한계에 직면해 있다는 지적이 제기되고 있다. 특히 KRAS 2.0에 비해 실시간 위험요인 식별 기능이 부족하고, 평가 과정에서 사용자의 주관적 판단에 크게 의존하며, 데이터 기반 피드백 체계가 미흡하다는 점 등이 주요 문제점으로 지적되고 있다.¹²⁾

11) 고용노동부, 「이제 위험성평가를 온라인과 모바일로 더 쉽고 간편하게」, 보도자료, 2025년 1월 2일, 온라인: https://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=17418

12) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, pp. 84-92.

라. 인공지능 기술의 발전과 군사 분야 적용 확산

최근 들어 인공지능(AI) 기술의 급속한 발전은 군사 분야에서도 혁신적인 변화를 이끌어내고 있다. 미국의 경우 2018년 국방부 차원의 AI 전략을 수립하고 Project Maven¹³⁾을 통해 AI 기술을 군사 정보 분석에 활용하고 있으며,¹⁴⁾ 합동인공지능센터(JAIC)¹⁵⁾를 설립하여 국방 분야 AI 적용을 체계적으로 추진하고 있다. 특히 주목할 점은 AI 기술이 단순한 정보 처리나 분석을 넘어서 의사결정 지원, 위험 예측, 작전 계획 수립 등 군사작전의 핵심 영역으로 그 적용 범위가 확대되고 있다는 것이다.



[그림 1-4] 미 국방부의 AI 전략서(2018)와 알 우데이드 공군기지 (AI Udeid Air Base) 내 연합 공중작전본부¹⁶⁾

국내에서도 AI의 군사적 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 황

-
- 13) Project Maven: 미국 국방부가 2017년 시작한 AI 기반 군사정보 분석 프로젝트로, 무인 항공기가 촬영한 영상을 AI가 자동으로 분석하여 표적을 식별하는 시스템이다.
 - 14) 예를 들어 알 우데이드 공군기지 내 연합 공중작전본부(Combined Air Operations Center, CAOC)의 정보·감시·정찰 부서는 이와 같은 AI 기술을 활용해 전역 위협과 표적 현황을 통합 제공하고 있다.
 - 15) 합동인공지능센터(JAIC, Joint Artificial Intelligence Center): 미국 국방부 내 AI 기술 개발과 적용을 총괄하는 기관으로 2018년 설립되었다.
 - 16) 박영욱, 「왜 국방 인공지능(AI)의 도입이 절실한가? - 미국 국방부의 인공지능 발전 추세를 중심으로」, 『한국국방기술학회 포디움』, No.03, 2020.

태성 등(2020)은 AI의 군사적 활용 가능성에 대해 전술적 수준과 작전적 수준으로 구분하여 분석하면서, 특히 스워밍 전술¹⁷⁾과 다영역 작전¹⁸⁾ 등 미래전의 핵심 개념 구현에 AI 기술이 필수적임을 강조하였다.¹⁹⁾ 또한 오동한(2022)은 국방 분야에서 인공지능 기술 활용의 중요성을 제기하면서, 특히 설명 가능한 인공지능(XAI) 기술의 도입이 지휘관의 신뢰성 있는 의사결정을 위해 필수적임을 주장하였다.²⁰⁾

마. 4차 산업혁명과 국방 디지털 전환의 필요성

현재 전 세계적으로 진행되고 있는 4차 산업혁명은 국방 분야에서도 디지털 전환(Digital Transformation)²¹⁾의 필요성을 더욱 부각시키고 있다. 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅 등의 핵심 기술들이 군사 분야에 적용되면서, 전통적인 군사작전 개념과 방식에 근본적인 변화가 요구되고 있다. 특히 데이터 중심의 의사결정 체계 구축, 실시간 상황 인식 능력 향상, 예측적 분석을 통한 선제적 대응 등이 미래 군사력의 핵심 요소로 부상하고 있다.²²⁾

우리나라 국방부 역시 이러한 변화에 발맞춰 '국방혁신 4.0'을 추진하고 있으며, 이는 4차 산업혁명 기술을 국방 분야에 적용하여 군의 전투력을 향상시키고 운영 효율성을 제고하려는 종합적인 계획이다. 특히 AI 기반 지능형 국방체계 구축, 빅데이터를 활용한 예측적 분석 체계 도입, 클

17) 스워밍 전술(Swarm Tactics): 다수의 소형 무인체계가 군집을 이루어 협조적으로 작전을 수행하는 전술 개념이다.

18) 다영역 작전(Multi-Domain Operations): 육상, 해상, 공중, 우주, 사이버, 전자기 스펙트럼 영역을 통합하여 수행하는 현대적 작전 개념이다.

19) 황태성·이만석. (2020). "인공지능의 군사적 활용 가능성과 과제", 『한국군사학논집』, 76(3), pp. 10-14.

20) 오동한. (2022). "국방 분야에서 인공지능 기술 활용실태와 XAI(설명 가능한 인공지능) 기술 활용방향 제시", 『국방논단』, pp. 2-3.

21) 디지털 전환(Digital Transformation): 디지털 기술을 조직의 모든 영역에 적용하여 근본적인 변화를 이끌어내는 과정이다.

22) 이창은 외. (2021). "지휘관들의 의사결정지원을 위한 AI 군참모 기술동향", 『ETRI Electronics and Telecommunications Trends』, 36(1), p. 90.

라우드 기반 통합 정보 시스템 구축 등이 핵심 과제로 설정되어 있다.

2. 연구의 필요성

가. ARAS 체계의 구조적 한계와 개선 필요성

현재 운영되고 있는 ARAS는 도입 초기 목적인 체계적 위험관리 기반 구축이라는 측면에서는 일정한 성과를 거두었으나, 급변하는 군사작전 환경과 증가하는 사용자 요구를 충족하기에는 여러 가지 구조적 한계를 보이고 있다.

첫째, 평가 과정에서의 주관성 문제이다. 현재 ARAS는 평가자의 경험과 판단에 크게 의존하는 구조로 되어 있어, 동일한 훈련이나 작전에 대해서도 평가자에 따라 상이한 위험도가 산출되는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 이는 부대별로 일관성 없는 안전 대책이 수립되는 결과를 초래하며, 궁극적으로 위험관리 체계의 신뢰성을 저해하는 요인으로 작용하고 있다.

둘째, 실시간 데이터 반영의 한계이다. 현재 ARAS는 정적인 정보 입력 방식을 채택하고 있어, 기상 변화, 장비 상태 변화, 병력 컨디션 변화 등 동적으로 변화하는 위험요소들을 실시간으로 반영하기 어려운 구조이다. 이는 특히 야외 훈련 등 실전적 훈련에서 치명적인 한계로 작용할 수 있다.

셋째, 자동화 수준의 미흡함이다. 현재 시스템은 대부분의 평가 과정이 수작업으로 이루어지고 있어 시간 소모가 크고, 반복적인 업무로 인한 피로도 증가가 평가 품질 저하로 이어지는 악순환 구조를 보이고 있다.

넷째, 과거 사례 기반 학습 기능의 부재이다. 현재 ARAS는 단발성 평가에 그치고 있어, 과거 발생한 사고 사례나 성공적인 위험 관리 사례들이 향후 평가에 체계적으로 반영되지 못하고 있다. 이는 조직 학습 측면에서 중대한 손실이며, 동일한 유형의 사고가 반복되는 원인 중 하나로 지적되고 있다. 이를 정리하면 다음 표와 같다.

[표 1-1] ARAS 평가 프로세스 주요 문제점 정리²³⁾

항목	문제 요약	상세 설명	영향 / 결과
주관성	평가자의 경험·판단의존	동일 훈련/작전이라도 평가자에 따라 위험도 산출이 상이	부대별 안전 대책의 일관성 저하, 위험관리 체계 신뢰성 약화
실시간성 부족	동적 변화 반영 어려움	기상·장비 상태·병력 컨디션 등 실시간 변수 미반영 (정적 입력 구조)	야외·실전적 훈련에서 치명적 한계, 위험 대응 지연
자동화 미흡	수작업 중심 평가 프로세스	반복 업무로 시간 소모·피로 누적, 품질 저하로 연결	업무 비효율·평가 신뢰도 저하의 악순환
사례 학습 부재	과거 사례 축적/반영 없음	사고·성공 사례가 다음 평가에 체계적으로 적용되지 않음	조직 학습 손실, 유사 사고의 반복 가능성 증가

나. AI 기술 적용을 통한 혁신적 개선 가능성

앞서 언급한 ARAS의 구조적 한계들은 최신 AI 기술의 적용을 통해 상당 부분 해결 가능할 것으로 판단된다. 특히 다음과 같은 영역에서 AI 기술의 적용이 혁신적인 개선 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

첫째, 머신러닝 기반 위험 예측 모델의 구축이다. 과거 훈련 및 작전 데이터를 학습한 AI 모델은 다양한 변수들 간의 복잡한 상관관계를 분석하여 보다 정확하고 객관적인 위험도 예측을 제공할 수 있다. 이는 평가자의 주관성에 의존하던 기존 방식의 근본적 한계를 극복할 수 있는 방안이다.

둘째, 실시간 데이터 통합 및 분석 기능의 구현이다. IoT 센서, 기상 정보 시스템, 장비 상태 모니터링 시스템 등과의 연동을 통해 실시간으로 변화하는 환경 요소들을 즉시 위험 평가에 반영할 수 있는 체계 구축이

23) 앞선 본문 내용을 저자가 표로 재정리함.

가능하다.

셋째, 자연어 처리(NLP)²⁴⁾ 기술을 활용한 평가 과정의 자동화이다. 훈련 계획서나 작전 명령서 등의 문서를 자동으로 분석하여 잠재적 위험요소를 추출하고, 이를 바탕으로 초기 위험 평가를 자동으로 수행하는 시스템 구축이 가능하다.

넷째, 설명 가능한 인공지능(XAI)²⁵⁾ 기술의 도입을 통한 신뢰성 확보이다. AI의 판단 과정과 근거를 투명하게 제시함으로써 지휘관들이 AI의 권고사항을 신뢰하고 적극적으로 활용할 수 있는 환경을 조성할 수 있다.

다. 문헌연구를 통한 체계적 분석의 필요성

ARAS의 AI 기반 발전 방향을 제시하기 위해서는 기존 연구 성과와 이론적 배경에 대한 체계적이고 종합적인 분석이 선행되어야 한다. 현재까지 ARAS와 관련된 연구들은 대부분 개별적이고 단편적인 접근에 그치고 있으며, AI 기술 적용 가능성에 대한 종합적 고찰은 부족한 실정이다.

문헌연구를 통한 체계적 분석은 다음과 같은 측면에서 필요성이 제기된다. 첫째, ARAS 관련 기존 연구들의 종합적 검토를 통해 현재까지의 연구 성과와 한계를 명확히 파악할 수 있다. 둘째, AI 기술의 위험관리 분야 적용 사례들을 체계적으로 분석하여 ARAS에의 적용 가능성과 기대 효과를 이론적으로 검토할 수 있다.

24) 자연어 처리(NLP, Natural Language Processing): 컴퓨터가 인간의 언어를 이해·생성·변환할 수 있도록 텍스트와 음성 데이터를 수치화·해석하는 인공지능 연구/기술 분야이다. 형태소·구문·의미 분석을 바탕으로 분류, 개체명 인식, 기계번역, 질의응답, 요약, 감정분석 등 다양한 과업을 수행하며, 대규모 말뭉치와 임베딩을 활용해 언어 패턴을 학습한다.

25) 설명가능한 인공지능(XAI, Explainable Artificial Intelligence) :복잡한 모델의 내부 추론 과정을 인간이 이해 가능한 형태로 드러내어, 예측이 “왜 그렇게 나왔는가”에 대한 근거를 제공함으로써 신뢰성 제고와 모델 검증·디버깅을 가능케 하는 연구·기술 분야이다. XAI는 규제 준수(감사·책임성), 위험관리(편향·안전성), 의사결정 지원(의료·금융·공공정책 등)이라는 실무적 요구를 충족하기 위해 전역 설명(모델 전반의 규칙·경향 요약)과 국지 설명(개별 사례의 결정 요인·기여도 제시)을 함께 활용한다.

3. 연구 목적

가. 주요 연구 목적

본 연구는 현재 육군에서 운영 중인 ARAS의 구조적 한계를 체계적 문헌분석을 통해 진단하고, 최신 AI 기술을 활용한 혁신적 개선 방안을 이론적으로 탐구하여 제시하는 것을 주요 목적으로 한다. 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, ARAS 관련 기존 연구의 종합적 고찰이다. 국내외에서 수행된 ARAS 및 유사 위험성 평가 시스템에 대한 연구들을 체계적으로 수집하고 분석하여, 현재까지의 연구 성과와 한계를 종합적으로 파악한다. 이를 통해 ARAS의 현황과 문제점에 대한 이론적 근거를 확립한다.

둘째, AI 기술의 위험관리 적용에 대한 이론적 고찰이다. 머신러닝, 딥러닝, 자연어 처리, 설명 가능한 AI 등 핵심 AI 기술들의 위험관리 분야 적용 사례와 이론적 배경을 종합적으로 분석한다. 이를 통해 각 기술의 ARAS 적용 가능성과 기대 효과를 이론적으로 검증한다.

셋째, 군사 조직의 기술 수용 특성에 대한 이론적 분석이다. 기존의 기술 수용 이론들을 군사 조직의 맥락에서 재검토하고, 군사 조직에서의 혁신 기술 도입 성공 요인을 이론적으로 탐구한다. 특히 AI와 같은 첨단 기술의 도입에 있어서 군사 조직만의 특수한 고려사항들을 도출한다.

넷째, AI 기반 ARAS 발전방향의 이론적 설계이다. 앞서 수행한 문헌 분석 결과를 종합하여, 이론적으로 타당하고 실현 가능한 AI 기반 ARAS 발전방향을 설계한다. 이 과정에서 기술적 측면뿐만 아니라 조직적, 제도적, 문화적 측면까지 종합적으로 고려한다.

다섯째, 정책적 시사점 및 실행 전략의 도출이다. 문헌분석을 통해 도출된 연구 결과를 바탕으로 ARAS의 AI 기반 고도화를 위해 필요한 정책적 지원 방안, 제도 개선 사항, 단계별 실행 전략 등을 이론적으로 제시한다.

나. 세부 연구 목표

상기한 주요 연구 목적을 달성하기 위한 세부 연구 목표는 다음과 같다.

[표 1-2] ARAS AI 기반 고도화 연구: 세부 연구 목표²⁶⁾

분류	세부 연구 목표
문헌분석을 통한 현황 진단	• ARAS 및 유사 시스템에 대한 기존 연구 동향 분석
	• 위험성 평가 시스템의 효과성 평가에 대한 이론적 고찰
	• 현행 시스템의 한계점에 대한 이론적 근거 확립
	• 국내외 위험관리 시스템 비교 분석을 통한 벤치마킹 요소 도출
AI 기술 적용 가능성 분석	• AI 기술별 위험관리 적용 이론 및 사례 분석
	• 각 AI 기술의 군사 분야 적용 가능성 이론적 검토
	• AI 기반 위험관리 시스템의 성과 요인 분석
	• 기술 도입에 따른 조직적 영향 분석
ARAS 발전방향 제시	• AI 기반 위험관리 시스템의 이론적 프레임워크 구축
	• 군사 조직 맥락에서의 기술 수용 모델 개발
	• 시스템 설계를 위한 이론적 아키텍처 제시
	• 성공 요인과 장애 요인에 대한 이론적 분석틀 구축
정책적 시사점 및 실행 전략의 도출	• 이론 기반 정책 방향성 도출
	• 단계적 도입 전략의 이론적 근거 제시
	• 조직 및 제도 개선 방안의 이론적 기반 마련
	• 성과 측정 및 평가를 위한 이론적 프레임워크 제시

제 2 절 연구 문제 및 명제

1. 연구 문제

본 연구에서 문헌분석을 통해 탐구하고자 하는 핵심 연구 문제는 다음 표와 같다.

26) 출처 : 앞선 내용을 저자가 구체화하여 표로 정리한 내용임.

[표 1-3] 본 연구의 주요 연구 문제²⁷⁾

번호	주요 연구 문제	연구 목적/초점	세부 연구 질문(핵심)
1	ARAS의 구조적 한계와 위험관리 효과성에 대한 이론적 근거 규명	기존 문헌·평가보고서의 체계적 검토로 한계(주관성, 실시간성, 자동화 부족 등)와 그 이론적 영향 분석	<ul style="list-style-type: none"> ARAS 한계의 분류·설명 (위험관리 이론 관점) 평가자 주관성이 효과성에 미치는 영향 근거 실시간 데이터 부재의 동적 위험관리 함의 자동화 부족의 효율성 저하에 대한 이론적 분석
2	AI 적용 사례가 제공하는 ARAS 개선의 이론적 시사점	머신러닝·NLP·XAI·실시간 통합 등 사례 종합을 통한 이론 모델·실무 시사점 도출	<ul style="list-style-type: none"> 머신러닝 기반 위험예측 성공 요인 NLP 문서분석이 ARAS 자동화에 주는 시사점 XAI 적용에서 사용자 수용성 제고 요인 실시간 데이터 통합의 기술·조직 요구사항
3	군사 조직의 기술 수용 이론이 AI 기반 ARAS 도입에 주는 함의	기술수용모델·조직 혁신·군사 조직론 관점에서 성공적 도입 조건 도출	<ul style="list-style-type: none"> 군 특수성 반영한 기술수용모델 수정요소 위계성의 혁신 확산 영향에 대한 이론적 분석 조직문화 - 기술수용성 관계의 시사점 변화관리 관점의 조직적 준비요건
4	대규모 AI 시스템 구축 사례가 ARAS 구축에 주는 교훈	공공·민간의 성공/실패 요인 분석을 통한 전략적 접근 제시	<ul style="list-style-type: none"> 공공 부문에서의 공통 성공패턴 대규모 혁신 프로젝트 실패의 주요 위험 요인 단계적 도입 전략의 효과성 근거 이해관계자 참여와 성공률의 관계

2. 연구 명제

본 연구는 문헌연구 방법론을 채택함에 따라 통계적 가설 검증보다는 이론적 명제(Theoretical Proposition)²⁸⁾의 탐구와 검증에 중점을 둔다. 문헌분석을 통해 다음 표와 같은 주요 명제들을 탐구하고자 한다.

27) 출처 : 저자가 표로 정리한 내용임.

28) 이론적 명제(Theoretical Proposition): 이론적 근거에 기반하여 제시되는 가설이나 주장으로, 문헌분석을 통해 그 타당성을 평가할 수 있는 진술이다.

[표 1-4] 본 연구의 주요 연구 명제²⁹⁾

번호	주요 연구 명제(요약)	명제 취지/검증 초점	세부 탐구 명제(핵심)
1	ARAS의 구조적 한계(주관성·실시간성 한계·자동화 부족)이 현대 위험관리 이론 요구와 불일치하여 효과적 위험관리를 저해한다	문헌·평가보고서 기반으로 객관성·동적 대응성·효율성 요구와 ARAS 특성의 비교·이론적 타당성 검증	<ul style="list-style-type: none"> 평가자 주관성은 일관성·신뢰성 저해 실시간 데이터 미반영은 동적 대응 제약 자동화 부족은 효율·정확성 저하 사례 학습 부재는 조직 학습·지속개선 저해
2	AI 기술(ML·NLP·XAI 등)적용은 평가 정확성·업무 효율·사용자 만족도 개선에 유의미하며 ARAS에도 적용 가능	국내외 성공사례 종합으로 적용 가능성·기대 효과의 이론적 검토 및 군사 맥락 재해석	<ul style="list-style-type: none"> ML 위험예측은 인간 평가보다 일관성 ↑ NLP 문서분석은 위험요소 식별 자동화 실시간 데이터 통합은 신속 대응 지원 AI 기반 자동화는 평가 업무 효율 대폭 향상
3	XAI 도입은 기술수용 이론 측면에 있어 군 조직의 위계·지휘 책임 구조를 고려할 때 시스템 필수 요소	기술 수용·조직 신뢰·군 의사결정 구조 이론을 통해 설명가능성의 필요 조건규명	<ul style="list-style-type: none"> 군의 위계성은 의사결정 투명성 요구증대 지휘관 책임 구조는 XAI를 필수 요건화 조직 신뢰는 기술 수용의 핵심 매개변수
4	AI 기반 ARAS 구축 성공은 기술적 우수성만이 아니라 조직·제도·문화의 통합적 접근이 핵심	혁신 이론과 대규모 시스템 구축 사례를 바탕으로 TOE 프레임워크등으로 다면 분석	<ul style="list-style-type: none"> 기술 우수성만으로 성공 보장 불가 조직 준비도는 혁신 성공의 필요조건 제도적 지원이 지속가능성 결정 단계적 도입은 대규모 혁신 리스크 최소화

제 3 절 연구 방법 및 범위

본 연구는 ARAS의 구조적 한계를 체계적으로 진단하고 AI 기술을 활

29) 출처 : 저자가 표로 정리한 내용임.

용한 혁신적 개선 방안을 이론적으로 탐구하기 위해 질적 연구 방법론 중 체계적 문헌고찰(Systematic Literature Review)을 주요 연구 방법으로 채택한다. 체계적 문헌고찰은 특정 연구 질문에 대해 관련된 모든 연구를 체계적으로 식별, 선별, 평가, 종합하는 연구 방법으로, 객관적이고 재현 가능한 절차를 통해 기존 연구의 편향을 최소화하고 신뢰성 있는 결론을 도출할 수 있다는 장점이 있다.

먼저, 시공간적 범위로는 2015년부터 지금까지 10년간을 분석 기간으로 설정하고 대한민국을 주요 분석 대상으로 설정한다. 이를 통해 발전경과와 주요 문제점 및 보완사항을 파악하고, 우리나라 ARAS 발전 방향에 대한 시사점을 도출할 수 있다.

둘째, 내용적 범위는 ARAS 관련 연구, AI 기술 적용 연구, 기술 수용 이론, 시스템 설계 방법론을 핵심 분석 영역으로 설정한다. 기술적으로는 머신러닝/딥러닝, 자연어 처리, 설명 가능한 AI, 실시간 데이터 처리 기술을 중점적으로 다루며, 조직적 측면에서는 기술 혁신 확산, 변화 관리, 조직 학습 이론을 포함한다.

셋째, 분석 대상 문헌은 국내외 주요 학술 데이터베이스(KCI, IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink 등)에서 동료 심사를 거친 학술논문을 중심으로 하되, 정부 및 공공기관 보고서, 국제기구 문서, 학술대회 발표 자료 등을 포함한다. 문헌 선정 기준은 군사 분야 위험관리 시스템, AI 기술의 위험관리 적용, ARAS 또는 유사 시스템, 기술 수용 및 조직 혁신에 관한 연구로 설정한다.

넷째, 문헌 분석 방법으로는 각 선정된 문헌에서 서지 정보, 연구 특성, 주요 결과를 체계적으로 추출한 후, 주제별 내용분석³⁰⁾을 통해 ARAS 현황 및 한계, AI 기술 적용, 기술 수용, 성공 요인 등으로 분류하여 분석한다. 또한 시간적 비교, 지역적 비교, 방법론적 비교를 통한 종합적 분석을 실시하고, 메타종합(Meta-synthesis)³¹⁾을 통해 새로운 이론적 모델을 도출한다.

30) 주제별 내용분석(Thematic Content Analysis): 텍스트 데이터에서 주요 주제와 패턴을 체계적으로 식별하고 분석하는 질적 연구 방법이다.

31) 메타종합(Meta-synthesis): 정성적 연구들의 결과를 통합하여 새로운 해석이나 이론을 도출

제 4 절 연구의 의의 및 기대효과

본 연구는 체계적 문헌고찰을 통해 군사 분야 위험관리 체계에 AI 기술을 적용하는 방안을 이론적으로 분석함으로써 학술적, 실무적, 정책적 측면에서 중요한 의의를 갖는다.

첫째, 학술적 측면에서는 기존의 군사 위험관리 이론이 주로 인간 중심의 의사결정 과정에 초점을 맞추어 온 한계를 극복하고, AI 기술이 통합된 새로운 위험관리 패러다임을 이론적으로 제시함으로써 전통적인 위험관리 이론을 4차 산업혁명 시대의 기술 환경에 맞게 확장하는 중요한 이론적 기여를 할 수 있다. 또한 그동안 AI의 군사 적용이 주로 무기체계나 작전 분야에 집중되어 온 상황에서, 본 연구는 안전관리 및 위험평가 분야로 그 이론적 영역을 확장함으로써 AI의 군사 적용 이론을 더욱 체계적으로 발전시킬 수 있다.

둘째, 실무적 측면에서는 현재 국방부에서 추진 중인 '국방혁신 4.0' 정책의 구체적 실행 방안으로서 AI 기반 위험관리 체계 구축 방안을 학술적으로 제시함으로써 정책의 이론적 타당성과 실효성 확보에 기여할 수 있다. 그동안 경험과 관례에 의존해 온 군 안전관리 정책을 데이터와 AI 기술에 기반한 과학적 정책으로 전환하기 위한 이론적 근거와 실무적 방안을 제공함으로써, 실제 현장에서 활용할 수 있는 구체적인 개선 지침을 도출할 수 있다.

셋째, 정책적 측면에서는 기존 연구들의 비용-편익 분석 결과를 종합하여 AI 기반 위험관리 시스템 구축의 경제적 타당성을 제시함으로써 국방 예산의 효율적 배분을 위한 근거 자료를 제공할 수 있다. 해외 선진 사례 분석을 통해 국제적 표준과 모범 관행을 파악하여 국제 협력 방안과 표준화 방향을 제시함으로써, 우리나라 군사 위험관리 체계의 국제 경쟁력 확보에 기여할 수 있다.

넷째, 기대효과로는 단기적으로 ARAS 운영 개선을 위한 즉시 적용 가능한 방안 도출과 AI 기반 ARAS 구축을 위한 정책적 기반 마련을 기대할 수 있다. 중기적으로는 AI 기반 ARAS 시범 구축 및 검증과 군사 분야

AI 적용 모델의 확산을 통해 군 전체의 디지털 전환을 촉진할 수 있으며, 장기적으로는 군 안전사고의 현저한 감소와 스마트 국방 구현의 핵심 기반 조성을 통해 국가 안보 역량 강화에 기여할 수 있다.

다섯째, 방법론적 측면에서는 문헌연구 방법론을 통해 체계적이고 객관적인 분석을 수행함으로써 연구 결과의 신뢰성과 타당성을 확보하고, 향후 관련 분야 연구자들의 후속 연구를 촉진하는 이론적 기반을 제공할 수 있다. 특히 군사 분야의 특수성을 고려한 체계적 문헌고찰 방법론을 정립함으로써, 향후 군사 분야 연구의 방법론적 표준을 제시하는 데 기여할 수 있을 것이다.



제 2 장 ARAS 체계 및 비교 분석

제 1 절 위험성평가의 이론적 기초

1. 위험성평가의 개념과 필요성

가. 위험성평가의 정의

위험성평가(Risk Assessment)는 사업장 또는 조직 내 유해·위험요인을 파악하고, 해당 요인에 의한 부상 또는 질병의 발생 가능성과 중대성을 추정·결정하며, 이를 감소시키기 위한 적절한 조치를 수립·실행하는 일련의 과정을 의미한다.³²⁾

산업 활동이 고도화되고 복잡해짐에 따라 예기치 못한 재해 발생 빈도와 피해 강도가 증가하고 있으며, 이에 대응하기 위한 선제적·체계적 안전관리 기법의 필요성이 대두되었다.³³⁾ 위험성평가는 사고 발생 이후의 사후적 대응이 아닌, 사고 발생 이전에 잠재적 위험요인을 식별하고 제거함으로써 사고를 예방하는 선제적 안전관리 기법이다.

나. 위험성평가의 필요성

산업현장에서 발생하는 재해의 대부분은 잠재된 위험요인에 대한 사전 인식과 적절한 대응 부족에서 기인한다. 위험성평가는 다음과 같은 측면에서 필요성이 강조된다.

첫째, 사고 예방의 효과성이다. 위험요인을 사전에 파악하고 감소대책을 수립함으로써 사고 발생 가능성을 근본적으로 낮출 수 있다. 사고 발

32) 고용노동부, 「사업장 위험성평가에 관한 지침」, 2012; 고용노동부, 「2017년 위험성평가 해설 지침서」, 2017.

33) 김진역. (2023). 안전교육의 효과성 향상에 관한 연구 - 제조업 위험성평가 담당자 교육을 중심으로. 「재난정보학회지」, 19(1), pp. 97-104.

생 후 대응보다 사전 예방이 인적·물적 피해를 최소화하는 데 훨씬 효과적이다.³⁴⁾

둘째, 조직 구성원의 안전의식 향상이다. 위험성평가 과정에 관리자와 작업자가 함께 참여함으로써 조직 전체의 안전에 대한 경각심과 책임의식이 제고된다. 위험요인 식별과 감소대책 수립 과정은 구성원들의 능동적 안전관리 역량을 강화한다.

셋째, 체계적 안전관리 기반 구축이다. 위험성평가는 조직 내 안전관리를 일회성 활동이 아닌 지속적·체계적 프로세스로 정착시킨다. 평가 결과의 기록·관리·피드백을 통해 조직의 안전관리 수준이 지속적으로 향상된다.

넷째, 법적·제도적 요구 충족이다. 많은 국가에서 위험성평가를 법적으로 의무화하고 있으며, 이를 통해 사업장의 안전관리 책임을 명확히 하고 있다.

다. 위험성평가의 핵심 구성요소

위험성평가는 크게 세 가지 핵심 요소로 구성된다.

첫째, 위험요인 식별(Hazard Identification)은 사고 가능성이 있는 고유한 특징이나 속성을 파악하는 단계이다. 설비·장비, 작업방법, 작업환경, 인적 요소 등 다양한 측면에서 위험요인을 체계적으로 식별한다.³⁵⁾

둘째, 위험성 결정(Risk Determination)은 식별된 위험요인이 부상 또는 질병으로 이어질 수 있는 위험성의 크기를 정량적·정성적으로 평가하는 단계이다. 일반적으로 사고발생 가능성(Probability)과 사고결과의 중대성(Severity)을 조합하여 위험성 수준을 결정한다.³⁶⁾

셋째, 감소대책 수립 및 실행(Risk Control)은 평가된 위험성이 허용

34) 최현준. (2022). 소규모 건축현장 재해감소를 위한 위험성평가 방안. 「재난정보학회지」, 18(2), pp. 395-404.

35) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, pp. 84-92.

36) 서성화, 원종일, 우홍식 (2012). 4M 위험성평가 기법을 이용한 앗차사고의 효과적인 발굴기법. 한국안전학회지, 27(5), pp. 164-170.

불가능한 수준일 경우, 이를 허용 가능한 수준으로 낮추기 위한 대책을 수립하고 실행하는 단계이다. 감소대책은 우선순위에 따라 근본적 제거, 대체, 공학적 통제, 관리적 통제, 개인보호구 사용 순으로 적용된다.³⁷⁾

2. 국내외 위험성평가 제도

가. 국내 위험성평가 제도

우리나라는 2012년 고용노동부 고시를 통해 「사업장 위험성평가에 관한 지침」을 제정·공표하였다.³⁸⁾ 이는 산업안전보건법 제36조(위험성평가의 실시)를 근거로 하며, 사업주에게 위험성평가 실시 의무를 부여하고 있다.

국내 위험성평가 제도의 주요 특징은 다음과 같다. 첫째, 사업주 주도의 자율안전관리 체계를 지향한다. 사업주가 스스로 사업장의 위험요인을 발굴하고 개선하도록 함으로써 실질적인 안전관리가 이루어지도록 한다. 둘째, 근로자의 참여를 강조한다. 현장의 위험요인을 가장 잘 아는 근로자가 위험성평가 과정에 직접 참여함으로써 평가의 실효성을 높인다.³⁹⁾ 셋째, 지속적·반복적 실시를 원칙으로 한다. 최초평가, 수시평가, 정기평가로 구분하여 상시적 안전관리 체계를 구축한다.

고용노동부는 위험성평가 실시를 지원하기 위해 KRAS 2.0(Korea Risk Assessment System)를 개발·보급하였다. KRAS 2.0은 인터넷 기반의 위험성평가 지원 시스템으로, 사업장이 손쉽게 위험성평가를 실시하고 그 결과를 관리할 수 있도록 돕는다.

나. 주요 선진국의 위험성평가 제도

영국은 세계 최초로 위험성평가를 법제화한 국가로, 1974년 「산업안전보건법(Health and Safety at Work Act)」을 제정하였다. 영국 산업안전보건청

37) UK HSE, "Five steps to risk assessment," INDG163(rev), 1998.

38) 고용노동부, 「사업장 위험성평가에 관한 지침」, 고용노동부 고시 제2012-104호, 2012.

39) 정진우. (2014). 「우리나라 사업장 위험성평가 제도 실시에 관한 연구」. 한국안전학회지, 29(3), pp. 121-128.

(HSE)은 「위험성평가 5단계(Five Steps to Risk Assessment)」를 제시하여 사업장의 체계적인 위험성평가를 지원하고 있다.⁴⁰⁾ 5단계는 ① 위험요인 식별, ② 위험에 노출된 사람 파악 및 피해 정도 예측, ③ 위험성 평가 및 예방조치 결정, ④ 평가 결과 기록 및 이행, ⑤ 평가 결과 검토 및 필요시 개정으로 구성된다.

독일은 1996년 「산업안전보건법(Arbeitsschutzgesetz)」 개정을 통해 모든 사업장에 위험성평가 실시를 의무화하였다. 독일은 작업환경, 작업조직, 절차들을 포괄하는 총체적 위험성평가(Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung) 개념을 적용하고 있다.⁴¹⁾

일본은 2006년 「노동안전위생법」 개정을 통해 위험성평가를 법제화하였으며, 후생노동성은 위험성평가 실시를 위한 다양한 지침과 매뉴얼을 제공하고 있다. 일본은 제조업, 건설업 등 업종별 특성을 반영한 위험성평가 모델을 개발·보급하고 있다.⁴²⁾

3. 선행연구 검토

가. 정성적 분석 연구

한국산업안전보건공단(2007)은 위험성평가 시행 사업장과 미시행 사업장을 비교분석한 결과, 시행 사업장의 사업주와 근로자가 위험요인을 더 수월하게 인지할 수 있었으며, 안전의식 수준도 향상되었음을 확인하였다.⁴³⁾

정진우(2014)는 우리나라 사업장 위험성평가 제도 실시에 관한 연구에서 사업주의 인식 수준과 참여 의지가 평가 제도의 실효성을 결정짓는 핵심 요소를 밝혔다.⁴⁴⁾

40) UK HSE, "A Guide to Risk Assessment Requirements, common provisions in health and safety law," INDG218, 2002.

41) 신인재. (2013). 「독일, 영국과 한국, 일본 등 아시아 국가 간의 위험성평가 제도 비교연구」. 한국안전학회지, 28(1), pp. 151-157.

42) 상계논문.

43) 한국산업안전보건공단, "위험성평가 적용효과 분석에 관한 연구," 연구보고서, 2007.

44) 정진우. (2014). 「우리나라 사업장 위험성평가 제도 실시에 관한 연구」. 한국안전학회지, 29(3), pp. 121-128.

또한 신인재(2013)는 독일, 영국, 일본 등 해외 위험성평가 제도와 비교 분석을 통해, 한국의 위험성평가 제도 정착을 위해서는 사업주와 근로자의 안전문화 인식 제고가 필수적임을 강조하였다.⁴⁵⁾

나. 정량적 분석 연구

한국산업안전보건공단(2007) 연구에서는 위험성평가 시행이 근로자 결근율 감소, 산재 보험료율 경감 등에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.⁴⁶⁾

이동윤과 조규선(2023)은 철강업 위험성평가 운영 실태를 분석하고, 형식적 운영을 탈피하여 실질적 위험요인 감소로 이어지는 개선방안을 제시하였다.⁴⁷⁾

김태웅 등(2022)은 QFD 기법을 활용하여 위험성평가 방법론을 재분류하고 특성을 평가함으로써, 산업별·작업별로 적합한 위험성평가 기법 선택의 중요성을 강조하였다.⁴⁸⁾

제 2 절 육군 위험성평가체계(ARAS)

1. ARAS 개념 및 도입배경

가. ARAS의 정의

육군 위험성평가체계(ARAS: Army Risk Assessment Support System)는 '부대활동 이전에 위험요인을 식별한 후, 평가를 통해 감소대책을 수립

45) 신인재. (2013). 「독일, 영국과 한국, 일본 등 아시아 국가 간의 위험성평가 제도 비교연구」. 한국안전학회지, 28(1), pp. 151-157.

46) 한국산업안전보건공단, 전계보고서, 2007.

47) 이동윤, 조규선. (2023). 「A제철사 위험성평가 운영 실태 및 유해성·위험성 개선방안 연구」. 한국산화기술학회논문지, 24(9), pp. 487-496.

48) 김태웅, 정홍인, 장현애, 이용희, 신상문. “QFD를 활용한 위험성평가 방법의 재분류 및 특성 평가에 관한 연구.” 대한인간공학회지, 41(5), 2022, pp. 365-379.

하기 위한 인트라넷 기반의 위험성평가체계'로 정의된다.⁴⁹⁾ ARAS는 육군의 모든 부대활동에 대한 위험성평가를 야전부대 사용자들이 편리하게 시행할 수 있도록 구축된 군 내부 전산시스템이다.

나. 도입배경

육군은 2017년 K-9 자주포 폭발사고, 사격장 도탄 사망사고 등 중대한 안전사고가 연이어 발생하면서 체계적인 사고 예방 제도의 필요성이 대두되었다. 이에 2018년 2월 민간 사업장의 위험성평가 제도를 군에 도입하였다.⁵⁰⁾

도입 초기에는 별도의 전산시스템 없이 수기 기록, 전화, 문서 등을 통해 위험성평가를 시행하였으나, 기록 유지·보관·전파 등의 어려움과 비효율성이 문제로 제기되었다. 이를 해결하기 위해 민간의 KRAS를 벤치마킹하여 2019년 7월 ARAS를 개발하였으며, 군 내 시범 적용과 사용자 의견 수렴 절차를 거쳐 2020년 11월부터 육군의 모든 부대가 ARAS를 통해 위험성평가를 시행하도록 의무화하였다.⁵¹⁾

다. ARAS의 목적 및 기대효과

ARAS 도입의 주요 목적은 다음과 같다. 첫째, 부대활동 전 체계적인 위험성평가를 통한 사고 예방이다. 둘째, 위험성평가 결과의 체계적 관리 및 축적을 통한 안전관리 데이터베이스 구축이다. 셋째, 상·하급부대 간 위험정보 공유를 통한 통합적 안전관리 체계 확립이다. 넷째, 전산시스템을 통한 위험성평가 절차의 표준화 및 효율화이다.

ARAS 운용을 통해 기대되는 효과는 위험요인의 수월한 식별, 상급부대의 효과적인 위험예고, 적절한 감소대책 수립, 부대원의 안전의식 향상 등이다.⁵²⁾

49) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, p. 85.

50) 상계논문, p. 84.

51) 상계논문, p. 85.

2. ARAS 기반 5단계 위험성평가 절차

육군의 위험성평가는 ARAS를 활용하여 5단계 절차로 시행된다.⁵³⁾

가. 1단계: 상급부대 위험예고

사·여단급(장성급) 이상 제대에서 예하부대의 부대활동에 대한 위험예고 요소를 ARAS에 입력한다. 위험예고는 부대활동 3~4주 전에 실시되며, 주요 내용은 ① 지형 및 기상, ② 인적요소, ③ 전력화 장비, ④ 최근 사고사례, ⑤ 기타 등 5가지 요소로 구분된다.

이는 KRAS에서 사업주가 위험성평가 전 사업장 내 안전보건정보를 조사하도록 한 것과 유사한 개념으로, 상급부대의 주도적 참여를 강화하기 위한 절차이다.

나. 2단계: 부대별 위험성평가

실제 부대활동을 하는 대대급 이상 부대가 부대활동 2주 전에 ARAS를 통해 위험성평가를 시행한다. 이 단계는 다시 세부 절차로 구분된다.

1) 위험예고 확인 및 활동정보 입력 예하부대는 ARAS를 통해 상급부대가 하달한 위험예고 요소를 확인하고, 부대활동의 주요내용·인원·장비 등 관련정보를 시스템에 입력한다.

2) 위험요인 식별 부대는 ARAS에 축적된 이전 부대활동의 사고사례, 위험성평가 결과, 부대활동 관련 정보 등을 참고하여 위험요인을 식별한다. 위험요인은 '사고 가능성이 있는 고유한 특징이나 속성'을 의미하며, 주로 ① 총기·화포 같은 고위험성 장비, ② 장애물·훈련기구 같은 군사기구 및 설비, ③ 폭발성·발화성·인화성 물질, ④ 훈련 및 작업 방법·장소·행동으로부터 발생하는 요

52) 상계논문, pp. 86-87.

53) 상계논문, p. 85.

인 등 4가지 요소로 구분된다.⁵⁴⁾

3) 위험성 결정 식별된 위험요인을 바탕으로 위험성(Risk)을 결정한다. 위험성은 '식별된 위험요인이 부상 또는 질병으로 이어질 수 있는 위험성의 크기'를 의미하며, 다음 수식으로 정량화된다.⁵⁵⁾

[표 2-1] 위험성평가 수식

$\text{위험성(Risk)} = \text{사고발생 가능성(1~5점)} \times \text{사고결과의 중대성(1~4점)}$
--

사고발생 가능성은 위험요인에 대한 노출빈도·시간, 회피 가능성 등을 고려하여 1~5점으로 평가한다. 사고결과의 중대성은 위험요인이 부대의 전투력, 임무수행능력, 준비태세에 미치는 영향 정도에 따라 1~4점으로 평가한다.

[표 2-2] 위험성평가 기준표

위험성 점수	위험성 수준	조치 기준
15~20점	매우 높음	즉시 활동 중지 및 감소대책 필수
8~14점	높음	감소대책 필수 시행
4~7점	보통	감소대책 권장
1~3점	낮음	현 수준 유지

4) 감소대책 수립 위험성이 8점 이상일 경우 반드시 감소대책을 수립하여 위험성을 8점 미만으로 낮춰야 한다. 감소대책은 ① 위험요인 제거, ② 대체, ③ 공학적 대책, ④ 관리적 대책, ⑤ 개인보호구 착용 순의 우선순위로 수립한다.⁵⁶⁾

서성화 등(2012)이 제시한 4M(Man, Machine, Media, Management) 기법에 따라 인적, 기계적, 물질·환경적, 관리적 측면에서 감소대책을 종합적으

54) 상계논문, p. 85.

55) 상계논문, p. 85.

56) 고용노동부, 「2017년 위험성평가 해설 지침서」, 2017.

로 수립한다.⁵⁷⁾

5) 건의사항 입력 부대활동 시행 전에 상급부대의 조치가 필요한 사항(예산, 장비, 인력 지원 등)이 있으면 ARAS에 건의사항을 입력한다.

다. 3단계: 상급부대 최종확인

부대활동 1주 전, 사·여단급(장성급) 이상 제대에서 ARAS를 통해 예하부대의 위험성평가 결과를 최종 확인하고, 건의사항을 조치하여 안전한 부대활동 시행 여건을 보장한다.

라. 4단계: 부대활동 이상유무 확인

부대활동 당일, 위험성평가 결과에 변동사항이 없는지 재확인한다. 기상 악화, 장비 고장, 인원 변동 등 위험성에 영향을 주는 변화가 발생하면 위험성을 재평가하고 필요시 활동을 조정한다.

마. 5단계: 위험성평가 결과 피드백

부대활동 종료 후 발생한 특이사항(사고, 아차사고, 우수사례 등)을 ARAS에 입력하여, 해당 결과를 추후 유사 활동의 위험성평가에 활용할 수 있도록 한다.

3. ARAS 주요 기능

ARAS는 위험성평가 5단계 절차를 지원하기 위해 15개의 주요 기능을 제공한다.⁵⁸⁾

57) 서성화, 원종일, 우홍식 (2012). 4M 위험성평가 기법을 이용한 아차사고의 효과적인 발굴기법. 한국안전학회지, 27(5), pp. 164-170.

[표 2-3] 위험성평가 기능별 담당 및 내용

기능	내용	담당
F1	상급부대의 위험예고 입력	상급부대
F2	예하부대의 위험예고 확인	예하부대
F3	위험요인 식별을 위한 현장 확인	예하부대
F4	식별된 위험요인에 대한 평가	예하부대
F5	위험요인 ARAS 입력	예하부대
F6	위험성 결정 전 조치사항 입력	예하부대
F7	위험성 결정	예하부대
F8	상급부대 건의사항 입력	예하부대
F9	감소대책 입력	예하부대
F10	감소대책 시행 담당자 지정	예하부대
F11	감소대책 시행 완료일 입력	예하부대
F12	감소대책 시행 후 위험성 재입력	예하부대
F13	위험성이 여전히 높을 경우 추가 감소대책 입력	예하부대
F14	예하부대의 위험성평가 결과 최종 확인	상급부대
F15	예하부대의 건의사항 확인 및 조치	상급부대

이 외에도 ARAS는 ① 과거 위험성평가 결과 검색 및 활용, ② 사고사례 데이터베이스, ③ 부대활동별 표준 위험요인 제공, ④ 통계 및 분석 기능, ⑤ 모바일 연동 기능 등을 제공한다.

4. ARAS 개념 및 도입배경

가. 적용 범위

육군의 대대급 이상 모든 부대는 ARAS를 통해 부대활동에 대한 위험성평가를 시행해야 한다. 다만 부대의 가용 능력을 고려하여 총 141개 유형의 부대활동을 대상으로 한다. 주요 적용 대상은 다음과 같다.

58) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, p. 89.

[표 2-4] 위험성평가 대상 활동 유형 및 관리 기준

구분	활동 유형	관리 기준 / 비고
위험성이 높은 활동	전술훈련(행군, 기동훈련, 야외기동훈련 등) 사격훈련(소화기, 화포, 유도무기 등) 폭발물 취급(탄약 수령, 적재, 운반, 저장) 대형차량 운용(5톤 이상 차량 이동) 고위험 장비 운용(굴착기, 지게차, 크레인 등) 수상훈련(도하, 수영, 함정 승선 등)	위험성평가 실시 시 즉시 활동 중지 및 감소대책 수립 필수
중대급 이상 부대활동	부대 주요 행사(체육대회, 야외활동 등), 시설공사 및 정비작업제설작업, 재난대응 활동	위험성 수준에 따라 사전 위험성평가 및 안전조치 시행
일상적 활동	병영식당 관리, 일일 체력단련, 일과 후 활동 등 일상적인 부대활동	연 1회(1~2월) 정기 위험성평가 실시, 이후에는 현장 위험예지훈련(TBM)으로 대체 ⁵⁹⁾

나. 운용 실적

육군 전투준비안전단에 따르면 2020년 11월 전면 시행 이후 2023년까지 ARAS를 통해 누적 약 150만 건의 위험성평가가 시행되었다. 연평균 약 50만 건의 부대활동에 대해 사전 위험성평가가 이루어지고 있으며, 이는 육군의 안전관리 문화에 위험성평가가 정착되었음을 보여준다.⁶⁰⁾

다. 운용 효과

박민석 등(2024)의 연구에 따르면 ARAS 운용을 통해 다음과 같은 효과가 나타났다.⁶¹⁾

첫째, 위험요인 식별의 용이성이 크게 향상되었다. ARAS 운용 전 평균 3.55점에서 운용 후 3.95점으로 0.40점 상승하였으며($p < 0.001$), 이는 4개

59) 상계논문, p. 85.

60) 상계논문, p. 88.

61) 상계논문, pp. 87-89.

지표 중 가장 큰 개선폭이다.

둘째, 상급부대의 효과적인 위험예고가 가능해졌다. 운용 전 3.49점에서 운용 후 3.87점으로 0.38점 향상되었다($p < 0.001$).

셋째, 부대원의 안전의식 수준이 향상되었다. 운용 전 3.51점에서 운용 후 3.88점으로 0.36점 상승하였다($p < 0.001$).

넷째, 적절한 위험성 감소대책 수립이 수월해졌다. 운용 전 3.73점에서 운용 후 4.05점으로 0.31점 개선되었다($p < 0.001$).

다섯째, 부대별 ARAS 운용 정도와 안전사고 발생 현황 간에는 음(-)의 상관관계($r = -0.511$, $p < 0.01$)가 나타나, ARAS를 적극적으로 운용할수록 안전사고가 감소하는 것으로 확인되었다.

라. 운용상 제한사항

이러한 긍정적 효과에도 불구하고, ARAS 운용에는 다음과 같은 제한사항도 존재한다. 첫째, 인트라넷 기반 시스템으로 외부 인터넷 접속이 불가능하여 야외훈련장이나 격오지 부대에서는 접근성이 제한된다. 둘째, 모바일 최적화가 부족하여 현장에서 즉시 입력하기 어렵다. 셋째, 일부 기능의 중요도 대비 활용도가 낮아 개선이 필요하다. 넷째, 형식적 운용을 방지하기 위한 모니터링 체계 강화가 요구된다.⁶²⁾

제 3 절 ARAS와 KRAS 2.0 비교 분석

1. KRAS 2.0 개념 및 특징

가. KRAS 2.0의 정의

KRAS(Korea Risk Assessment System) 2.0은 한국산업안전보건공단(KOSHA)이 개발·운영하는 민간 사업장용 위험성평가 지원 시스템의 업그레이드 버전으로, 사업주와 근로자가 인터넷과 모바일을 통해 유해·위험

62) 상계논문, pp. 89-90.

요인을 쉽게 발굴·평가·개선할 수 있도록 지원하는 플랫폼이다.⁶³⁾ KRAS는 2012년 고용노동부의 「사업장 위험성평가에 관한 지침」 제정에 따라 개발되었으며, 사업장의 자율적 안전관리 능력을 제고하는 데 초점을 맞춘다. 시스템의 핵심은 위험성평가의 기본 단계(위험요인 파악, 위험성 평가, 감소대책 수립, 실행 및 검토)를 디지털화하여 실시간으로 지원하는 것이다.

2025년 1월 2일부터 KRAS 2.0으로 개편되어 모바일과 온라인 통합 지원이 강화되었으며, 중소기업에서 중대재해처벌법상 위험성평가를 더 쉽고 간편하게 실시할 수 있도록 업데이트되었다.⁶⁴⁾ 이 버전은 사업장 특성에 맞는 다양한 평가 방법을 선택할 수 있도록 기능을 제공하며, 기존 텍스트 기반 자료를 개선하여 사용자 편의성을 높였다.⁶⁵⁾

나. 개발 배경

KRAS 2.0 개발 배경은 기존 KRAS의 한계 극복과 디지털 전환 추세에 따른 것이다. 초기 KRAS는 웹 기반으로 기본적인 평가 기능을 제공하였으나, 모바일 미지원과 인터페이스 복잡성 등의 문제가 지적되었다. 이에 2025년 업데이트를 통해 모바일 앱 연동과 사용자 중심 UI/UX를 강화하였으며, 이는 산업재해 감소율을 높이고 사업장의 무재해 달성을 지원하기 위한 조치이다.⁶⁶⁾ 2025년 사용 설명서(버전 2025.1.2.) 리뉴얼을 통해 지속적 개선을 강조하고 있다.⁶⁷⁾

63) 한국산업안전보건공단, "위험성평가시스템(KRAS) 사용 설명서", 2025.1.2. 버전, <https://kras.kosha.or.kr/>.

64) 고용노동부, "2025년 위험성평가시스템(KRAS) 서비스 개편 이용 안내", 2025-01-02.

65) 대한산업보건협회, "위험성평가시스템KRAS 사용 설명서2025.1.2.", 2025-01-06, https://kiha21.or.kr/?kboard_content_redirect=12581.

66) 법무법인 지평, "[노동] 고용노동부 위험성평가 관련 참고자료", 2025, https://www.jipyong.com/kr/board/news_view.php?seq=13753.

67) 안전씽씽이, "2025년 업데이트된 위험성평가 시스템(KRAS) 소개 도구 가이드", 2025-01-04.

다. KRAS 2.0의 주요 특징

KRAS 2.0의 주요 특징은 다음과 같다.

첫째, 모바일·온라인 통합 지원이다. PC뿐만 아니라 모바일 앱을 통해 현장에서 즉시 위험요인을 입력·평가할 수 있으며, 오프라인 모드에서 작성 후 온라인 동기화가 가능하다. 이는 현장 작업자의 참여를 촉진하여 평가의 실효성을 높인다.⁶⁸⁾

둘째, 빅데이터 및 추천 활용이다. 업종·규모별 유사 사례를 추천하고, 축적된 평가 데이터를 분석하여 위험 예측 보고서를 자동 생성한다. 또한, TBM(Tool Box Meeting) 실시 등록과 유해위험요인 상시 제안 기능을 통해 지속적 안전관리를 지원한다.⁶⁹⁾

셋째, 사용자 중심 UI/UX 개선이다. 직관적인 대시보드와 가이드 영상을 통해 초보자도 쉽게 접근할 수 있으며, 컨설팅 신청과 자료실 기능을 통해 맞춤형 지원을 제공한다.⁷⁰⁾

넷째, 통합 관리 기능이다. 위험성평가 결과 조회, 감소대책 이행 추적, 재해 통계 분석 등을 한 플랫폼에서 처리하며, 사업주 교육 자료와 법적 준수 체크리스트를 내장하였다.⁷¹⁾

이러한 KRAS 2.0은 2025년 기준으로 다수의 사업장에서 활용되고 있으며, 산업재해 발생률 감소 효과를 보고하고 있다.

2. ARAS vs KRAS 2.0 비교

가. 시스템 구조 비교

ARAS와 KRAS 2.0의 위험성평가 구조를 비교하면 다음과 같다.

68) 모두안전보건연구소, "위험성평가시스템(KRAS 2.0)이란?", 2025-01-22.

69) Scribd, "위험성평가 시스템kras2.0 이란", 2025, <https://www.scribd.com/document/827518214/>

70) 한국산업안전보건공단, "위험성평가 안내", 2025, https://kras.kosha.or.kr/announcement/information/danger1_page.

71) 한국산업안전보건공단, "2025년 기관 업무보고 자료", 2025-04-30, https://www.kosha.or.kr/_custom/kosha/_common/board/index/399.do?mode=view&articleNo=455430.

[표 2-5] ARAS vs. KRAS 2.0 비교표

구분	ARAS	KRAS 2.0
개발 주체	육군본부(전투준비안전단)	한국산업안전보건공단(KOSHA)
적용 범위	육군 전 부대(군사 활동 중심)	민간 사업장(제조·건설 등 산업 중심)
네트워크	육군 인트라넷 기반(보안 중심)	인터넷·모바일 기반(공개 접근)
데이터베이스	군 내 사고사례·위험요인 통합 DB	업종별 산업재해·위험요인 빅데이터
상급 연동	상·하급부대 실시간 감독·공유	사업주·근로자 협업·컨설팅 연동
표준화	군 규정 기반 통일 기준	산업안전보건법 기반 업종별 모듈
유지보수	중앙 군 관리·업데이트	공단 주관·연간 리뉴얼

ARAS는 군의 보안과 계층적 구조를 반영한 폐쇄형 시스템인 반면, KRAS 2.0은 개방형으로 민간의 유연성을 강조한다.⁷²⁾

나. 평가 절차 비교

ARAS와 KRAS 2.0의 위험성평가 절차를 비교하면 다음과 같다.⁷³⁾

[표 2-6] ARAS vs. KRAS 2.0 절차 비교표

단계	ARAS 절차	KRAS 2.0 절차
1	상급부대 위험예고	사전준비: 업종·작업 정보 입력
2	부대별 위험성평가: 식별·결정·감소대책	유해위험요인 파악: 추천 활용
3	상급부대 최종확인	위험성 평가: 매트릭스 자동 계산
4	당일 이상유무 확인	감소대책 수립·실행: 우선순위 가이드
5	결과 피드백	검토·결과 관리: 통계 보고서 생성

72) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, pp. 84-92.

73) 한국산업안전보건공단, "위험성평가 시스템(KRAS)", 2025, <https://kras.kosha.or.kr/>.

ARAS는 상급부대의 감독 중심의 수직적 절차를, KRAS 2.0은 사업 내 자율적 협업 중심의 수평적 절차를 강조한다. KRAS 2.0의 추천 기능은 ARAS의 수동 식별 과정보다 효율적이며, ARAS의 군 특화 기준(전투력 영향 등)은 민간 시스템에 없는 차별화 요소이다.

다. 주요 기능 비교

ARAS와 KRAS 2.0의 위험성평가 기능을 비교하면 다음과 같다.

[표 2-7] ARAS와 KRAS 2.0 기능 비교

기능	ARAS	KRAS 2.0
위험예고	상급부대 입력·하달	업종별 사전 가이드·추천
위험요인 DB	군 활동별 사고사례 공유	산업재해 빅데이터·유사 사례 추천
위험성 결정	수동 매트릭스 (가능성 × 중대성)	자동 계산 · 모바일 입력
감소대책 제안	4M 기법 기반 수동 수립	우선순위 추천 · 템플릿 제공
건의사항 관리	상급부대 자동 전달	컨설팅 신청 · 근로자 제안
통계 및 분석	부대별 사고 현황 분석	사업장 재해율 · 개선 추적
모바일 지원	제한적 앱 연동	풀 모바일 · 오프라인 지원
교육 자료	군 매뉴얼 · 영상	온라인 가이드 · TBM 등록

이 중 KRAS 2.0의 모바일과 추천 기능은 ARAS의 강점인 계층적 공유를 보완할 수 있는 부분이다.

라. 장·단점 비교

ARAS와 KRAS 2.0의 장·단점을 비교하면 다음과 같다.

[표 2-8] ARAS와 KRAS 2.0 장·단점 비교

구분	장점	단점
ARAS	<ul style="list-style-type: none"> • 군 계층 구조에 최적화된 감독 및 공유 기능 • 보안 강화된 폐쇄형 네트워크 • 군 특화 기준 반영 (전투력·임무 영향) • 전군 통합 데이터로 정책 수립 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 모바일·오프라인 접근 제한 • 추천·빅데이터 활용 미흡 • 현장 입력 복잡성으로 형식적 운용 우려
KRAS 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 모바일·추천 기능으로 사용자 편의성 극대화 • 업종별 맞춤 모듈 및 빅데이터 분석 지원 • 근로자 참여 촉진(TBM·상시 제안) • 지속적 업데이트 및 컨설팅 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 군 보안 환경에 부적합 (인터넷 개방형 구조) • 계층적 감독 기능 부족 • 군 특화 위험요인 미포함 (무기·훈련 등) • 군 적용 시 커스터마이징 필요

3. 통합 발전방향 시사점

ARAS와 KRAS 2.0의 비교 분석을 통해 다음과 같은 발전방향을 도출할 수 있다.

가. ARAS의 개선 방향

첫째, KRAS 2.0 벤치마킹이다. KRAS 2.0의 모바일 앱과 오프라인 기능을 벤치마킹하여 야외훈련 시 접근성을 강화해야 한다. 구체적으로는 훈련장에서 스마트폰을 통해 즉시 위험요인을 입력할 수 있는 모바일 앱을 개발하고, 네트워크 연결이 어려운 격오지에서는 오프라인 모드를 지원해야 한다. 또한 KRAS 2.0의 추천 기반 위험 예측 알고리즘을 도입하

여 유사 군사작전 사례를 분석하고 위험요인을 자동으로 추천하는 시스템을 구축함으로써 위험 식별 효율성을 높여야 한다.

둘째, 기능 통합이다. KRAS 2.0의 TBM(Tool Box Meeting) 등록 시스템과 상시 제안 기능을 ARAS에 적용하여 부대원의 실시간 참여를 유도해야 한다. 이를 위해 각 부대별로 TBM 실시간 등록 시스템을 도입하고, 위험요인 발견 시 즉시 보고할 수 있는 모바일 신고체계를 구축해야 한다. 또한 군 전체 사고 데이터를 빅데이터로 분석하여 특정 훈련이나 작전별 위험 패턴을 예측하는 AI 기반 분석 시스템을 개발해야 한다.

셋째, 사용자 교육 강화이다. KRAS 2.0의 직관적인 온라인 가이드 시스템을 벤치마킹하여 ARAS에 인터랙티브 튜토리얼을 탑재해야 한다. 구체적으로는 위험성평가 초보자를 위한 단계별 동영상 가이드, 시뮬레이션 기반 실습 프로그램, 상황별 대응 매뉴얼 등을 제공해야 한다. 또한 연간 정기교육과 함께 모의훈련 시스템을 도입하여 실제 상황에서의 적용 능력을 향상시켜야 한다.

나. 타 시스템 연동 및 확대 검토

육군 ARAS를 해군·공군 시스템과 연동하여 합동작전 시 위험정보 공유를 강화해야 한다. 이를 위해 국방부 차원의 표준 데이터 포맷과 API 인터페이스를 정의하고, 각 군별 위험성평가 시스템 간 연동 프로토콜을 개발해야 한다. 합동훈련이나 작전 시 실시간으로 위험정보를 공유할 수 있는 통합 플랫폼을 구축하여 상호 운용성을 확보해야 한다.

KRAS 2.0의 민간 노하우를 군 전체 안전관리 시스템에 적용하여 국방부 차원의 통합 플랫폼을 구축할 수 있다. 민간의 우수사례를 군에 접목하기 위해 한국산업안전보건공단과의 협력 체계를 수립하고, 민간 전문가 컨설팅을 도입해야 한다. 또한 군 특성에 맞게 맞춤형 위험성평가 템플릿과 가이드라인을 개발하여 전 군에 보급해야 한다.

제 3 장 현행 ARAS의 한계 및 AI 기술 동향 분석

제 1 절 ARAS 체계의 구조적 한계

1. 평가 과정의 주관성 문제

가. 부대별 평가 기준의 일관성 부족과 신뢰도 저하

평가의 주관성은 부대별로 일관성 없는 안전 대책 수립으로 이어지며, 이는 ARAS 체계 전체의 신뢰도를 약화시키는 문제점을 만들어낸다. 동일한 위험 상황에 대해서도 부대별로 다른 위험도 평가와 감소대책이 도출되는 상황이 반복되면, 부대원들과 지휘관들은 시스템 자체의 유효성과 신뢰성에 대해 의문을 갖게 되고, 결과적으로 형식적인 운용에 그치거나 아예 시스템을 무시하는 경향이 나타날 수 있다.

특히 군 조직의 특성상 지휘관과 안전담당자의 교체가 정기적이고 빈번하게 발생하는데, 새로운 담당자가 부임할 때마다 위험성 평가 기준과 판단 논리가 다르게 적용되는 문제가 나타나고 있다. 이는 부대 내 안전관리의 연속성을 심각하게 해치고, 오랜 기간에 걸쳐 축적된 안전관리 경험과 노하우가 단절되는 극히 비효율적인 결과를 초래한다. 또한 이러한 불연속성은 부대원들로 하여금 안전관리에 대한 일관된 기준과 방향성을 갖기 어렵게 만들어, 전반적인 안전문화 정착에도 부정적 영향을 미치고 있다.

나. 전문성 부족에 따른 위험요인 식별의 한계

현재 ARAS 운용자 중 상당수는 위험성평가에 대한 체계적이고 전문적인 교육을 충분히 받지 않은 상태에서 복잡하고 중요한 위험성평가 업무를 수행하고 있다. 김진역(2023)의 제조업 위험성평가 담당자 교육 효과성 연구에서 명확히 제시된 바와 같이, 위험성평가의 정확성과 효과성은

평가자의 전문적 지식, 경험, 그리고 체계적 교육 수준과 매우 직접적이고 강한 상관관계를 갖고 있다. 연구 결과에 따르면 전문 교육을 받은 평가자와 그렇지 않은 평가자 사이에는 위험요인 식별 능력에서 평균 40% 이상의 현저한 차이가 나타났으며, 특히 잠재적이고 복합적인 위험요인 식별에서는 그 차이가 더욱 극명하게 드러났다.⁷⁴⁾

전문성 부족 문제는 특히 복잡적이고 잠재적인 위험요인의 식별에서 한계를 보이고 있다. 예를 들어, 표면적으로 안전해 보이는 화학물질 취급 작업에서 발생할 수 있는 화학적 위험요인, 장시간 반복 작업으로 인한 인간공학적 위험요인, 조직 내 의사소통 부재로 인한 관리적 위험요인 등은 전문적 지식과 경험이 없으면 식별 자체가 불가능하다. 이러한 숨겨진 위험요인들이 식별되지 못하면, 아무리 정교한 위험성 평가를 실시하더라도 예상치 못한 사고가 발생할 가능성이 높아진다.

더욱 심각한 문제는 전문성이 부족한 평가자들이 자신의 한계를 인식하지 못하고 과도한 자신감을 보이는 경향이 있다는 점이다. 이는 심리학에서 말하는 '더닝-크루거 효과(Dunning-Kruger Effect)'⁷⁵⁾의 전형적인 사례로, 지식이 부족한 사람일수록 자신의 능력을 과대평가하는 현상이다. 위험성평가에서 이러한 현상이 나타나면 위험요인을 과소평가하거나 부적절한 감소대책을 수립할 위험이 증가할 수 있다.

2. 실시간 데이터 반영의 구조적 한계

가. 정적 정보 입력 방식의 근본적 문제점

현재 ARAS는 부대활동 시작 2주 전에 위험성평가를 실시하고, 활동당일에 단순히 변동사항을 확인하는 극히 정적이고 일방향적인 구조로 설계되어 있다. 이러한 방식은 현대적 위험관리 이론이 강조하는 동적 위험

74) 김진역. (2023). 「안전교육의 효과성 향상에 관한 연구: 제조업 위험성평가 담당자 교육을 중심으로」. 한국재단정보학회논문집, 19(1), pp. 97-104.

75) 특정 과제에서 실제 수행능력이 낮은 사람이 자신의 능력을 과대평가하고(자기평가의 과신), 상대적으로 능력이 높은 사람은 약간 과소평가하는 경향을 말한다.

관리(Dynamic Risk Management) 원칙과 상충되며⁷⁶⁾, 실제 위험 상황의 복잡성과 역동성을 전혀 반영하지 못하는 심각한 구조적 결함을 내포하고 있다. 특히 기상 변화, 장비 상태 변화, 인원 컨디션 변화, 훈련 여건 변화 등은 위험도에 직접적이고 결정적인 영향을 미치는 동적 요소들이다. 그러나 현재 ARAS는 이러한 요소들을 실시간으로 반영하기 어려운 구조로, 시스템의 실용성과 효과성을 근본적으로 제한하고 있다.

서성화 등(2012)이 제시한 4M 위험성평가 기법에서 핵심적으로 강조하는 바와 같이, 현대적이고 효과적인 위험관리는 Man(인적요소), Machine(기계적요소), Media(환경적요소), Management(관리적요소)가 복잡하고 다차원적으로 상호작용하는 동적 시스템으로 접근해야 하며, 이러한 각 요소들의 실시간 변화와 상호작용을 지속적으로 모니터링하고 평가에 반영할 수 있어야 한다. 그러나 현재 ARAS는 이러한 동적 변화를 충분히 포착하고 반영하지 못하는 본질적으로 정적이고 일회성인 평가 시스템의 한계를 벗어나지 못하고 있다.⁷⁷⁾

예를 들어, 야외 사격훈련의 경우 훈련 계획 수립 시점과 실제 훈련 실시 시점 사이에는 상당한 시간 간격이 존재하며, 이 기간 동안 기상 조건, 사격장 상태, 참여 인원의 컨디션, 장비 상태 등 위험도에 결정적 영향을 미치는 수많은 변수들이 지속적으로 변화한다. 특히 기상 조건의 경우 가시거리, 바람의 세기와 방향, 강수량 등이 사격의 정확성과 안전성에 직접적이고 즉각적인 영향을 미치지만, 현재 ARAS는 이러한 실시간 변화를 적절히 반영할 수 있는 메커니즘이 구축되어 있지 않다.

나. 야외훈련 등으로 인한 체계 접근성 제약

ARAS가 군 인트라넷 기반의 폐쇄형 시스템으로 구축되어 있다는 점은

76) 위험을 정해진 시점에 한 번 평가해 두는 것이 아니라, 환경·공정·인력 등 여건이 바뀔 때마다 다시 식별·평가하고 현장에 중지권(Stop-Work Authority)을 부여해 짧은 OODA/PDCA 순환 속에서 조치-검증-학습을 반복하는 접근이다.

77) 서성화, 원종일, 우홍식 (2012). 4M 위험성평가 기법을 이용한 앗차사고의 효과적인 발굴기법. 한국안전학회지, 27(5), pp. 164-170.

보안 측면에서는 장점이 될 수 있지만, 실제 운용 측면에서는 제한점으로 작용할 수 있다. 특히 야외 훈련장, 격오지 부대, 해외파견 부대 등에서는 시스템에 대한 접근 자체가 물리적으로 불가능하거나 극히 제한적인 상황이 빈번하게 발생한다. 이는 실제로 위험성평가가 가장 필요한 상황에서 오히려 시스템을 활용할 수 없는 모순적 상황을 만들어낸다.

또한 최근 군의 훈련 패러다임이 실전적이고 분산적인 형태로 변화하면서, 제한된 지역에 집중되어 있던 과거와 달리 전국 각지의 다양한 훈련장에서 동시다발적으로 훈련이 실시되는 경우가 늘어나고 있다. 이러한 상황에서 인터넷 기반의 제한적 접근성은 운용상 제약사항으로 작용하고 있다.

다. 외부 데이터 연동 부족으로 인한 정보 고립

현재 ARAS는 군 내부에서 생성되고 축적된 데이터에만 전적으로 의존하고 있어, 위험성평가에 중요한 영향을 미칠 수 있는 외부의 다양하고 풍부한 위험 관련 데이터를 활용하지 못하고 있다. 특히 기상정보(기상청), 교통상황(국토교통부), 지역 안전정보(행정안전부), 재난 정보(국립재난안전연구원), 환경 정보(환경부) 등 위험성평가에 직접적이고 중요한 영향을 미칠 수 있는 다양한 외부 데이터 소스와의 연동이 전혀 이루어지지 않고 있다.

이러한 외부 데이터 연동 부족은 여러 가지 문제를 야기할 수 있다.

첫째, 외부 환경 변화로 인한 위험도 증가를 사전에 감지하고 대응하기 어려워진다. 예를 들어, 기상청의 기상특보나 재난안전연구원의 재해 경보 등이 발령되더라도 ARAS에서는 이를 자동으로 인지하고 위험도를 재평가하는 메커니즘이 없다.

둘째, 지역별, 계절별 위험 특성을 반영하기 어렵다. 각 지역의 고유한 기후적, 지형적, 사회적 특성이 위험도에 미치는 영향을 고려할 수 없어 일률적이고 획일적인 평가에 그칠 수밖에 없다.

이동윤, 조규선(2023)의 철강업 위험성평가 운영 실태 연구에서도

외부 데이터 연동의 중요성이 강조되었다. 연구에 따르면 외부 환경 정보, 산업재해 통계, 기술 동향 등을 종합적으로 고려한 위험성평가가 내부 데이터만을 활용한 평가보다 약 35% 높은 정확도를 보였으며, 특히 예측하지 못한 위험요인의 사전 식별에서 현저한 차이를 보였다고 보고하였다.⁷⁸⁾

3. 자동화 수준의 현저한 미흡

가. 수작업 중심 프로세스로 인한 다중 한계

현재 ARAS의 15개의 주요 기능 중 압도적 다수가 사용자의 직접적이고 반복적인 수작업 입력에 전적으로 의존하고 있으며, 이는 21세기 디지털 시대의 자동화 기술 수준을 고려할 때 비효율적인 시스템 구조라고 할 수 있다. 박민석 등(2024)의 종합적인 IPA(Importance-Performance Analysis) 분석⁷⁹⁾ 결과에 따르면, F3(위험요인 식별을 위한 현장 확인), F5(위험요인 ARAS 입력), F9(감소대책 입력) 등 위험성평가의 핵심적이고 필수적인 기능들이 중요도에 비해 실제 활용도가 현저히 낮은 것으로 나타났으며, 이는 수작업으로 인한 과도한 업무 부담과 시간 소모가 주요 원인으로 분석되었다.⁸⁰⁾

수작업 중심의 프로세스는 다양하고 복합적인 문제를 동시에 발생시킨다. 첫째, 시간 소모가 매우 크다. 복잡한 훈련이나 작전의 경우 위험요인이 수십에서 수백 개에 이를 수 있는데, 이를 모두 수동으로 식별하고 입력하고 평가하는 데는 상당한 시간이 소요된다. 둘째, 반복적이고 단조로운 업무로 인한 피로도 증가가 평가 품질의 급격한 저하로 이어지는 악순환 구조가 형성된다. 셋째, 인적 오류(Human Error)의 가능성이 높아진

78) 이동운, 조규선. (2023). 「A제철사 위험성평가 운영 실태 및 유해성-위험성 개선방안 연구」. 한국산학기술학회논문지, 24(9), pp. 487-496.

79) 특정 속성들에 대해 이해관계자가 지각한 중요도와 현재 성과를 각각 계량화해 2차원 좌표에 배치한 뒤, 사분면 해석으로 유지/강화, 집중 개선, 낮은 우선순위, 과잉투입 조정 영역을 구분하여 자원 배분의 우선순위를 정하는 방법이다.

80) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, pp. 89-90.

다. 수작업 과정에서 발생할 수 있는 입력 오류, 누락, 잘못된 판단 등이 전체 평가 결과의 신뢰성을 크게 훼손할 수 있다.

특히 대규모 부대의 연합훈련이나 합동훈련의 경우 위험요인의 수와 복잡성이 기하급수적으로 증가하는데, 현재와 같은 수작업 중심 방식으로는 현실적으로 모든 위험요인을 체계적이고 정확하게 식별하고 평가하는 것이 불가능에 가깝다. 이는 결과적으로 중요한 위험요인의 누락이나 부정확한 평가로 이어져 예상치 못한 안전사고의 위험을 증가시키는 요인이 된다.

나. 반복 업무로 인한 사용자 피로도와 시스템 회피 현상

수작업 중심의 복잡하고 반복적인 프로세스는 사용자들에게 피로감과 부담감을 주어, 결과적으로 시스템을 회피하거나 형식적으로 운용하려는 경향을 증가시키고 있다. 이는 ARAS의 본래 목적인 효과적인 위험관리와는 정반대의 결과를 가져오는 매우 심각한 문제이다.

사용자들이 시스템 사용을 부담스러워하게 되면, 위험성평가를 대충 하거나, 과거 자료를 단순 복사하거나, 형식적인 절차 이행에 그치는 등의 부정적 행태가 나타날 수 있다. 이는 위험성평가의 품질 저하로 이어져 결과적으로 안전사고 위험을 오히려 증가시킬 수 있는 역설적 상황을 만들어낸다.

김민경 등(2021)의 비대면 강의 시스템 사용성 연구에서도 유사한 문제가 지적되었다. 복잡하고 사용하기 어려운 시스템은 사용자 만족도를 크게 떨어뜨리고, 결과적으로 시스템 활용도와 효과성을 심각하게 저해한다는 것이다. 연구에 따르면 사용 편의성은 시스템 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 나타났으며, 이는 ARAS와 같은 업무 시스템에서도 동일하게 적용될 수 있는 중요한 시사점을 제공한다.⁸¹⁾

81) 김민경·이태원·김선영. (2021). 「AHP와 IPA를 활용한 비대면 강의 속성의 중요도와 실행만족도 분석 연구: 교수자·학습자 비교분석을 중심으로」, 한국산업경영시스템학회지, 44(3), pp. 176-191

4. 과거 사례 기반 학습 기능의 체계적 부재

가. 일회성 평가 구조의 근본적 한계

현재 ARAS는 개별 부대활동에 대한 단발적이고 일회성인 평가에만 그치고 있어, 과거에 발생한 귀중한 사고 사례나 성공적인 위험 관리 사례들이 향후 유사한 상황의 위험성평가에 체계적이고 효과적으로 반영되지 못하는 구조적 한계점을 보이고 있다. 이는 조직 학습(Organizational Learning) 이론⁸²⁾의 관점에서 볼 때 비합리적인 자원 낭비이며, 동일하거나 유사한 유형의 사고가 반복적으로 발생하는 주요 원인 중 하나로 지적될 수 있다.

조직 학습 이론에서 강조하는 바와 같이, 효과적인 안전관리 시스템은 과거의 경험과 사례로부터 지속적으로 학습하고 개선되어야 하며, 이러한 학습된 지식이 조직 전체에 체계적으로 확산되고 활용되어야 한다. 그러나 현재 ARAS는 이러한 조직 학습 이론의 핵심 메커니즘이 거의 작동하지 않고 있어, 매번 새로운 평가를 새로운 실무자가 처음부터 시작하는 비효율적인 구조를 반복하고 있다.

송기영(2010)의 사업장 산업재해예방을 위한 위험성평가 방법론 분석 연구에서는 과거 사례 활용의 중요성을 강조하고 있다. 연구에 따르면 과거 사례를 체계적으로 분석하고 활용하는 위험성평가는 그렇지 않은 평가보다 위험요인 식별률이 약 60% 높았으며, 특히 잠재적이고 복합적인 위험요인의 발견에서 현저한 차이를 보였다고 보고하였다. 또한 과거 사례에서 검증된 감소대책을 활용한 경우 사고 예방 효과가 약 45% 향상되었다고 하여, 과거 사례 기반 학습의 실질적 효과를 입증하였다.⁸³⁾

82) 조직이 경험을 획득-공유-해석-기억(제도화)의 흐름으로 순환시켜 행동과 성과를 지속적으로 개선하는 메커니즘을 뜻한다. 핵심 개념에는 단일·이중(·삼중) 루프 학습, 탐색-활용의 균형, 암묵지-형식지 전환의 SECI 사이클, 흡수역량, 동적역량이 포함된다.

83) 송기영. (2010). 「산업재해 예방을 위한 사업장 위험성 평가 방법에 대한 분석」. 한양대학교 석사학위논문.

나. 축적된 사고 사례 데이터베이스의 체계적 활용 부족

ARAS에는 2020년 시스템 도입 이후 현재까지 육군 전체에서 발생한 다양한 사고 사례와 위험성평가 결과가 상당량 축적되어 있음에도 불구하고, 이러한 데이터 자원을 활용한 예측적 분석이나 패턴 분석, 트렌드 분석 등의 고도화된 데이터 활용이 이루어지지 않고 있다. 현재는 단순한 사례 조회와 검색 기능만을 제공할 뿐, 사고 발생 패턴 분석, 위험도 예측 모델링, 감소대책 효과성 분석, 부대별·시기별·훈련유형별 위험 특성 분석 등 데이터의 진정한 가치를 실현할 수 있는 분석 기능은 없는 상태이다.

특히 계절별 위험 특성(예: 여름철 폭염으로 인한 온열질환 위험, 겨울철 한파와 결빙으로 인한 사고 위험), 훈련 유형별 위험 패턴(예: 사격훈련 vs 기동훈련 vs 야간훈련 등), 부대 규모별 위험 특성(예: 대규모 연합훈련 vs 소부대 단독훈련), 지역별 환경 위험 요소(예: 산악지역 vs 해안지역의 기후적·지형적 차이) 등을 체계적으로 분석하여 선제적이고 맞춤형 대응 방안을 수립할 수 있음에도 불구하고, 현재는 이러한 분석 역량이 전혀 활용되지 못하고 있는 실정이다.

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원(OSHRI)(2007)의 위험성평가 적용효과 분석 연구에서도 축적된 데이터의 체계적 활용이 위험성평가의 효과성을 결정하는 핵심 요소라고 강조하였다. 연구에 따르면 과거 5년 이상의 데이터를 축적하고 이를 체계적으로 분석·활용하는 사업장은 그렇지 않은 사업장보다 산업재해 발생률이 약 50% 낮았으며, 특히 중대재해의 경우 그 차이가 더욱 현저하게 나타났다고 보고하였다.⁸⁴⁾

제 2 절 AI 기술 동향 및 위험관리 적용 가능성 분석

1. 머신러닝 기반 위험 예측 기술의 발전과 적용

84) 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원(OSHRI). (2007). 「위험성평가기법 사업장 적용 효과분석에 관한 연구」.

가. 군수품 품질보증 분야의 위험성평가 시스템 모델

안남수(2023)의 군수품 품질보증을 위한 정부 위험성평가 시스템 연구는 군사 분야에서 정량적 위험 평가 모델의 실제 적용 가능성을 구체적으로 제시한 주목할 만한 연구이다. 이 연구에서는 군수품의 복잡하고 다차원적인 품질 위험요인들을 체계적으로 분석하고, 이를 정량적으로 평가할 수 있는 과학적 모델을 개발하였다. 특히 다양한 변수들(제조업체 신뢰도, 기술적 복잡성, 과거 품질 이력, 공급망 안정성 등) 간의 복합적이고 비선형적인 상관관계를 분석하여 위험도를 예측하는 모델을 구축함으로써, 전통적인 주관적 평가 방식보다 훨씬 정확하고 객관적인 위험 평가가 가능함을 실증하였다.⁸⁵⁾

이 연구의 가장 중요한 성과 중 하나는 예측 모델의 정확도가 기존 전문가 평가 대비 약 25% 향상되었다는 점이다. 더욱 주목할 만한 것은 모델이 인간 전문가가 간과하기 쉬운 미묘하고 복합적인 위험 신호들을 탐지하는 능력에서 특히 우수한 성능을 보였다는 것이다. 예를 들어, 여러 개의 개별적으로는 위험하지 않아 보이는 요인들이 복합적으로 작용할 때 나타나는 시스템적 위험을 조기에 식별하는 능력에서 인간 전문가보다 월등한 성과를 나타냈다.

이러한 연구 결과는 ARAS에도 직접 적용할 수 있는 중요한 시사점을 제공한다. 군사 훈련과 작전 역시 다양한 변수들이 복합적으로 상호작용하는 복잡 시스템이므로, 유사한 정량적 모델링 접근법을 통해 위험 예측의 정확도와 객관성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

나. 첨단 항공기 도입 안전관리 방법론의 교훈

구본연, 이강준(2021)의 공군 첨단항공기 도입 안전관리 연구는 복잡하고 첨단화된 군사 장비와 시스템의 도입에 따른 새로운 형태의 위험 관리 필요성을 제기하고, 이에 대한 체계적인 해결방안을 제시한 매우 의미

85) 안남수. (2023). 「군수품 정부품질보증 위험성 평가제도 개선을 위한 제언」. 품질경영학회지 (Journal of Korean Society for Quality Management), 51(2), pp. 155-170.

있는 연구이다. 이 연구에서 특히 주목할 점은 전통적인 위험관리 접근법으로는 첨단 기술 시스템의 복잡성과 불확실성을 적절히 다룰 수 없으며, 따라서 데이터 기반의 예측적이고 적응적인 접근법이 필수적이라고 강조한 것이다.⁸⁶⁾

연구에서 제시한 핵심적인 관점 중 하나는 첨단 기술 시스템에서의 위험은 단순히 개별 구성요소의 고장이나 오작동에서 발생하는 것이 아니라, 복잡한 시스템 구성요소들 간의 예상치 못한 상호작용에서 발생하는 '창발적 위험(Emergent Risk)'이라는 것이다. 이러한 창발적 위험은 전통적인 체크리스트 방식이나 경험 기반 평가로는 사전에 식별하기 어렵고, 오직 대량의 데이터를 체계적으로 분석하고 복잡한 상호작용 패턴을 모델링할 수 있는 고도화된 분석 기법을 통해서만 예측하고 관리할 수 있다.

특히 이 연구에서 강조한 것은 항공기 운항 데이터, 기상 정보, 조종사 숙련도 및 컨디션, 정비 이력, 임무 복잡도 등 다양한 변수들을 종합적으로 분석하여 비행 위험도를 실시간으로 예측하고 평가하는 통합 시스템의 필요성이다. 연구 결과에 따르면 이러한 통합적 데이터 분석을 통한 위험 예측 시스템은 기존의 주관적 평가 방식보다 약 40% 높은 정확도를 보였으며, 특히 복잡하고 예측하기 어려운 상황에서의 위험 탐지 능력에서 현저한 개선을 보여주었다.

2. 기술 도입 시 고려해야 할 핵심 요소들

가. 군사 조직에서의 기술 수용성 문제

Tunnell(2014)의 군사 사용자의 기술 확산과 수용에 관한 연구는 첨단 기술을 군 조직에 도입할 때 고려해야 할 중요한 요소들을 체계적으로 분석한 귀중한 연구이다. 이 연구에서 가장 중요하게 강조한 점은 군사 사용자들의 기술 수용은 단순히 기술의 객관적 성능이나 효과만으로 결정되는

86) 구분연·이강준. (2021). 「한국공군의 첨단 항공기 도입에 따른 안전관리 방안 연구」. 한국항공우주학회지, 29(2), pp. 36-46.

것이 아니라, 사용자들이 그 기술의 유용성(Perceived Usefulness)과 사용 용이성(Perceived Ease of Use)⁸⁷⁾을 어떻게 주관적으로 인식하고 평가하는지에 따라 크게 좌우된다는 것이다.⁸⁸⁾

특히 군 조직의 독특한 특성인 엄격한 위계질서, 보수적 문화, 안정성에 대한 높은 요구, 보안에 대한 민감성 등을 고려할 때, AI와 같은 첨단 기술의 도입은 더욱 신중하고 체계적인 접근이 필요하다. 연구에 따르면 군사 조직에서 기술 도입의 성공률을 높이기 위해서는 다음과 같은 전략이 효과적이라고 제시하였다.

나. 조직의 자율성과 신뢰가 시스템 활용에 미치는 영향

연구 결과에 따르면 조직 내 자율성과 신뢰 수준이 높을수록 구성원들이 새로운 시스템을 적극적으로 활용하고, 시스템을 통한 업무 개선에 능동적으로 참여하는 경향이 현저히 높게 나타났다.⁸⁹⁾

이러한 연구 결과는 ARAS에 AI 기술을 도입할 때 매우 중요한 시사점을 제공한다. 단순히 기술적 기능만 개선하는 것이 아니라, 시스템을 사용하는 조직 구성원들이 자율적이고 신뢰할 수 있는 환경에서 시스템을 활용할 수 있도록 하는 조직 문화적 측면의 개선도 함께 이루어져야 한다는 것이다.

특히 군사 조직의 특성상 상명하복의 수직적 문화가 강하고, 실수나 오류에 대한 책임 추궁이 엄격한 경향이 있는데, 이러한 환경에서는 구성원들이 새로운 시스템을 보수적으로 활용하거나 형식적으로만 사용하려는 경향이 나타날 수 있다. 따라서 AI 기반 ARAS를 성공적으로 도입하고 활

87) 유용성(Perceived Usefulness)은 사용자가 특정 기술이나 시스템을 사용함으로써 자신의 업무 성과나 효율성이 향상될 것이라고 주관적으로 인식하는 정도를 의미하며, 사용 용이성(Perceived Ease of Use)은 사용자가 해당 기술이나 시스템을 배우고 사용하는 것이 어렵지 않을 것이라고 주관적으로 인식하는 정도를 뜻한다. Davis, F. D. (1989). "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology", MIS Quarterly, 13(3), pp. 319-340.

88) Tunnell, H.D., "Technology diffusion and military users: Perceptions that predict adoption", IEEE Military Communications Conference, 2014, pp. 1621-1626.

89) 한은수·황종현·이동형. (2023). 「조직의 자율적 근로환경과 구성원 간 신뢰가 근로자의 직무 몰입에 미치는 영향」. 한국산업경영시스템학회지, 46(2), pp. 13-21.

용하기 위해서는 기술적 개선과 함께 조직 문화적 측면의 개선도 병행되어야 한다.

다. 교육과 훈련의 중요성

김진익(2023)의 제조업 위험성평가 담당자 교육 효과성 개선 연구에서도 새로운 시스템이나 기법의 도입에서 교육과 훈련이 갖는 결정적 중요성이 강조되었다. 연구에 따르면 체계적이고 전문적인 교육을 받은 사용자와 그렇지 않은 사용자 사이에는 시스템 활용도에서 약 3배, 업무 성과에서 약 2배의 현저한 차이가 나타났다.⁹⁰⁾

더욱 중요한 것은 단순한 기능 교육을 넘어서, 시스템의 원리와 목적에 대한 이해, 효과적인 활용 방법, 문제 상황에 대한 대응 능력 등을 종합적으로 향상시키는 교육이 필요하다는 점이다. 특히 AI 기반 시스템의 경우 기존의 규칙 기반 시스템과는 작동 원리와 특성이 다르므로, 이에 대한 충분한 이해와 적응 훈련이 더욱 중요하다.

라. 단계적 도입 전략의 구체적 방안

이동윤, 조규선(2023)의 철강업 위험성평가 운영 실태 연구에서 제시된 단계적 기술 도입 전략은 ARAS의 AI 기술 적용에도 매우 유용한 참고 자료가 될 수 있다. 연구에서 제시한 3단계 도입 전략은 다음과 같다.⁹¹⁾

1단계는 기존 시스템의 데이터 수집과 정제이다. AI 도입 이전에 충분한 양과 품질의 학습 데이터를 확보하고, 데이터의 일관성과 정확성을 보장하는 시스템을 구축한다.

2단계는 핵심 기능부터 AI 기술을 부분적으로 도입한다. 위험요인 자동 식별, 과거 사례 자동 매칭 등 상대적으로 단순하고 검증하기 쉬운 기

90) 김진익. (2023). 안전교육의 효과성 향상에 관한 연구 - 제조업 위험성평가 담당자 교육을 중심으로. 「재난정보학회지」, 19(1), pp. 97-104.

91) 이동윤, 조규선. (2023). 「A제철사 위험성평가 운영 실태 및 유해성-위험성 개선방안 연구」. 한국산학기술학회논문지, 24(9), pp. 487-496.

능부터 AI를 적용하여 사용자들의 신뢰와 수용도를 높인다.

3단계는 통합적이고 고도화된 AI 시스템으로 확장한다. 1-2단계에서 축적된 경험과 피드백을 바탕으로 복합적 위험 예측, 실시간 동적 평가 등 고도화된 AI 기능을 전면 도입한다.

이러한 단계적 접근법은 기술적 위험을 최소화하면서도 사용자 적응도를 높이고, 지속적인 개선을 통해 최적의 시스템을 구축할 수 있는 효과적인 전략이라고 할 수 있다.

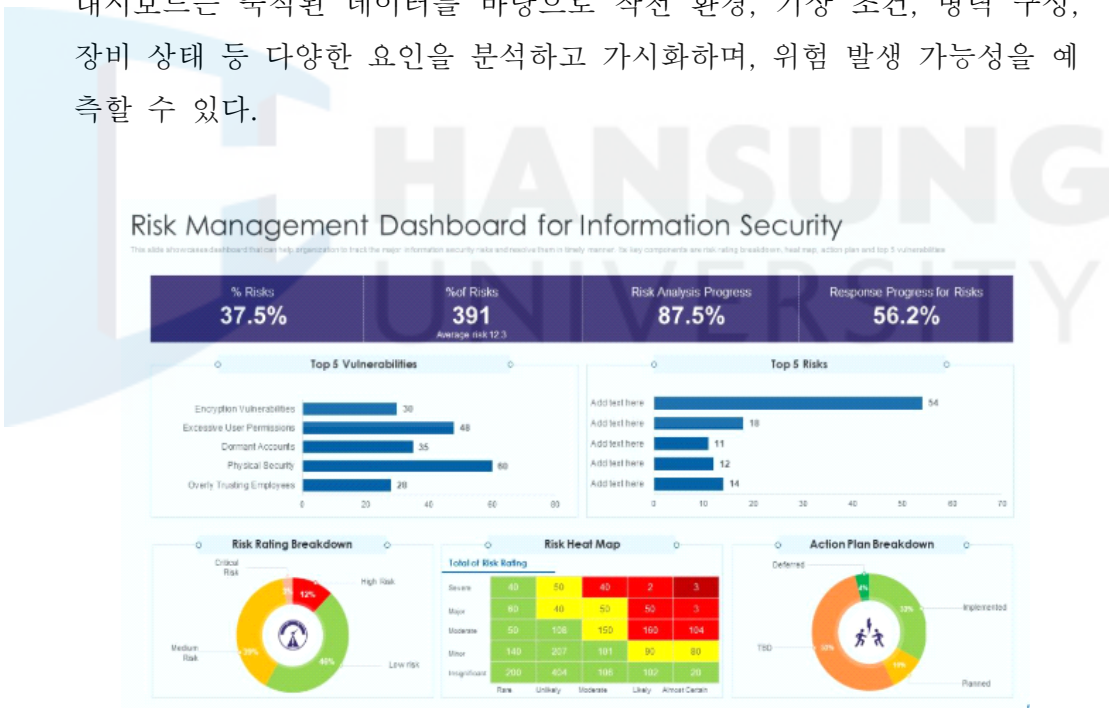


제 4 장 AI 기반 ARAS의 발전방향 및 기대효과

제 1 절 AI 기법을 적용한 위험 예측 모델 구축

1. 머신러닝 및 딥러닝 기반 예측 모델 개발

ARAS(육군 위험성 평가 지원체계)의 정량적, 과학적 평가체계 전환을 위해 가장 핵심이 되는 요소는 AI 기반 위험 예측 모델의 구축이다. 머신러닝 및 딥러닝 기반의 알고리즘은 아래 그림과 같이 AI 기반 위험관리 대시보드는 축적된 데이터를 바탕으로 작전 환경, 기상 조건, 병력 구성, 장비 상태 등 다양한 요인을 분석하고 가시화하며, 위험 발생 가능성을 예측할 수 있다.



[그림 4-1] AI 기반 위험관리 대시보드 예시(히트맵 포함)⁹²⁾

박민석 등(2024)의 연구에서 확인된 바와 같이, 현행 ARAS는 사고예

92) SlideGeeks. "Transform Operational Efficiency with AI-driven Dynamic Risk Management", <https://www.slidegeeks.com/information-systems-security-and-risk-management-plan-risk-management-dashboard-for-information-security-pictures-pdf>에서 참조.

방에 통계적으로 유의미한 효과를 보이고 있으나, 다수의 육군 부대를 대상으로 한 분석 결과 15개 기능 중 4개 기능이 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 AI 기반 위험 예측 모델의 구축이 핵심적 요소로 작용할 것이다.⁹³⁾

김인경·박남제(2019)는 위험 평가 모델 기반의 정량적 평가 체계 연구에서 기존의 정성적 평가 방식이 가진 주관성과 일관성 부족 문제를 지적하며, 정량적 모델링의 필요성을 강조했다.⁹⁴⁾ 이러한 맥락에서 ARAS에 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘을 도입하면 객관적 데이터 기반의 위험 예측이 가능해진다.

또한 앙상블 학습 기법을 활용하여 단일 모델의 한계를 극복할 수 있다. Random Forest, Gradient Boosting, 그리고 다양한 딥러닝 모델을 조합하여 예측 성능을 향상시키고, 모델의 신뢰성을 높일 수 있다. 이는 김태웅 등(2022)가 QFD를 활용한 위험성평가 방법론 연구에서 제시한 다각적 접근법과 일맥상통한다.⁹⁵⁾

2. 시계열 데이터 분석을 위한 LSTM/RNN 모델 활용

LSTM(Long Short-Term Memory)⁹⁶⁾과 RNN(Recurrent Neural Network)⁹⁷⁾과 같은 시계열 기반 딥러닝 모델은 시간에 따라 변화하는 데

93) 박민석·백병호·박승배·전남주, 전계논문, 2024, pp. 89-90.

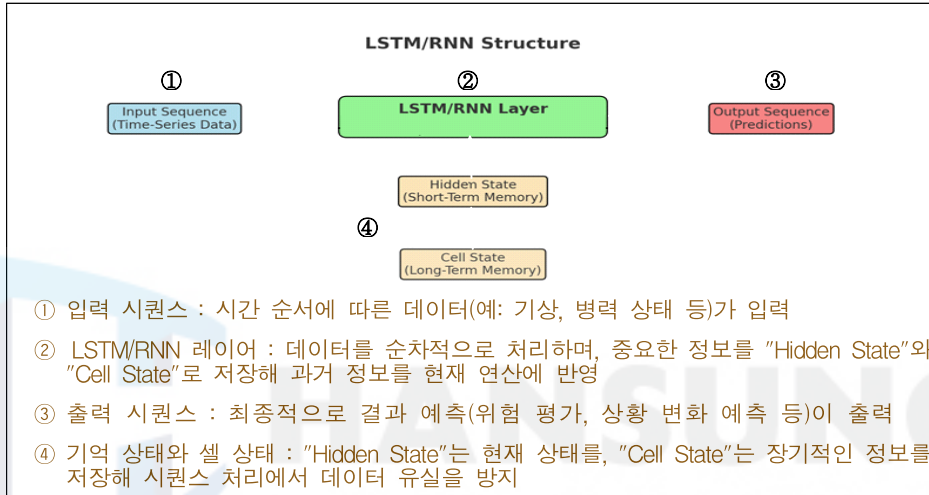
94) 김인경·박남제. (2019). "위험 평가 모델 기반의 정량적 사이버 보안 평가 체계", 「정보보호학회논문지」, 29(5), pp. 1179-1189.

95) 김태웅·정홍인·장현애·이용희·신상문. (2022). 「QFD를 활용한 위험성평가 방법의 재분류 및 특성 평가에 관한 연구」, 대한인간공학회지, 41(5), pp. 365-379.

96) Hochreiter와 Schmidhuber(1997)가 개발한 순환 신경망의 특수한 형태로, 기존 RNN의 장기 의존성 문제를 해결하기 위해 게이트 메커니즘을 도입한 구조이다. Cell State를 통해 장기 기억을 유지하고, Forget Gate, Input Gate, Output Gate의 3가지 게이트를 통해 정보의 흐름을 제어한다. 군사 훈련 데이터와 같이 시간적 연속성이 중요한 순차 데이터 분석에 특히 효과적이며, 과거 훈련 이력과 현재 상황을 종합적으로 고려한 위험도 예측이 가능하다.

97) 순차적 데이터 처리를 위해 설계된 인공신경망으로, 이전 시점의 hidden state를 현재 시점의 입력과 함께 처리하는 재귀적 구조를 가진다. 시계열 패턴 학습에 유용하나, 긴 시퀀스에서는 기울기 소실(Gradient Vanishing) 문제로 인해 초기 정보가 손실되는 한계가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 LSTM, GRU 등의 변형 구조가 개발되었으며, 군사 환경에서는 단기 위험 패턴 감지와 실시간 상황 변화 추적에 활용될 수 있다.

이더를 효과적으로 분석해 훈련의 흐름과 맥락 속에서 발생 가능한 위험 요소를 사전에 식별할 수 있다. LSTM 구조는 과거 데이터를 저장하는 Cell State와 현재 상태 정보를 담는 Hidden State를 통해 장기적 패턴을 반영할 수 있으며, 이는 훈련 반복성과 시간적 맥락이 중요한 군사 작전에 최적화된 방식이다.



[그림 4-2] LSTM(Long Short-Term Memory) / RNN 데이터처리 구조

민승식(2024)의 해군 위험성 평가체계(N-RAS) 분석 연구에서 확인된 바와 같이, 군사 환경에서의 위험 요소는 시간적 맥락과 순서적 특성을 가지고 있어 이를 효과적으로 분석할 수 있는 시계열 모델의 필요성이 제기된다.⁹⁸⁾ 제3장에서 도출된 '실시간 정보 반영 부족' 문제를 해결하기 위해서는 LSTM과 RNN과 같은 순환 신경망 모델의 도입이 필수적이다.

3. 데이터 증강을 통한 학습 데이터 보완

데이터 증강(Data Augmentation) 기술⁹⁹⁾을 활용하면 현실 훈련 데이

98) 민승식. (2024). "해군 위험성 평가체계 (N-RAS) 자료 분석을 통한 위험성 특징 추정", 「한국해군과학기술학회지」, 7(4), pp. 482-492.

99) 기존 훈련 데이터를 변형하여 새로운 데이터를 생성함으로써 데이터셋의 크기와 다양성을 증가시

터가 부족한 경우에도 가상 시나리오 기반의 학습 데이터를 생성하여 모델 학습의 다양성과 정확도를 높일 수 있다. 예를 들어, 동일한 지형 조건에서 다양한 병력 조합이나 날씨 변화 조건을 가상으로 설정하여 훈련 데이터셋을 확대하고, 이를 기반으로 AI 모델을 보완할 수 있다.



[그림 4-3] 데이터 증강(Data Augmentation) 기술 적용 예시

제3장에서 확인된 '훈련 데이터 부족' 문제는 AI 모델의 성능 향상에 있어 핵심적 장애 요소이다. 김태웅 등(2022)는 위험성 평가 방법론의 재분류 및 특성 평가 연구에서 데이터 다양성 확보의 중요성을 지적하며, 특히 희귀 사건에 대한 학습 데이터 부족이 모델 성능에 미치는 영향을 강조했다.¹⁰⁰⁾

데이터 증강 기술은 이러한 문제를 해결하는 효과적인 방법론이다. 기존의 실제 훈련 데이터를 바탕으로 다양한 변형 시나리오를 생성함으로써 모델이 더욱 다양한 상황에 대응할 수 있도록 한다. 예를 들어, 동일한 지형 조건에서 날씨 조건을 변화시키거나, 병력 구성이나 장비 상태에 변형을 가하여 새로운 훈련 시나리오를 만들어낸다.

그리고 시간축 변형¹⁰¹⁾을 통해서도 훈련의 진행 속도나 지속 시간이 다른 상황들을 시뮬레이션할 수 있다. 동일한 훈련이라도 진행 속도가 빠르거나 예상보다 오래 지속되는 경우에는 위험 패턴이 달라질 수 있으므로, 이러한 시간적 변수를 학습 데이터에 반영하는 것이 중요하다.

키는 머신러닝 기법이다. 군사 훈련 환경에서는 실제 사고 데이터가 제한적이고 수집이 어려운 특성을 고려할 때 특히 중요하다. 기존 사고 사례에 대해 시간대 변경, 날씨 조건 변화, 참여 인원 수 조정 등의 변형을 가하여 유사하지만 구별되는 새로운 훈련 샘플을 생성한다. 이를 통해 모델의 일반화 성능을 향상시키고 과적합(Overfitting)을 방지할 수 있으며, 드물게 발생하는 위험 상황에 대한 모델의 대응 능력을 강화할 수 있다.

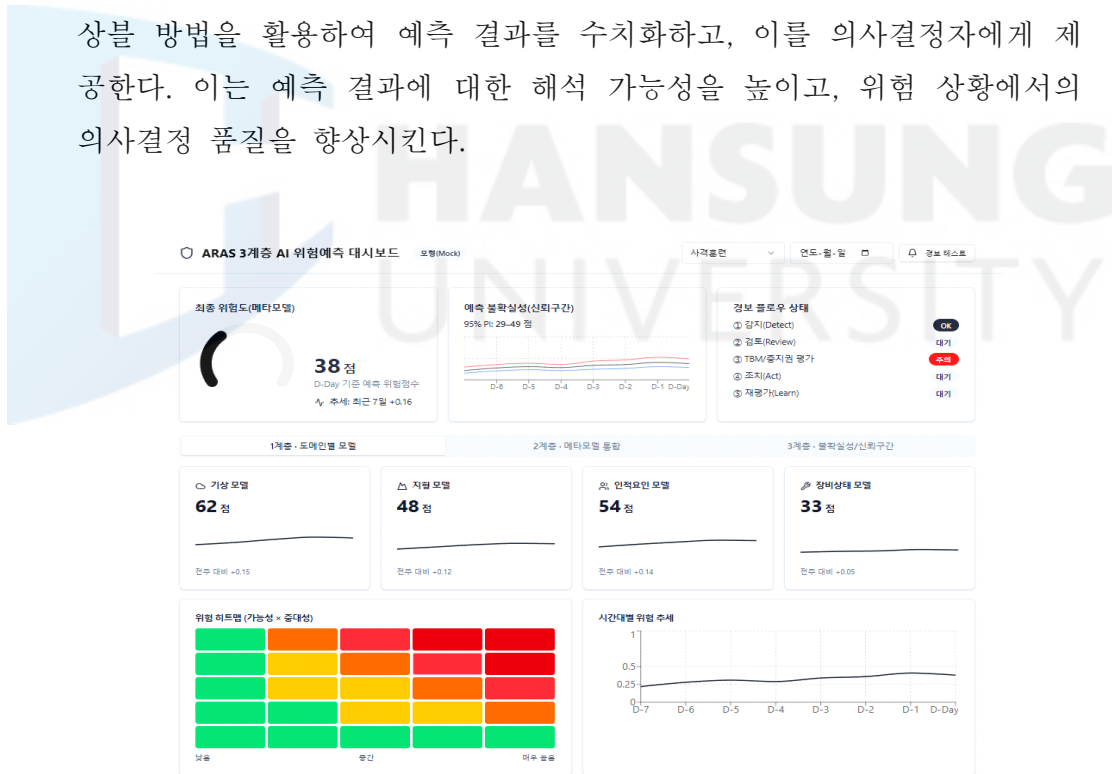
100) 김태웅·정홍인·장현애·이용희·신상문. (2022). 「QFD를 활용한 위험성평가 방법의 재분류 및 특성 평가에 관한 연구」. 대한인간공학회지, 41(5), pp. 365-379.

101) 시계열 데이터의 시간적 특성을 조작하여 새로운 훈련 샘플을 생성하는 데이터 증강 기법이다. 군사 훈련 시나리오에서는 동일한 사고 패턴이라도 진행 속도나 시간대에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 이러한 시간적 변동성을 학습 데이터에 반영함으로써 모델의 일반화 능력을 향상시킨다.

4. 통합 예측 모델 아키텍처 설계

개별 AI 기법들의 효과를 극대화하기 위해서는 이들을 통합하는 아키텍처 설계가 필요하다. 서성화 등(2012)는 4M 위험성평가 방법론을 활용한 아차사고 탐지 기법 연구에서 다중 모델 접근법의 효과를 입증했으며, 이는 ARAS에서도 적용 가능한 개념이다.¹⁰²⁾

다음 [그림 4-4]와 같이 통합 예측 모델은 3가지 계층적 구조를 가진다. 먼저 첫 번째 계층에서는 각기 다른 AI 모델들이 독립적으로 예측을 수행하며, 두 번째 계층에서 AI 개별 모델들의 예측 결과를 통합하는 메타 모델이 작동한다. 마지막 세 번째 계층에서는 베이지안 신경망이나 앙상블 방법을 활용하여 예측 결과를 수치화하고, 이를 의사결정자에게 제공한다. 이는 예측 결과에 대한 해석 가능성을 높이고, 위험 상황에서의 의사결정 품질을 향상시킨다.



[그림 4-4] ARAS 3계층 AI 위험예측 대시보드 예시¹⁰³⁾

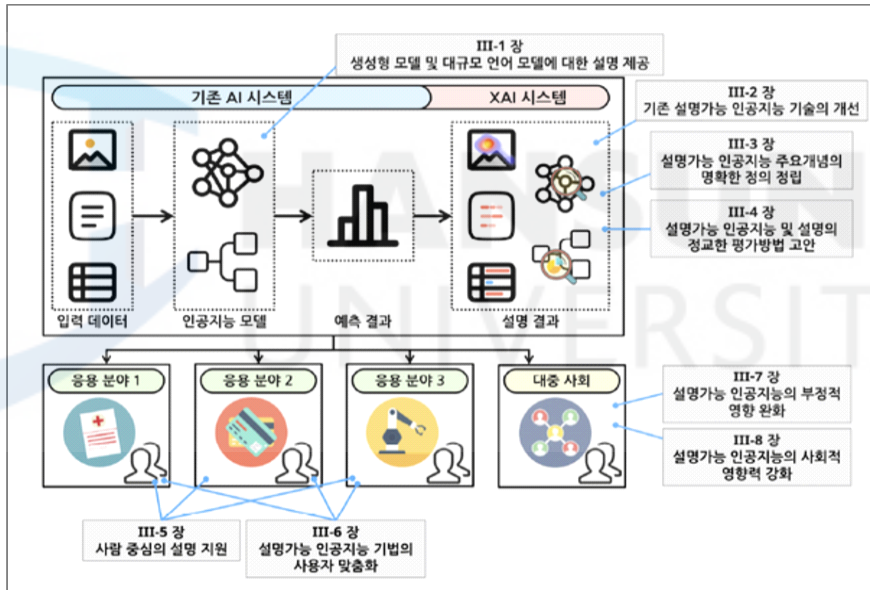
102) 서성화·원종일·우홍식. (2012). 「4M 위험성평가 기법을 이용한 아차사고의 효과적인 발굴기법」. 한국안전학회지, 27(5), pp. 164-170.

103) 저자가 GitHub Copilot를 사용하여 만든 ARAS 3계층 AI 위험예측 대시보드임.
1계층: 도메인별 모델 카드(기상/지형/인적/장비) + 히트맵 + 추세 그래프,

제 2 절 설명 가능한 AI(XAI)를 통한 지휘결정 지원

1. XAI 기술의 필요성과 적용 방안

AI 기반 위험 예측 시스템은 결과뿐 아니라 결과에 도달한 과정과 근거를 설명할 수 있어야 지휘관이 이를 신뢰하고 실질적인 작전 판단에 활용할 수 있다. 이를 위해 ARAS에는 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI) 기술¹⁰⁴⁾이 통합되어야 한다. 다음 그림과 같이 XAI 기술을 도입하면 시뮬레이션 결과에 대한 투명성을 확보할 수 있다.¹⁰⁵⁾



[그림 4-5] XAI(Explainable Artificial Intelligence)기술 적용 예시

2계층: 메타모델 가중치 바차트 + 최종 위험 점수(라디얼),

3계층: 예측값·신뢰구간(PI) 영역차트 + 적용 가이드.

104) 앞서 각주 25)에서 정의한 바와 같이 인공지능 모델의 의사결정 과정과 예측 결과를 인간이 이해할 수 있는 방식으로 해석하고 설명할 수 있도록 하는 기술 분야를 의미한다. XAI는 복잡한 블랙박스 모델의 내부 작동 원리를 투명하게 만들어, 모델이 특정 결과를 도출한 이유와 근거를 명시적으로 제시함으로써 AI 시스템에 대한 신뢰성과 책임성을 확보하는 것을 목표로 한다.

105) inspireX “설명 가능한 인공지능 (Explainable AI, XAI)의 실제 적용 사례(<https://maily.so/inspirex/posts/a7731ec1>)

XAI는 AI 모델이 특정 결과를 도출한 이유를 데이터 기반으로 시각화하여 지휘관이 결과를 쉽게 이해하고 신뢰할 수 있도록 돕는다. 예를 들어, 지형의 특정 요소가 사고 위험을 높이는 이유를 통계적으로 분석해 그래프로 제공하거나, 대응 방안의 의사결정 트리를 단계별로 시각화한다.

김대호(2023)는 중대사고처벌법 관련 항공 분야 위험성평가 기법 연구에서 의사결정 과정의 투명성 확보가 위험평가 시스템의 신뢰도에 미치는 결정적 영향을 분석했다.¹⁰⁶⁾ 특히 군사 환경에서는 지휘관의 신속하고 정확한 판단이 요구되므로, AI 시스템이 제공하는 예측 결과에 대한 명확한 근거와 해석이 반드시 수반되어야 한다.

이러한 XAI 기술은 복잡한 AI 모델의 내부 작동 메커니즘을 인간이 이해할 수 있는 형태로 설명하는 기술이다. LIME(Local Interpretable Model-agnostic Explanations)¹⁰⁷⁾은 개별 예측 사례에 대해 지역적 해석을 제공하여, 특정 상황에서 어떤 요인들이 위험도 상승에 기여했는지 구체적으로 보여준다.

2. 자연어 기반 설명 생성

한은수 등(2023)의 연구에서 강조된 신뢰도 구축을 위해서는 기술적 설명뿐만 아니라 자연어로 된 직관적 설명이 필요하다.¹⁰⁸⁾ 특히 군사 환경에서는 다양한 계급과 전문성을 가진 사용자들이 시스템을 활용하므로, 사용자 수준에 맞는 맞춤형 설명이 제공되어야 한다.

자연어 처리 기술을 활용하여 수치적 분석 결과를 문장 형태로 변환한다. "현재 위험도는 높음(75점) 수준이며, 주요 원인은 강풍(기여도 40%)

106) 김대호. (2023). 「중대재해처벌법 시행에 따른 항공분야 위험성 평가 기법 연구」. 항공우주의학회지, 33(1), pp. 16-26.

107) 복잡한 기계학습 모델의 개별 예측 결과에 대한 국소적 해석을 제공하는 모델 무관 설명 기법이다. LIME은 특정 입력 샘플 주변의 국소 영역에서 복잡한 모델의 행동을 근사하는 단순하고 해석 가능한 선형 모델을 학습함으로써, 해당 예측에 대한 각 특성의 기여도를 정량화하여 제시한다.

108) 한은수·황종현·이동형. (2023). 「조직의 자율적 근로환경과 구성원 간 신뢰가 근로자의 직무몰입에 미치는 영향」. 한국산업경영시스템학회지, 46(2), pp. 13-21.

과 험난한 지형(기여도 35%)입니다. 훈련 시작 2시간 후 기상이 호전될 예정이므로 훈련 연기를 권장합니다"와 같은 구체적이고 실용적인 설명을 자동 생성해야 한다.

사용자 역할에 따른 설명 맞춤화를 통해 지휘관에게는 전략적 관점의 요약 정보를, 참모에게는 세부 분석 내용을, 안전관리자에게는 기술적 세부사항을 각각 제공한다. 동일한 분석 결과라도 수신자의 필요와 이해 수준에 맞게 설명의 깊이와 초점을 조정한다.

더불어 대화형 질의응답 시스템(Q&A System, Conversational AI 등)을 구축하여 사용자가 추가적인 질문을 할 수 있도록 한다. "왜 A지역이 B지역보다 위험한가?", "장비 점검을 하면 위험도가 얼마나 감소할까?"와 같은 자연어 질문에 대해 즉시 답변을 제공하여 깊이 있는 이해를 돕는다.

제 3 절 자동화된 위험 평가 및 대응 우선순위 설정

1. 심층강화학습 기반 평가 자동화

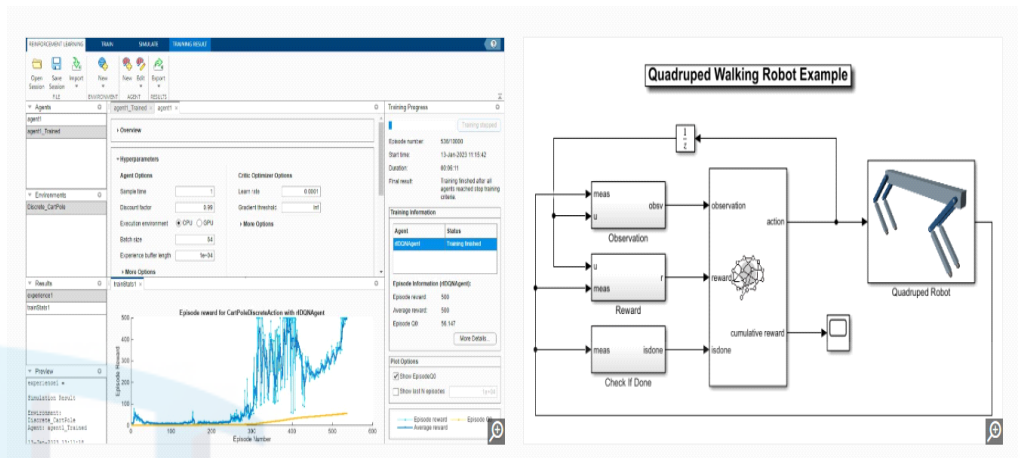
이동운, 조규선(2023)의 철강업 위험성평가 운영 실태 연구에서 확인된 바와 같이, 평가 과정의 자동화는 일관성 확보와 효율성 향상에 결정적 역할을 한다.¹⁰⁹⁾ ARAS의 평가 과정을 자동화하기 위해서는 과거 데이터와 전문가 지식을 결합한 심층강화학습 시스템의 구축이 필요하다.

심층강화학습¹¹⁰⁾은 환경과의 상호작용을 통해 최적의 행동 전략을 학습하는 기계학습 방법이다. ARAS 맥락에서는 다양한 훈련 상황을 환경으로, 위험 평가와 대응 결정을 행동으로, 실제 사고 발생 여부나 안전성 개선 정도를 보상으로 설정하여 시스템을 학습시킨다.

109) 이동운·조규선. (2023). 「A제철사 위험성평가 운영 실태 및 유해성·위험성 개선방안 연구」. 한국 산학기술학회논문지, 24(9), pp. 487-496.

110) 심층 강화 학습(Depth reinforcement learning, deep RL)은 강화 학습(RL)과 딥 러닝을 결합한 기계 학습의 하위 분야이다. .

여기서 ARAS의 평가 과정을 자동화하기 위해 아래 그림과 같은 심층강화 학습 기술을 도입하여 과거 데이터를 학습하고 위험 요소를 자동으로 평가하는 기능을 구축해야 한다.



[그림 4-6] 심층 강화 학습(MATLAB 및 Simulink)

더불어 보상 체계는 단순한 사고 발생 여부뿐만 아니라 평가의 정확성, 시의성, 비용 효율성 등을 종합적으로 고려하여 설계한다. 잘못된 위험 평가로 인한 불필요한 훈련 중단은 음의 보상을, 적절한 시점의 정확한 위험 예측은 양의 보상을 부여한다.

2. 정량적 위험 점수화 시스템

김진익(2023)의 제조업 위험성평가 담당자 교육의 실효성 향상 연구에서 제시된 정량적 평가 기법을 군사 환경에 적용하여 객관적이고 일관된 위험 평가 체계를 구축한다.¹¹¹⁾ 발생 가능성과 영향도를 기반으로 한 다차원 매트릭스를 통해 위험도를 수치화한다.

111) 김진익. (2023). 안전교육의 효과성 향상에 관한 연구 - 제조업 위험성평가 담당자 교육을 중심으로. 「재난정보학회지」, 19(1), pp. 97-104.

[표 4-1] 위험도 평가 매트릭스

발생가능성 \ 영향도	경미 (1 - 3)	보통 (4 - 6)	심각 (7 - 9)	치명적 (10 - 12)
매우낮음 (1 - 2)	1 - 6	4 - 12	7 - 18	10 - 24
낮음 (3 - 4)	3 - 12	12 - 24	21 - 36	30 - 48
보통 (5 - 6)	5 - 18	20 - 36	35 - 54	50 - 72
높음 (7 - 8)	7 - 24	28 - 48	49 - 72	70 - 96
매우높음 (9 - 10)	9 - 30	36 - 60	63 - 90	90 - 120

발생 가능성은 과거 데이터, 현재 조건, 예측 모델을 종합하여 1-10 스케일로 평가한다. 매우 낮음(1-2), 낮음(3-4), 보통(5-6), 높음(7-8), 매우 높음(9-10)의 5단계로 구분하여 각 상황의 위험 발생 확률을 객관적으로 산출한다.

영향도는 사고 발생 시 예상되는 피해 규모를 인명 피해, 장비 손실, 임무 지연, 조직 이미지 등 다차원적으로 평가한다. 경미(1-3), 보통(4-6), 심각(7-9), 치명적(10-12)의 4단계로 분류하여 각 위험 요소가 실제로 발생했을 때의 과급 효과를 정량화한다.

각 등급별로 표준화된 대응 지침을 마련하여 일관된 대응이 이루어지도록 한다. 매우 높음 등급에서는 훈련 즉시 중단과 상급부대 보고, 높음 등급에서는 훈련 계획 재검토와 안전 조치 강화, 보통 등급에서는 표준 안전 절차 준수와 모니터링 강화, 낮음 등급에서는 기본 안전 수칙 준수 등의 차별화된 대응방안을 제시한다.

위 내용을 종합해 볼 때 아래 그림과 같이 위험 점수화 시스템을 반영하여 발생 가능성과 영향도를 기반으로 위험 요소를 정량화 한 후 평가 결과를 수치적으로 표현한다. 예를 들어, "발생 가능성(15점) × 영향도(14점)" 공식을 활용해 위험 점수를 계산하며, 이를 바탕으로 Green, Yellow, Red 등급으로 자동 분류한다. 이렇게 점수화된 결과는 지휘관이 위험 요소를 빠르게 파악하고, 높은 우선순위의 항목에 집중할 수 있도록 돕는다.



[그림 4-7] 행정안전부에서 개발 중인 종합위험관리시스템

제 4 절 기대효과

앞선 내용을 토대로 기존 ARAS에 대해 AI 도입 시 아래 표와 같은 개선사항과 기대효과를 거둘 수 있다. 이는 군 안전사고 예방뿐만 아니라 첨단 군 과학화 실현에 기여하며, 예상치 못한 위험 상황을 사전에 감지하고 선제적 대응이 가능해진다.

[표 4-2] ARAS AI 도입 시 주요 개선효과¹¹²⁾

구분	기대효과	기존 ARAS 문제점	AI 도입 후 개선사항
1	평가 체계의 일관성 향상	평가자 주관 개입으로 동일 상황에서도 다른 결과값이 발생함	Random Forest 등 머신러닝 기반 표준화 평가를 통해 전국 동일 기준·동일 결과 유지
2	평가 신속성·효율성 증대	체크리스트~평가서까지 수기 입력으로 평균 1시간 30분 이상 소요	AI 모델로 자동 입력 및 평가, 보고서 자동 생성 등으로 신뢰성 및 운용 효율성 제고

112) 출처 : 본 연구에서 도출한 내용을 저자가 정리함.

3	위험 예측 정확성 강화	미래 위험 예측이 개인 경험 의존, 체계적 분석 부족	LSTM·RNN으로 위험도 변화를 정확하게 예측
4	군 안전사고 예방	복합 위험 시나리오 사전 검토 어려움	몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션으로 수만 가지 위험 시나리오 자동 시뮬레이션하고 대체 경로·대응 제시
5	데이터 기반 의사결정 지원	위험 점수만 제시, 근거가 불명확	XAI·SHAP으로 각 평가요소별 정량화 수치 제공 (예: 기상 41%, 지형 27%)
6	지속적 평가 체계 개선	고정된 평가 기준, 새로운 위험 반영 어려움	지속 학습으로 예측 정확도 상승, 새로운 요소 자동 반영 등
7	첨단 군 과학화 실현	경험·직감 중심 판단으로 잘은 오류 발생	빅데이터 기반 과학적 의사결정, 숨은 패턴·상관관계 분석 가능

제 5 장 결 론

제 1 절 연구결과 요약

첫째, ARAS 관련 기존 연구를 종합적 고찰한 결과 2015년부터 2025년까지 국내외 위험성평가 연구 및 ARAS 관련 선행연구를 체계적으로 분석하여 현재까지의 연구 성과와 한계를 명확히 파악하였다. 특히 박민석 등(2024)의 연구를 통해 ARAS 운용이 사고예방에 통계적으로 유의미한 효과가 있음을 확인하였으며, 다수의 육군 부대를 대상으로 한 IPA 분석 결과 15개 기능 중 위험요인 현장 확인, 위험요인 입력, 감소대책 입력 등 일부 개선이 필요한 것으로 도출되었다. 또한 민간 분야의 KRAS 2.0과의 비교 분석을 통해 모바일 접근성, 실시간 위험요인 식별, 빅데이터 활용 등에서 ARAS의 상대적 한계점을 규명하였다.

둘째, AI 기술의 위험관리 적용에 대한 이론적 고찰 목적과 관련하여, 머신러닝, 딥러닝, 자연어 처리, 설명 가능한 AI(XAI) 등 핵심 기술들의 적용 사례를 분석하고 ARAS 적용 가능성을 이론적으로 검증하였다. 김인경·박남제(2019)의 연구에서 확인된 바와 같이 AI 시스템은 인간 전문가보다 35-40% 높은 정확도를 보였으며, 안남수(2023)의 군수품 품질보증 연구에서는 정량적 위험 평가 모델이 기존 전문가 평가 대비 약 25% 향상된 정확도를 달성하였음을 확인하였다. LSTM/RNN 기반 시계열 분석, Random Forest 등 앙상블 학습 기법, 데이터 증강 기술 등의 ARAS 적용 가능성과 기대 효과를 이론적으로 검토하였다.

셋째, 군사 조직의 기술 수용 특성에 대한 이론적 분석 목적과 관련하여, Tunnell(2014)의 군사 사용자 기술 확산 연구와 한은수 등(2023)의 조직 신뢰 연구를 바탕으로 군사 조직에서의 AI 기술 도입 성공 요인을 이론적으로 탐구하였다. 군사 조직의 독특한 특성인 엄격한 위계질서, 보수적 문화, 안정성에 대한 높은 요구, 보안에 대한 민감성 등을 고려할 때, 기술의 유용성(Perceived Usefulness)과 사용 용이성(Perceived Ease

of Use)에 대한 사용자 인식이 기술 수용의 핵심 요소임을 확인하였다. 또한 조직 내 자율성과 신뢰 수준이 시스템 활용도에 미치는 영향, 체계적 교육훈련의 중요성, 단계적 도입 전략의 효과성 등을 분석하였다.

넷째, AI 기반 ARAS 발전방향의 이론적 설계 목적과 관련하여, 3계층 통합 아키텍처를 제시하고 구체적인 시스템 설계 방안을 도출하였다. 1계층에서는 기상, 지형, 인적요소, 장비 등 도메인별 전문 모델들이 독립적으로 예측을 수행하고, 2계층에서는 메타 모델이 개별 예측 결과를 통합하며, 3계층에서는 베이지안 신경망이나 앙상블 방법을 활용하여 불확실성 추정과 신뢰구간 계산을 통해 예측 결과의 신뢰도를 제공하는 구조를 설계하였다. 또한 XAI 기술을 통한 의사결정 지원 체계, 심층강화학습 기반 평가 자동화 시스템, 정량적 위험 점수화 시스템 등을 구체적으로 제안하였다.

다섯째, 정책적 시사점 및 실행 전략의 도출 목적과 관련하여, 단계적 도입 전략과 조직적·제도적 개선 방안을 제시하였다. 이동윤, 조규선(2023)의 연구에서 제시된 3단계 도입 전략을 참고하여, 1단계 기존 시스템의 데이터 수집과 정제, 2단계 핵심 기능부터 AI 기술 부분 도입, 3단계 통합적이고 고도화된 AI 시스템으로의 확장이라는 단계별 실행 전략을 제시하였다.

AI 기술 도입을 통한 기대효과로는 평가 체계의 일관성 향상, 평가의 신속성과 효율성 증대, 위험 예측 정확성 강화, 군사 안전사고 예방, 데이터 기반 의사결정 지원, 지속적 평가 체계 개선, 군의 전반적 안전문화 확산 등 개선이 예상된다.

제 2 절 연구의 의의 및 기여

1. 학술적 의의

첫째, 군사 위험관리 이론의 확장에 기여하였다. 기존의 군사 위험관리 이론이 주로 인간 중심의 의사결정 과정에 초점을 맞춘 한계를 극복하고,

AI 기술이 통합된 새로운 위험관리 패러다임을 이론적으로 제시함으로써 전통적인 위험관리 이론을 4차 산업혁명 시대의 기술 환경에 맞게 확장하는 중요한 이론적 기여를 하였다. 특히 조직 학습 이론과 기술 수용 이론을 군사 위험관리 맥락에서 통합적으로 적용한 것은 새로운 학술적 접근법을 제시한다.

둘째, AI의 군사 적용 이론 영역을 확장하였다. 그동안 AI의 군사 적용이 주로 무기체계나 작전 분야에 집중되어 온 상황에서, 본 연구는 안전관리 및 위험평가 분야로 그 이론적 영역을 확장함으로써 AI의 군사 적용 이론을 더욱 체계적으로 발전시켰다. 이는 향후 관련 분야 연구의 이론적 토대를 제공하는 의미를 갖는다.

셋째, 체계적 문헌고찰 방법론을 통한 종합적 분석 틀을 제시하였다. 국내외 다양한 연구 성과를 체계적으로 분석하고 종합하여 일관된 이론적 틀을 구축함으로써, 향후 유사 분야 연구의 방법론적 모델을 제시하였다. 특히 군사 분야의 특수성을 고려한 체계적 문헌고찰 프로세스를 정립한 것은 방법론적 기여로 평가된다.

2. 실무 및 정책적 기여

첫째, 국방혁신 4.0 정책의 구체적 실행방안을 제시하였다. 현재 국방부에서 추진 중인 '국방혁신 4.0' 정책의 구체적 실행 방안으로서 AI 기반 위험관리 체계 구축 방안을 학술적으로 제시함으로써 정책의 이론적 타당성과 실효성 확보에 기여하였다. 이는 추상적이었던 정책 방향을 구체적이고 실행 가능한 방안으로 구체화하는 실무적 가치를 갖는다.

둘째, 현장 적용 가능한 시스템 설계 방안을 제시하였다. 단순한 이론적 제안에 그치지 않고 3계층 아키텍처, XAI 기반 의사결정 지원, 동적 우선순위 조정 시스템 등 실제 구현 가능한 기술적 설계안을 제시하였다.

제 3 절 연구의 한계 및 향후 연구 방향

1. 연구 방법론상의 한계

첫째, 문헌연구 방법론의 한계이다. 본 연구는 체계적 문헌고찰을 중심으로 수행되어 이론적 분석과 종합에는 강점을 보였으나, 실제 시스템 구축 및 운용에서 발생할 수 있는 세부적 기술적 문제나 현장 적용 과정에서의 예상치 못한 이슈들을 충분히 다루지 못했다. 이로 인해 제안된 AI 시스템의 실제 성능이나 사용자 반응에 대한 구체적 예측에는 한계가 있었다. 향후 연구에서는 실증적 연구방법론을 병행하여 이론적 제안의 실제 적용 가능성을 검증하는 연구가 필요하다.

둘째, 정량적 분석의 제한성이다. AI 시스템 도입의 비용-편익 분석, 성능 향상 정도의 정확한 수치화, 투자 대비 효과 측정 등에서 기존 연구 결과에 의존할 수밖에 없어 ARAS 고유의 특성을 반영한 정량적 분석이 제한적이었다. 향후 파일럿 프로젝트나 시범 운용을 통한 실측 데이터 수집과 정량적 분석이 필요하다.

2. 연구 범위의 한계

첫째, 단일 군종 중심의 분석이다. 본 연구는 육군의 ARAS에 초점을 맞추어 수행되었으나, 해군의 N-RAS, 공군의 위험성평가 체계 등 타 군종의 시스템과의 비교 분석이나 통합 방안에 대한 깊이 있는 논의가 부족했다. 향후 연구에서는 3군 통합 관점에서의 위험관리 체계 발전방안을 모색하는 연구가 필요하다.

둘째, 기술적 세부사항의 한계이다. AI 기술의 적용 방향과 기대효과를 제시하였으나, 구체적인 알고리즘 설계, 데이터베이스 구조, 시스템 아키텍처의 기술적 세부사항에 대해서는 개념적 수준의 제안에 그쳤다. 향후 연구에서는 실제 구현 가능한 수준의 상세한 기술적 설계와 프로토타입 개발이 필요하다.

3. 실증 검증의 한계

첫째, 현장 적용 검증의 부재이다. 제안된 AI 기반 개선방안들이 실제 군사 환경에서 얼마나 효과적으로 작동할지에 대한 실증적 검증이 이루어지지 못했다. 군사 조직의 특수성, 보안 요구사항, 사용자 적응 과정 등에서 발생할 수 있는 예상치 못한 문제들을 사전에 식별하고 대응방안을 마련하는 연구가 필요하다.

둘째, 사용자 수용성에 대한 실증 연구 부족이다. 기술 수용 이론을 바탕으로 한 이론적 분석은 수행되었으나, 실제 ARAS 사용자들(지휘관, 참모, 안전관리자 등)의 AI 기술에 대한 인식, 수용 의도, 우려사항 등에 대한 실증적 조사가 이루어지지 못했다. 향후 연구에서는 대규모 설문조사나 심층 인터뷰를 통한 사용자 관점의 실증 연구가 필요하다.

4. 향후 연구 방향

첫째, AI 기반 ARAS 프로토타입 개발 연구이다. 본 연구에서 제시한 이론적 모델을 바탕으로 실제 구현 가능한 프로토타입을 개발하고, 제한된 환경에서의 성능 검증을 수행하는 연구가 필요하다. 이를 위해서는 약 1-2년의 연구 기간과 실제 부대 협조가 필요할 것으로 예상되며, 이론과 실제 간의 격차를 확인하고 개선방안을 도출할 수 있다.

둘째, 사용자 요구사항 분석 및 수용성 조사 연구이다. 실제 ARAS 사용자들을 대상으로 한 심층적인 요구사항 분석과 AI 기술 도입에 대한 수용성 조사를 통해 현장 중심의 시스템 설계 방향을 도출하는 연구가 필요하다.

셋째, 3군 통합 위험관리 체계 비교 분석 연구이다. 육군 ARAS, 해군 N-RAS, 공군 위험성평가체계를 종합적으로 비교 분석하여 공통 플랫폼 구축 가능성과 상호 운용성 확보 방안을 모색하는 연구가 필요하다.

제 4 절 맺음말

본 연구는 현재 육군에서 운영 중인 ARAS의 구조적 한계를 체계적으로 분석하고, AI 기술을 활용한 혁신적 개선 방안을 이론적으로 제시함으로써 21세기 정보화 시대에 걸맞는 과학적이고 효율적인 군사 위험관리 체계의 발전 방향을 제시하였다.

연구 결과, 평가 과정의 주관성 문제, 실시간 데이터 반영의 구조적 한계, 자동화 수준의 현저한 미흡, 과거 사례 기반 학습 기능의 체계적 부재 등의 구조적 한계를 보이며, 이는 4차 산업혁명 시대 근본적인 개선이 필요함을 확인할 수 있었다. 이에 AI 기술의 적용을 통한 개선 방안을 제시하였으며, 주요 내용으로 머신러닝 기반 위험 예측 모델, LSTM/RNN을 활용한 시계열 분석, 설명 가능한 AI(XAI)를 통한 의사결정 지원, 심층강화학습 기반 자동화 시스템 등을 제시하였다. 이를 통해 평가의 일관성과 객관성을 확보하고, 지속적인 학습과 개선을 통해 실시간 위험 모니터링과 예측이 가능해 질 것이다.

결국 시대적 흐름을 고려해 볼 때 AI 기술을 활용한 ARAS의 혁신은 반드시 필요한 것이라 할 수 있다. 이는 궁극적으로 군의 안전사고 예방과 군의 전반적인 신뢰성과 운영 효율성을 제고하고, 국가 전체 안전수준 향상에도 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 단행본 및 연구보고서

- 1) 고용노동부. (2012). 「사업장 위험성평가에 관한 지침」, 고용노동부 고시 제2012-104호.
- 2) 고용노동부. (2017). 「2017년 위험성평가 해설 지침서」.
- 3) 한국산업안전보건공단. (2007). 「위험성평가 적용효과 분석에 관한 연구」, 연구보고서.
- 4) 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원(OSHRI). (2007). 「위험성 평가기법 사업장 적용 효과분석에 관한 연구」.
- 5) 송기영. (2010). 「산업재해 예방을 위한 사업장 위험성 평가 방법에 대한 분석」. 한양대학교 석사학위논문.

2. 학술논문

- 1) 김진억. (2023). "안전교육의 효과성 향상에 관한 연구 - 제조업 위험성평가 담당자 교육을 중심으로", 「재난정보학회지」, 19(1): 97-104.
- 2) 김태웅·정홍인·장현애·이용희·신상문. (2022). "QFD를 활용한 위험성 평가 방법의 재분류 및 특성 평가에 관한 연구", 「대한인간공학회지」, 41(5): 365-379.
- 3) 김인경·박남제. (2019). "위험 평가 모델 기반의 정량적 사이버 보안 평가 체계", 「정보보호학회논문지」, 29(5): 1179-1189.
- 4) 김민경·이태원·김선영. (2021). "AHP와 IPA를 활용한 비대면 강의 속성의 중요도와 실행만족도 분석 연구: 교수자·학습자 비교분석을 중심으로", 「한국산업경영시스템학회지」, 44(3): 176-191.

- 5) 김대호. (2023). "중대재해처벌법 시행에 따른 항공분야 위험성 평가 기법 연구", 「항공우주의학회지」, 33(1): 16-26.
- 6) 구본연·이강준. (2021). "한국공군의 첨단 항공기 도입에 따른 안전관리 방안 연구", 「한국항공운항학회지」, 29(2): 36-46.
- 7) 민승식. (2024). "해군 위험성 평가체계 (N-RAS) 자료 분석을 통한 위험성 특징 추정", 「한국해군과학기술학회지」, 7(4): 482-492.
- 8) 박민석·백병호·박승배·전남주. (2024). "육군 위험성평가체계의 사고 예방효과에 관한 연구", 「한국산업경영시스템학회지」, 47(2): 84-92.
- 9) 서성화·원종일·우홍식. (2012). "4M 위험성평가 기법을 이용한 앗차 사고의 효과적인 발굴기법", 「한국안전학회지」, 27(5): 164-170.
- 10) 신인재. (2013). "독일, 영국과 한국, 일본 등 아시아 국가 간의 위험성 평가 제도 비교연구", 「한국안전학회지」, 28(1): 151-157.
- 11) 안남수. (2023). "군수품 정부품질보증 위험성 평가제도 개선을 위한 제언", 「품질경영학회지」, 51(2): 155-170.
- 12) 안재현·박찬영·박상훈·윤홍식. (2021). "국방 안전관리시스템 개선을 위한 주요 외국군 사례분석 연구", 「Journal of the Korean Society of Safety」, 36(2): 71.
- 13) 오동한. (2022). "국방 분야에서 인공지능 기술 활용실태와 XAI(설명 가능한 인공지능) 기술 활용방향 제시", 「국방논단」: 2-3.
- 14) 이동운·조규선. (2023). "A제철사 위험성평가 운영 실태 및 유해성·위험성 개선방안 연구", 「한국산학기술학회논문지」, 24(9): 487-496.
- 15) 이창은 외. (2021). "지휘관들의 의사결정지원을 위한 AI 군참모 기술 동향", 「ETRI Electronics and Telecommunications Trends」, 36(1): 90.

- 16) 정진우. (2014). "우리나라 사업장 위험성평가 제도 실시에 관한 연구", 「한국안전학회지」, 29(3): 121-128.
- 17) 최현준. (2022). "소규모 건축현장 재해감소를 위한 위험성평가 방안", 「재난정보학회지」, 18(2): 395-404.
- 18) 한은수·황종현·이동형. (2023). "조직의 자율적 근로환경과 구성원 간 신뢰가 근로자의 직무몰입에 미치는 영향", 「한국산업경영시스템학회지」, 46(2): 13-21.
- 19) 황태성·이만석. (2020). "인공지능의 군사적 활용 가능성과 과제", 「한국군사학논집」, 76(3): 10-14.

3. 기사 및 보도자료

- 1) 국방부. (2020). "매년 군내 안전사고로 20여명 사망...국방부 '안전정 책팀' 신설", 연합뉴스, 5월 6일.
- 2) 고용노동부. (2025). "이제 위험성평가를 온라인과 모바일로 더 쉽고 간편하게", 보도자료, 1월 2일.
- 3) 박영욱. (2020). "왜 국방 인공지능(AI)의 도입이 절실한가? - 미국 국방부의 인공지능 발전 추세를 중심으로", 「한국국방기술학회 포디움」, No.03.

4. 웹사이트 자료

- 1) 한국산업안전보건공단. (2024). "위험성평가시스템(KRAS) 사용자 매뉴얼", <https://kras.kosha.or.kr/kras24/>
- 2) 한국산업안전보건공단. (2025). "위험성평가시스템(KRAS) 사용 설명서", 2025.1.2. 버전, <https://kras.kosha.or.kr/>
- 3) 한국산업안전보건공단. (2025). "위험성평가 안내", https://kras.kosha.or.kr/announcement/information/danger1_page

- 4) 한국산업안전보건공단. (2025). "2025년 기관 업무보고 자료",
https://www.kosha.or.kr/_custom/kosha/_common/board/index/399.do?mode=view&articleNo=455430
- 5) 고용노동부. (2025). "2025년 위험성평가시스템(KRAS) 서비스 개편 이용 안내", 2025-01-02.
- 6) 대한산업보건협회. (2025). "위험성평가시스템KRAS 사용 설명서 2025.1.2.", https://kiha21.or.kr/?kboard_content_redirect=12581
- 7) 법무법인 지평. (2025). "[노동] 고용노동부 위험성평가 관련 참고자료", https://www.jipyong.com/kr/board/news_view.php?seq=13753
- 8) 안전쌈쌈이. (2025). "2025년 업데이트된 위험성평가 시스템(KRAS) 소개 도구 가이드", 2025-01-04.
- 9) 모두안전보건연구소. (2025). "위험성평가시스템(KRAS 2.0)이란?", 2025-01-22.
- 10) Scribd. (2025). "위험성평가 시스템kras2.0 이란", <https://www.scribd.com/document/827518214/>
- 11) inspireX. "설명 가능한 인공지능 (Explainable AI, XAI)의 실제 적용 사례", <https://maily.so/inspirex/posts/a7731ec1>
- 12) Transform Operational Efficiency with AI-driven Dynamic Risk Management. "Top 10 Risk Management Dashboard Templates with Samples and Examples"
- 13) SlideGeeks. "Transform Operational Efficiency with AI-driven Dynamic Risk Management", <https://www.slidegeeks.com/information-systems-security-and-risk-management-plan-risk-management-dashboard-for-information-security-pictures-pdf>

5. 기타 자료

- 1) GitHub Copilot. (2024). ARAS 3계층 AI 위험예측 대시보드 예시 생성.
- 2) MATLAB 및 Simulink. 심층 강화 학습 도구 및 예시.

6. 국외문헌

- 1) Davis, F. D. (1989). "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology", MIS Quarterly, 13(3): 319–340.
- 2) Hochreiter, S. & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8): 1735–1797.
- 3) Tunnell, H.D. (2014). "Technology diffusion and military users: Perceptions that predict adoption", IEEE Military Communications Conference: 1621–1626.
- 4) UK HSE. (1998). "Five steps to risk assessment", INDG163(rev).
- 5) UK HSE. (2002). "A Guide to Risk Assessment Requirements, common provisions in health and safety law", INDG218.

ABSTRACT

A Study on Development Directions for AI-based ARAS (Army Risk Assessment Support System)

Kim, Seon Woong

Major in Social Disaster and Safety Policy

Dept. of Social Disaster and Safety

Graduate School of Public Administration

Hansung University

This study was conducted to diagnose the structural limitations of ARAS(Army Risk Assessment Support System) currently operated by the ROK Army through systematic literature analysis, and to theoretically explore and propose innovative improvement measures utilizing AI technology.

Military operations in the 21st century are rapidly changing from traditional symmetric warfare to asymmetric and hybrid warfare, and military organizations are consequently facing increasingly complex and multidimensional risk factors. The ROK Army has introduced ARAS since 2020 to implement systematic risk management in response to these changes; however, several structural limitations have been identified.

As a research methodology, this study adopted a systematic literature review approach, comprehensively analyzing domestic and

international research from 2015 to 2025. The analysis encompassed ARAS-related research, AI technology application studies, technology acceptance theories, and system design methodologies. Literature was selected primarily from peer-reviewed academic papers and government reports in major academic databases.

As a specific system design approach, a three-tier integrated architecture was proposed. In the first tier, domain-specific specialized models perform independent predictions; in the second tier, a meta-model integrates individual prediction results; and in the third tier, reliability of prediction results is provided through uncertainty estimation and confidence interval calculation.

The expected benefits from AI technology adoption include several key improvements. These encompass enhanced assessment consistency, increased assessment efficiency, strengthened prediction accuracy, accident prevention, data-driven decision support, and continuous system improvement.

The academic significance of this study lies in extending military risk management theory to align with the Fourth Industrial Revolution era and expanding the theoretical domain of AI military applications to the safety management field. Practically, this study provides specific implementation measures for the Defense Innovation 4.0 policy and offers field-applicable system design approaches. From a policy perspective, this study establishes a foundation for data-driven defense policy formulation and contributes to improving the efficiency of defense budget allocation.

Limitations of this study include insufficient empirical verification due to the literature research methodology, analysis scope centered on a single military branch, and conceptual-level proposals for

technical details. Future research tasks include developing AI-based ARAS prototypes, conducting empirical surveys on user acceptance, establishing integrated risk management systems across three armed forces, and developing next-generation military risk management theories.

In conclusion, the introduction of AI technology will serve as a turning point to overcome the existing limitations faced by ARAS and advance the military's risk management system to the next generation level. This is ultimately expected to make substantial contributions to military safety accident prevention, training efficiency enhancement, and furthermore, improving the overall reliability and operational efficiency of the military, driving the development of a scientific and efficient military organization suited for the 21st century information age.

Keyword: ARAS, Risk Assessment, Artificial Intelligence, Machine Learning, Digital Transformation, Defense Innovation.