

석사학위논문

AI기반 화력운용통제체계  
발전방안 연구  
- 육군의 Army TIGER 화력운용체계 중심으로 -

2026년

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 A I 융 합 전 공

김 무 성



석사학위논문  
지도교수 김두형

# AI 기반 화력운용통제체계 발전방안 연구

- 육군의 Army TIGER 화력운용체계 중심으로 -  
Research on the Advancement of an AI-Based  
Fire Operations Control System:  
Focusing on the Army TIGER Fire Support  
Command and Control System

2025년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 A I 융 합 전 공

김 무 성

석사학위논문  
지도교수 김두형

## AI 기반 화력운용통제체계 발전방안 연구

- 육군의 Army TIGER 화력운용체계 중심으로 -  
Research on the Advancement of an AI-Based  
Fire Operations Control System:  
Focusing on the Army TIGER Fire Support  
Command and Control System

위 논문을 국방전력학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 A I 융 합 전 공

김 무 성

김무성의 국방전력학 석사학위 논문을 인준함

2025년 12월 일

심사위원장 김 홍 빈(인)

심사위원 김 형 석(인)

심사위원 김 두 형(인)

# 국 문 초 록

## AI 기반 화력운용통제체계 발전방안 연구 -육군의 Army TIGER 화력운용체계 중심으로 -

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 A I 용 합 전 공

김 무 성

본 연구는 육군의 Army TIGER 화력운용체계를 중심으로 AI 기반 화력 운용통제체계의 개념을 정립하고, 사단급 이하 전술 제대에서 실질적으로 적용 가능한 작전적·기술적 발전 방향을 도출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 AI 기반 지휘통제체계의 핵심 구성요소와 작동 원리를 문헌적·이론적으로 고찰하고, ATCIS와 BTCS 등 한국군 현행 화력지휘체계의 구조적·절차적 한계를 분석하였다. 아울러 우크라이나의 GIS Arta, 미국의 TITAN, 이스라엘의 Fire Weaver 사례를 대상으로 Sensor to Shooter 자동화 구조, AI 기반 표적처리 및 자산 배분 방식, 실시간 결심지원 절차를 비교 및 분석하였다.

연구 결과, AI 기반 화력운용통제체계는 감시-식별-결심-타격의 전 주기를 자동화 및 최적화함으로써 기존 지휘통제 절차에서 발생하던 시간적 병목을 해소하고, 다중 위협 환경에서 대응 속도와 결심 정확도를 현저히 향상시키는 것으로 확인되었다. 특히 실시간 센서 융합, 알고리즘 기반 우선순위 결정, 지능형 표적처리 및 화력자산 배분 기능은 Army TIGER 화력운용체계가

향후 중점적으로 보완해야 할 핵심 요소로 도출되었다. 해외 사례들은 공통적으로 지휘소 중심의 단계적 구조에서 벗어나 분산형·데이터 중심 지휘통제로 전환하고 있으며, 이는 한국군이 한국형 JADC2를 발전시키는 과정에서 중요한 시사점을 제공한다.

이에 따라 본 연구는 Army TIGER 화력운용체계를 중심으로 한국군이 AI 기반 화력운용통제체계로 발전하기 위해 요구되는 기술적·조직적 과제를 제시하였다. 주요 과제로는 센서-지휘통제체계-사격체계 간 연동 구조의 통합, 데이터 처리 표준의 확보, AI 기반 결심지원 알고리즘 적용을 위한 절차 개선, 그리고 소부대 전술단위까지 확장 가능한 자동화 체계의 단계적 개발 등이 도출되었다. 이러한 발전 방향은 한국군이 미래 작전환경에서 신속하고 정확한 화력 운용 능력을 확보하기 위한 기초적 지침으로 활용될 수 있다.

한편 본 연구는 한국군에서 AI 기반 화력지휘체계가 아직 실전적으로 운용된 사례가 없다는 점과 해외 사례 분석이 공개 자료에 한정된다는 점에서 일정한 한계를 지닌다. 또한 AI 기술의 빠른 발전 속도로 인해 일부 분석 결과는 시간적 변동성을 가질 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 AI 기반 화력 운용통제체계의 개념적 구조를 체계화하고, 해외 사례 분석을 통해 한국군 적용 가능성을 구체적으로 제시했다는 점에서 의의를 가진다. 향후 연구에서는 실증 기반 평가와 기술 성능 검증을 포함한 보다 구체적인 체계 발전 모델로 확장될 필요가 있다.

**【주요어】** AI 기반 화력운용통제체계, Army TIGER, Sensor to Shooter, 표적처리, JADC2

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구 배경 및 목적 .....	1
제 2 절 연구의 범위 및 방법 .....	11
제 2 장 이론적 배경과 선행연구 .....	13
제 1 절 인공지능 기술 군 적용개념과 전장 패러다임의 변화 .....	13
제 2 절 표적처리 절차와 AI 적용 가능 분야 고찰 .....	25
제 3 절 선행연구 .....	36
제 3 장 감시·타격체계 기술 발전 동향 및 해외 적용 사례 분석 .....	38
제 1 절 해외 감시·타격체계 기술발전 및 적용사례 .....	38
제 2 절 AI 기술 적용 감시·타격체계 분석결과 .....	53
제 3 절 한국형 JADC2에 AI 기술 적용시 시사점 및 영향요소 .....	72
제 4 장 한국군 포병작전에서의 AI 기반 화력운용체계 적용 전략 .....	84
제 1 절 기존 한국군 화력운용체계의 구조분석과 작전적 한계 .....	84
제 2 절 육군 Army TIGER 체계의 작전 개념과 기술 구조 분석 .....	88
제 3 절 AI 기반 화력운용체계 도입 시 작전적·기술적 고려요소 .....	93
제 4 절 최적화된 AI 화력운용체계 적용 및 향후 발전방안 .....	97
제 5 장 결 론 .....	109
참 고 문 헌 .....	111
ABSTRACT .....	118

## 표 목 차

[표 1-1] AI 기술 성숙도에 따른 전쟁 양상의 변화 .....	3
[표 1-2] Edge AI와 On-device AI 기술 비교 .....	7
[표 2-1] 초기 군사 임무 .....	16
[표 2-2] 자율성 수준별 구분 .....	20
[표 2-3] 미 국방부의 인공지능에 대한 윤리적 원칙 .....	24
[표 2-4] F2T2EA 표적처리 단계별 AI 적용 가능성 비교 .....	26
[표 2-5] AI 다중센서 융합 표적탐지 신뢰도 향상 구조 .....	29
[표 2-6] AI 기반 화력운용 핵심 기능 .....	30
[표 2-7] 전술 수준 AI 기반 화력운용체계 핵심 요건 .....	34
[표 3-1] 세베르스키도네츠 도하전투시 감시-결심-타격 체계 .....	38
[표 3-2] 구조적 전환의 4대 요인 .....	39
[표 3-3] 미 TITAN 체계 운용 개념 .....	45
[표 3-4] 감시·타격체계 성공적 적용 공통 요소 .....	52
[표 3-5] AI 적용 평가 기준 .....	66
[표 3-6] 국가별 감시·자동화·통합 구조 및 성과 비교 .....	69
[표 3-7] AI 기반 화력운용 단계별 발전 전략 .....	71
[표 3-8] 한국형 JADC2 기술적 시사점 .....	72
[표 3-9] 한국형 JADC2 조직·운용 혁신 요건 .....	76
[표 3-10] 한국형 JADC2 전략 및 정책적 시사 .....	80
[표 4-1] 단계별 전략 모델 .....	98
[표 4-2] 1단계(Add-on) 핵심기술 .....	99
[표 4-3] 2단계 핵심기술 .....	102
[표 4-4] 3단계 핵심기술 .....	104
[표 4-5] AI 화력운용체계 전력화를 위한 핵심 기술군 .....	106

## 그림 목 차

[그림 1-1] 우크라이나군, 세베르스키강 도하 러시아군 격파 .....	1
[그림 1-2] 김씨 일가의 미사일 시험 .....	4
[그림 1-3] 2022년 북한 무인기 식별 경로(합참) .....	5
[그림 1-4] 미 DARPA의 설명 가능한 인공지능(XAI) 개념 .....	7
[그림 1-5] 이스라엘 AI 기반 시스템 .....	9
[그림 2-1] AI 무기체계 적용방안 및 사례 .....	14
[그림 2-2] AI + IoT = 더 가볍고 빠른 전장 감시 .....	14
[그림 2-3] OODA 루프의 개념 .....	15
[그림 2-4] 감시 · 정찰 자동화 .....	17
[그림 2-5] AI 기반 차륜형 장갑차 고장예측 체계(PHM) .....	18
[그림 2-6] AI 모의비행훈련체계 모식도 .....	18
[그림 2-7] 설명 가능한 AI(XAI) .....	20
[그림 2-8] AI 시스템에서의 인간의 세 가지 역할 .....	21
[그림 2-9] Human-on-the-Loop 자기적응 시스템 .....	22
[그림 2-10] 선형적 Kill Chain과 병렬적 Kill Web의 비교 .....	23
[그림 2-11] Military C4ISR System Market .....	25
[그림 2-12] F2T2EA Kill Chain Model .....	26
[그림 2-13] F2T2EA 절차와 인간의 의사결정 역할 .....	28
[그림 2-14] 무기 운용 계획과 부수적 피해 예측을 위한 세부 절차 .....	31
[그림 2-15] 민간시설 표기로 피해 예방(GIS Arta) .....	32
[그림 2-16] Maverick : AI 기반 전력 할당 애플리케이션 .....	33
[그림 3-1] 새롭게 부상하는 영역에서의 다영역 작전 .....	40
[그림 3-2] 우크라이나군 푸마 & AI 운용 사례 .....	41
[그림 3-3] Project Convergence 21 .....	42
[그림 3-4] 우크라이나 전투 관리 시스템 .....	43
[그림 3-5] 우크라이나의 GIS-Arta 통신체계 .....	43
[그림 3-6] GIS Arta 시스템 운용 사례 .....	44
[그림 3-7] 미 TITAN 개념 .....	46
[그림 3-8] 미 AFATDS 전술 결심 지원 화면 .....	47

[그림 3-9] 이스라엘 FIRE WEAVER 체계 .....	48
[그림 3-10] 이스라엘 Torch-X 시스템 .....	49
[그림 3-11] TORCH-X <sup>TH</sup> HQ .....	50
[그림 3-12] 이스라엘 BNET System .....	50
[그림 3-13] VisDrone2019 세 모델 추론 결과 비교 .....	55
[그림 3-14] 우크라이나 Kropyva 포병 지도체계 .....	56
[그림 3-15] TITAN 기반 ISR 자산 임무할당·정보 연계 .....	57
[그림 3-16] AI·센서 융합·네트워킹·시각 동기·컴퓨팅 .....	58
[그림 3-17] Army Unified Network Plan 2.0. ....	59
[그림 3-18] Anduril 신속 의사결정 지원(미 공군) .....	60
[그림 3-19] In the Loop 및 On the Loop 지휘통제 예시 .....	61
[그림 3-20] 우크라이나 복합전투체계 .....	62
[그림 3-21] 이스라엘 알고리즘 기반 표적처리 .....	64
[그림 3-22] 이스라엘 지상군의 디지털아미프로그램(DAP) .....	65
[그림 3-23] 우크라이나 ‘오사’ FPV 드론, 러 Tu-95 동시타격 .....	66
[그림 3-24] 미 합동전장영역지휘통제(JADC2) 전략 개념도격 .....	67
[그림 3-25] 우크라이나 Kropyva 시스템 .....	68
[그림 3-26] Anduril의 Lattice AI .....	70
[그림 3-27] JADC2 전투공간 객체 데이터 추적 구조 .....	73
[그림 3-28] Multi Domain operations framework .....	74
[그림 3-29] 소프트웨어 상호운용성 표준으로서의 DD .....	75
[그림 3-30] JADC2 공통작전상황도 기능 시연 .....	78
[그림 3-31] 한국형 JADC2 개념도 .....	79
[그림 3-32] JADC2 획득 프로그램에 대한 포트폴리오 개념화 .....	81
[그림 3-33] Microsoft Zero Trust Architecture .....	82
[그림 4-1] 포병 사격지휘체계 구조도 .....	85
[그림 4-2] 표적 지원을 위한 시스템 통합(U.S.Army) .....	86
[그림 4-3] 네트워크 중심작전(NCW) .....	90
[그림 4-4] 지상전술데이터링크(KVMF) 운용 개념도 .....	92
[그림 4-5] Dynamic Front 22: NATO 다국적 포병 실사격 훈련 .....	96

[그림 4-6] ATCIS Add-on 방식 .....	100
[그림 4-7] 표적 피해평가(BDA) 데이터 가시화(예) .....	101
[그림 4-8] 최적 무기/방책 추천 AI 참모 .....	102
[그림 4-9] Kill Web 개념도: 센서·사격·EW 통합 .....	104
[그림 4-10] Kill Web Matching 운용개념 .....	105
[그림 4-11] GIDE 운용 .....	107

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경 및 목적

21세기 전장 환경은 급격한 기술 발전과 위협 양상의 다변화로 인해 근본적인 변화를 겪고 있다. 과거의 전쟁이 병력 규모와 화력의 우위를 중심으로 전개 되었다면, 현대전은 정보를 얼마나 신속하고 정확하게 수집·분석하여 결심과 타격으로 연결할 수 있는가가 전투의 성패를 좌우하는 구조로 전환되고 있다. 전장 전반에 센서, 통신, 네트워크 기술이 확산되면서 생성되는 정보의 양은 기하급수적으로 증가하였고, 이에 따라 인간 지휘관의 직관과 경험에만 의존한 전통적 지휘결심 방식은 구조적 한계에 직면하고 있다.

이러한 변화는 러시아-우크라이나 전쟁을 통해 명확히 확인되었다. 우크라이나군은 제한된 전력 여건 속에서도 민간 상용기술과 자동화된 지휘통제 체계를 결합하여 감시-식별-결심-타격의 전 과정을 신속하게 연계하는 작전 방식을 구현하였다[1]. [그림 1-1]의 GIS Arta는 다출처 센서 정보를 실시간으로 통합하여 표적을 식별하고, 이를 자동화된 사격 결심으로 전환하는 화력 운용 체계를 보여주었다.



(a) 우크라이나군이 운용하는 GIS-Arta (b) 격파된 러시아군 전차들

[그림 1-1] 우크라이나군, 세베르스키강 도하 러시아군 격파1)

1) Sergiy Kobzan. (22. 7. 19.). "GIS for the armed forces of Ukraine"

RUSI<sup>2)</sup>의 특별 보고서에 따르면, 우크라이나군은 하루 평균 약 1,500개의 표적을 AI 기반 분석 체계를 통해 자동으로 식별 및 분류하고 있으며, 일부 표적은 탐지 후 2~3분 이내에 사격으로 전환될 수 있는 수준의 신속한 대응 체계를 운용 중인 것으로 분석된다[20].

이스라엘군은 최근 가자지구 작전에서 Rafael사의 FIRE WEAVER 체계는 분산된 감시자산과 무기를 연동해 실시간 전장 상황 공유와 표적 자동 배분을 구현했다. FIRE WEAVER는 각 부대가 수집한 정보를 AI로 분석해 사거리, 예상 타격 효과, 아군 최인접 부대와의 거리 등을 고려해 최적의 무기를 자동 선택한다[21]. 이 체계는 3차원 전장 상황도에서 우군과 적군, 중립 인물을 AI가 자동 식별하여 지휘결심 부담을 줄인다. 기존 수작업 결심 방식 대비 대응 시간이 크게 단축되었으며, 도심 복잡 지형에서의 정밀작전 효율성도 향상되었다[22].

다만, AI가 사격 결심에 직접 관여하는 방식이 확대됨에 따라, 무분별한 인명 살상을 방지하기 위하여 향후 국제 인도법(IHL) 및 교전규칙(ROE)<sup>3)</sup> 상의 정당성 확보와 설명 가능한 인공지능(XAI)<sup>4)</sup> 도입 여부가 중요한 과제로 부각되고 있다[23].

AI 기술 성숙도에 따른 전쟁 양상의 변화는 전투 수행 개념 전반의 변화를 동반한다. [표 1-1]은 AI 기술 성숙도에 따라 전쟁 양상이 소모 중심에서 결심 중심, 나아가 알고리즘 간 경쟁의 양상으로 이동하고 있음을 정리한 것이다. 이는 화력 운용 방식 또한 인간 중심의 절차적 구조에서 자동화·지능화된 결심 구조로 전환되어야 함을 의미한다. 이러한 변화는 다영역 작전 환경에서 제한된 시간 안에 다수의 표적을 처리해야 하는 현대 전장의 특성과 맞물려, AI 기반 결심지원체계의 필요성을 더욱 부각시킨다.

---

2) RUSI: Royal United Services Institute for Defence and Security Studies  
(RUSI, 영국 왕립합동군사안보연구소)

3) ROE: Rules of Engagement의 약어임

4) XAI: Explainable Artificial Intelligence의 약어임

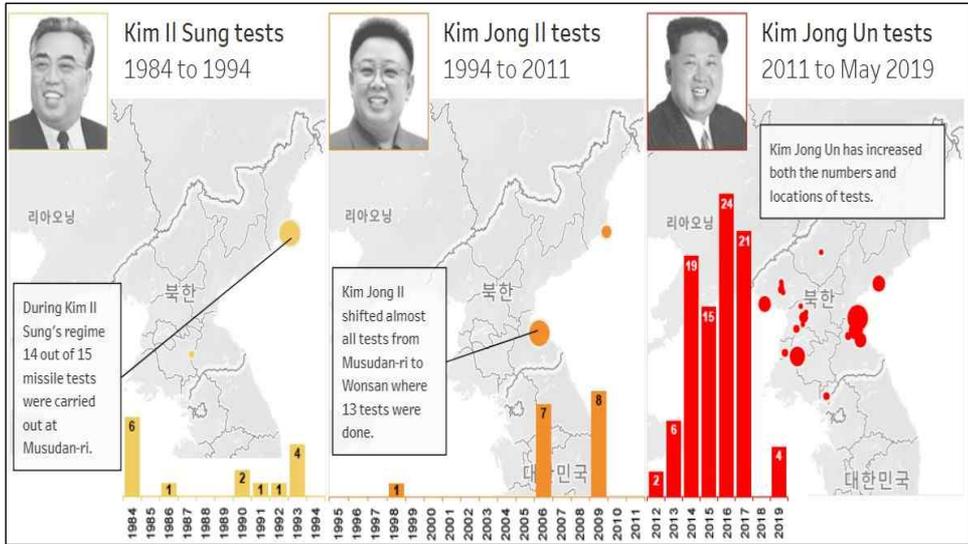
[표 1-1] AI 기술 성숙도에 따른 전쟁 양상의 변화<sup>5)</sup>

AI 기술성숙도		→ <b>현 재</b> →		
전쟁양상	네트워크 중심전	결심중심전	Hyper War	
전쟁 수행개념	소모중심	결심 중심(모자이크전)	알고리즘 간의 대항 (알고리즘전)	
전쟁 승리요인	정보 기술에 기반한 정보우위	의사결정 선택권의 우위	AI 학습 / 알고리즘 우위 점령	
플랫폼	네트워크-중양 클라우드	엣지 클라우드	하이퍼 클라우드	
C5ISR	지휘 통제	전 지구적 상황도를 기초로 최적화된 지시적 통제, 중앙 집권적 데이터	호기발생에 기초한 현지 결심수립	OODA 루프 주기를 벗어난 나노초 단위의 지휘통제 시스템
	통신	합동 표준화된 통신체계	다양한 통신 채널을 활용하며 필요에 따른 상호운용성 구현	양자 속도의 데이터 통신 기술
	컴퓨팅	전장에서 수집된 데이터를 정보 / 행동 경로로 전환하여 시각화 생성, 네트워크 중심 컴퓨팅	모호한 상황을 추론하고 불확실성을 정량화, 하이브리드 아키텍처 구축	AI 클러스터 컴퓨팅과 양자 컴퓨터 기술(결합)으로 미래의 상황을 예측하고 대비
	사이버	통신 라우터, 데이터베이스, 의사결정지원에 대한 사이버 공격 및 방호능력	빅데이터 기반 사이버 기반 강화 기술 발전	AI의 사이버 무기 자동 개발 및 대규모 생산 사이버 작전 수행
	ISR	네트워크로 연결되어 전장 상황 공유	IoT로 개별 전투원의 전장 상황 실시간 공유	홀로그램 · 3D 프린팅 기술을 결합하여 실시간 전장 가시화
무기체계	교리와 습관에 의존한 전투조직	다중 도메인으로 분산 · 연결된 무기체계/무인 플랫폼	지능형 AI 무기체계	
군 조직편성	사전 편성 및 준비	통신 가용여부에 따라 단위부대를 급조 편성 (레고식 맞춤형 편성)	지능형 AI 기계로 구성된 작고 기동성이 뛰어난 전투부대	
인간~기술의 협력 관계	인간 지휘관, 참모의 의사결정 기술은 보조적 역할 수행	인간 지휘관의 명령과 기계의 제어/통제	인간의 의사결정은 부차적 역할 지능적 기계의 의사결정 확대	

한반도 안보환경은 세계에서 군사적 긴장도가 높은 지역 중 하나로 북한은 탄도미사일, 초대형 방사포(KN-25), 순항미사일, SLBM, 극초음속 무기 등 다양한 체계를 시험·배치하며 다중·동시 위협 기반의 포화 공격 능력을 증가시키고 있다. [그림 1-2]에서 보듯이 NTI 산하 James Martin Center for Nonprolif-

5) 도웅준, 이기성, 박현만, "알고리즘전을 향한 경쟁: 중국의 체계대항과 미국의 시스템전 분석", 『전략연구 통권 제84호』, 2021년 11월. Amir Husain, "AI is Shaping the Future of War", Prism 9, No. 3, pp. 50-60.

eration Studies의 CNS North Korea Missile Test Database에 따르면, 북한은 2022년 한 해 동안 미사일 시험발사를 총 36회 실시하였으며, 이는 2017년 (약 18회) 대비 두 배 이상 늘었다[24].



[그림 1-2] 김씨 일가의 미사일 시험<sup>6)</sup>

이러한 무기체계는 빠른 발사 준비 시간, 다수 표적 동시 타격, 고속 비행 등의 공통점이 있으며, 기존 수직적 지휘결심체계는 복합 위협에 구조적 한계를 보인다. CSIS 분석에 따르면 KN-25는 TEL에서 20초 이내에 연속 발사가 가능하며, 이러한 조건에서 여단 또는 대대급 지휘소가 수작업 기반으로 표적 처리, 자산 배분, 사격 결심을 진행할 경우 대응이 늦어질 가능성이 크다[25].

[그림 1-3]에서 보듯이, 2022년 12월 26일 북한 무인기 도발은 기존 방공 감시망과 작전 반응 체계의 취약성을 드러낸 사건이었다. 북한 무인기 5대가 군사분계선을 넘어 영공에 진입했고, 일부는 서울과 김포 상공을 비행했다. 특히 1대는 서울 용산 대통령 집무실 인근 비행금지구역(P-73) 북쪽 끝을 일시 진입한 것으로 2023년 1월 합참이 공식 확인했다[26]. 공군은 수차례 요격을 시도했으나 탐지·식별·사격 결심·격추 전 주기에 지연이 발생해 대응에 실패했다. 이는 소형 무인기 위협으로부터 대응에서 기존 사격지휘 구조의 한계를 보여준 사례였다.

6) Cotton, S. (2021). North Korea Missile Test Database. Tableau Public.



[그림 1-3] 2022년 북한 무인기 식별 경로(합참)7)

북한의 저고도·소형 무인기 위협은 기존 지휘결심 절차(여단→대대 연락, 무기 확인, 화력 배분 등)는 수 분 단위의 대응을 전제로 설계되어 있어, 수십 초 내 대응이 필요한 현재 전장에서는 효율성에 한계가 있다. 킬러 드론만으로 실질적 전술 효과를 확보하기 어렵다.

실전에서 신뢰할 수 있는 성능을 확보하기 위해서는 센서, AI, 지휘통제, 타격체계를 동시에 보강하는 Sensor to Shooter 체계의 구축이 전제되어야 한다. 드론 탑재형 소형 레이더, 고해상도 EO/IR, 수동 RF 등 다양한 센서를 통해 저고도 표적을 안정적으로 탐지·추적하고, AI 기반 실시간 센서 융합을 통해 표적의 전술적 가치와 우선순위를 자동으로 산출할 필요가 있다.

XAI가 센서의 출처, 시간, 신뢰도를 근거로 제시할 경우, 지휘통제(C2)는 상황 민감도에 따라 자동 또는 인간 개입 방식(Human-in/on-the-Loop)으로 전환하여 자산을 할당하고 타격을 수행할 수 있다. 이와 함께 전자전 및 사이버 복원성, 교전교칙, 검증·확증(V&V)<sup>8)</sup> 절차, 예규(SOP), 훈련이 보완되어야 자동화된 화력운용의 신뢰성과 법적 및 운용적 안전성이 확보된다.

우크라이나 전쟁 사례에서 소형 드론은 수 초에서 수십 초 이내에 임무를 수행하므로, UAV 대응 시 탐지에서 사격명령까지의 목표 응답시간은 30초

7) 김소희. (2024. 10. 12.). 한국 영공에 무인기 띄웠던 “적반하장”... 과거 침범 사례 보니. 한국일보

8) V&V: Verification and Validation의 약자임

이내로 설정<sup>9)</sup>될 필요가 있다. 이를 위해 작전환경에서 탐지 확률, 식별 정확도, 추적 연속성 등 성능지표를 단계별로 검증·보정해야 하며, 센서-AI-C2-타격이 지연 없이 연계될 때 실질적인 억제 능력이 확보된다[18].

따라서 작전환경의 실질적 조건은 ‘실시간 자동화’라는 새로운 지휘통제 기준을 요구하고 있다. 감시·정찰 → 표적획득 → 식별 → 자산배분 → 사격결심 → 타격의 전체 절차에서 단일 단계가 아닌 전체 주기를 AI 기반 통제체계로 자동화해야 할 필요성이 절박하다.

현대 작전환경에서 지휘결심의 속도와 정확성은 전투성패를 결정하는 핵심 요인이다. 감시자산의 성능이나 화력의 강도만으로는 충분하지 않으며, 얼마나 신속하고 정확하게 ‘결심’을 내리는가가 작전 성공의 본질적 기준이 되고 있다. 따라서 AI 기반 화력결심지원체계는 기술적 선택이 아닌 구조적 필수요소로 자리잡아야 하며, 사단~대대급 작전환경에 최적화된 자동화 구조로 정립될 필요가 있다.

전장 속도의 가속화와 복잡한 작전환경 속에서 사람 중심의 화력운용 방식은 정보 처리와 의사결정 속도 측면에서 한계를 보인다. 이러한 한계를 극복하기 위한 대안으로 AI를 핵심으로 한 화력운용체계가 부상하고 있다. AI 기반 화력운용체계는 감시, 식별, 결심, 타격에 이르는 전술적 과정을 통합적으로 처리하는 것을 목표로 하며, 다양한 센서에서 생성되는 영상, 신호, 위치, 통신 등의 이질적 데이터를 실시간으로 융합 및 분석하여 표적탐지, 평가, 우선순위 산정 및 사격 결심을 지원한다. 이를 통해 다중 위협 상황에서도 지휘관의 부담을 경감하고 신속한 대응을 가능하게 한다.

첫째, 실시간 데이터 수집 및 처리 능력으로 Edge AI나 On-device AI 기술을 적용하여 현장 데이터를 통신 속도 지연 없이 전처리하고 분석해 신속한 결심을 가능하게 한다. [표 1-2]는 Edge AI와 On-device AI의 처리 범위, 연산 방식, 통신 의존도를 비교한 것으로 전술 환경에서 어떤 기술을 적용하느냐에 따라 응답속도와 지휘통제 부담이 달라질 수 있음을 보여준다.

---

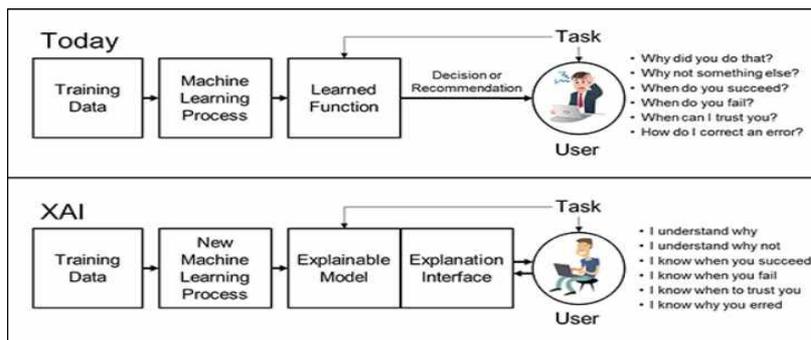
9) 우크라이나 전쟁 등의 실제 사례에서 소형 드론은 감시, 타격, 자폭 등 임무를 수 초~수십 초 내에 완수하므로 실시간 대응체계가 필수이며, 군 주요시설을 지키기 위해선 탐지→대응→격추까지 30초 이내 프로세스가 요구된다.

[표 1-2] Edge AI와 On-device AI 기술 비교

구분	Edge AI	On-device AI
정의	현장 엣지 서버/게이트웨이에서 AI 처리	단말 기기 내부에서 AI 처리
연산 위치	전술 지휘노드 및 현장 서버	드론·로봇·센서 등 개별 플랫폼
네트워크 의존	부분 의존(주기 동기화)	거의 없음(단절 시 자율 동작)
지연시간	낮음(ms급)	매우 낮음( $\mu s \sim ms$ 급, 실시간)
보안/프라이버시	전송 축소로 중간~높음	외부 전송 최소로 매우 높음
모델규모	중형~대형 모델 가능	경량 및 압축 모델 중심
전력/업데이트	전력 여유·원격 업데이트 용이	저전력 필수·현장 업데이트 제약
군사적 포인트	다수 센서 통합 및 전술 C2 분석 허브	개별 장비의 자율 인지 및 즉응 타격

둘째, AI가 표적을 분석하고 우선순위를 정하는 기능이다. AI는 표적의 위치와 사거리, 위협 수준, 아군과의 거리, 민간인 피해 가능성을 종합적으로 분석해 어떤 표적을 먼저 공격할지 자동으로 결정한다. 셋째, 자산분배 및 사격 결심 자동화 기능으로 가용 자산의 사거리, 탄종, 탄약 현황, 부대 위치 등을 고려하여 최적의 타격자산을 자동으로 추천하거나 직접 할당한다.

마지막으로 AI 기반 화력운용통제체계는 XAI에 기반한 결과 제시 기능을 포함해야 한다. XAI는 지휘관이 AI의 판단 근거를 이해하고 결심 내용을 검토 및 승인할 수 있도록 함으로써, 자동화된 결심 과정에 대한 통제 가능성을 제공한다. [그림 1-4]는 XAI가 단순한 기술적 설명을 넘어 사용자 중심의 상황 맥락과 해석을 가능하게 함을 보여주며, 이는 작전환경에서 지휘관이 AI의 결심을 신뢰하고 수용하기 위한 핵심 전제조건으로 작용한다[22].



[그림 1-4] 미 DARPA의 설명 가능한 인공지능(XAI) 개념<sup>10)</sup>

현 C4I 화력 체계는 표적 접수에서 사격 요청까지 계층적·수동적으로 처리되어 전술 상황 변화에도 민첩하게 대응하기에는 미흡하다. 작전 단계가 분산되고 다영역에서 동시 전개되는 복잡한 전장에서 실시간 변화하는 다수 표적의 우선순위를 사람의 직관적 판단만으로 정확히 판단하고 제한된 사격자산을 최적 배분하는 데는 한계가 있다. 그로 인해 지휘결심이 길어지고 감시자산과 사격자산 간의 연계가 늦어져 순간적 우위를 확보할 기회를 상실하게 된다.

이러한 한계를 극복하기 위해 AI 기반 화력운용통제체계는 보조 기술을 넘어 전술 수준의 지휘관 결심을 지원하거나 일부 결정을 자동화하는 체계로 발전해야 한다. 이 체계는 결심 주기(OODA 등)의 단축과 Sensor to Shooter 경로의 통합을 통해 분산된 전력을 효과적으로 결집하고 전술적 효과를 개선할 수 있는 잠재력을 가진다.

이와 같은 개념은 미 육군의 차세대 지휘통제 개념인 JADC2<sup>11)</sup>에서도 확인된다. 다영역 작전환경에서 센서-결심-타격의 연결을 자동화하고 인간 중심 지휘결심 부담을 분산하는 구조를 개념적으로 제시하며, AI 기반 화력운용통제체계가 JADC2의 핵심 요소로 통합되고 있음을 보여준다[29].

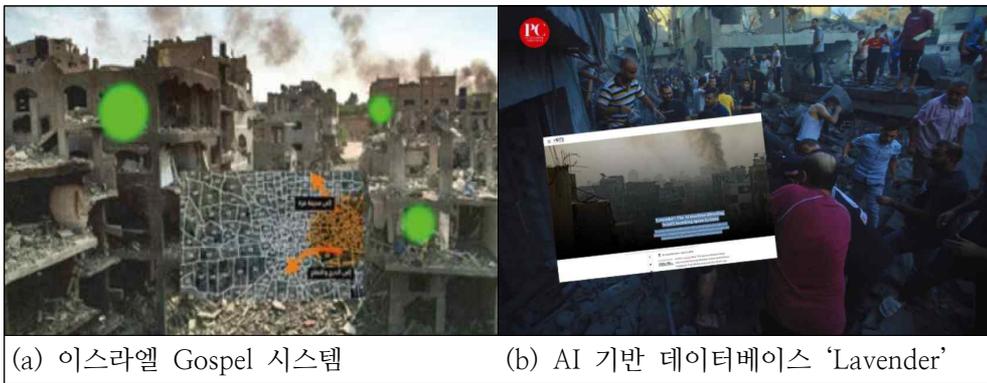
우크라이나는 러시아의 전면 침공 이후, 자국의 제한된 전력과 무기체계를 보완하기 위해 민간 기술과 상용 시스템을 전장에 도입하였다. GIS Arta 체계는 Starlink 기반 위성통신, 드론, 감시장비, 스마트폰 등으로부터 수집한 정보를 분석하고, 실시간 표적을 식별한 후 타격자산과 연동하여 자동으로 사격명령을 내린다. GIS Arta는 수 초 이내에 표적을 식별하고 사격명령을 내릴 수 있으며, 일일 1,500건 이상의 표적에 대해 자동으로 대응이 가능하다는 점에서 사람 중심 지휘결심체계 대비 압도적인 시간 효율성을 기술 중심 자동화 체계는 적 병력과 장비에 대한 정밀타격을 실현하였고, 전술 차원에서 AI를 활용한 화력 운용이 실제 교전 상황에서도 효과를 발휘할 수 있음을 보여주었다[28].

이스라엘은 AI 기반 표적 선정과 사격 자동화에서 가장 고도화된 접근을 보여준다. 최근 하마스와의 갈등에서 이스라엘 국방군(IDF)은 [그림 1-5]에서 보듯이 ‘Gospel’과 ‘Lavender’로 알려진 AI 의사결정 지원체계를 실전 배치했다.

10) Defense Advanced Research Projects Agency. (n.d.). Explainable Artificial Intelligence (XAI). DARPA. Retrieved [Access Date]

11) JADC2: Joint All-Domain Command and Control의 약어임

Gospel은 위성, 항공영상과 센서 데이터를 기반으로 건물 및 구조물 표적을 자동 식별 및 추천하며, 작전 구역 내 군사시설 타격 우선도를 제시한다. Lavender는 수만 명의 인물 정보를 직책, 활동 패턴, 통신 기록과 함께 분석해 우선순위와 중요도를 자동 분류한다. 두 체계는 인간 분석관의 복잡한 표적 선별과 평가 부담을 크게 줄였고, 여러 표적에 실시간 대응을 가능케 했다. 이들은 인구 자료, 감시 영상, 통신망 정보, 전투 기록 등 다양한 데이터를 종합해 빠르고 일관된 결정을 지원한다. 다만 최종 검토와 승인은 여전히 인간이 담당하며, 이를 통해 판단 근거 설명과 법적 책임을 보장한다[30, 31].



[그림 1-5] 이스라엘 AI 기반 시스템<sup>12)</sup>

과거 수 시간 이상 소요되던 표적 판정과 사격 결정 과정이 수초 내로 단축되었고, 다수의 표적에 대한 동시 대응이 가능해졌다. 전술 기동과 화력 절차의 시간 단축과 동시 처리 능력이 향상되어 전장의 주도권 확보에 기여하지만, 민간인 피해와 국제인도법상 책임 문제에 대비하기 위해 의사결정 권한을 부여 받은 AI 체계에서는 책임 소재와 법적 정당성을 사전에 규정할 필요가 있다.

해외 주요국 기술은 기술적 우위를 입증하는 데 그치지 않고, 전쟁 양상 변화에 따라 작전 운용상의 구조와 지휘결심 자체를 재편성하는 방향으로 나아가고 있다. 이 같은 흐름은 한국군에게도 방향성과 과제를 제시하고 있다.

첫째, AI 기반 화력운용체계의 역할 재정립이 필요하다. 현 화력운용체계는 표적 접수와 사격 지시가 수작업과 단계별 절차에 의해 전형적인 운영 방식을

12) Khalil, A. (2024. 4. 5.). Gospel: Israel's controversial AI used in Gaza war. The New Arab.(우), Author, A. (2024. 4. 4.). Lavender report exposes Israel's AI-driven massacres in Gaza. Palestine Chronicle.(좌)

하고 있다. 이 운용 체계는 빠르게 변화하는 전술 상황에서 반응 시간 증가와 타격 효과를 낮추는 취약점이 있다. 다영역 및 분산 전개가 빈번한 현대 전장에서는 사람의 직관에 의존해 표적의 우선순위를 실시간으로 처리하고, 한정된 화력 자산을 최적 배분하기에 한계가 있다. 따라서 AI는 보조 수단 아니라 표적 식별, 우선순위 선정, 화력 자산 배분, 결심 안 등을 제시하는 전 과정을 지원하는 ‘결심지원 플랫폼’으로 진화할 필요가 있다.

둘째, Army TIGER와 연동될 예정인 KCCS-A 통합 연계 방안을 사전에 검토해야 한다. 일부 운용 및 실증 결과를 보면 표적관리, 자산운용, 진지통제, 타격 결과 등 기본 기능은 있으나, 실시간 자동 탐지 및 분류, 우선순위 자동화, 다표적 동시타격, 사격제원 산출 자동화 등 개선 과제가 있다. ATCIS 및 BTCS 등 기존 프레임워크의 자동화와 융합성 보완이 필요하고, 모듈형 AI Add-on 및 온톨로지 기반 통합처리 아키텍처의 실증 검토를 추진해야 한다.

셋째, 전력화를 위해 선결되어야 할 우선 요소로 데이터 기반 운용 확립과 XAI 도입, 교육 및 훈련 체계의 전면 개편, 법·제도적 정비가 필요하다. ① 데이터 기반은 센서로부터 수집된 정보를 표준화하여 실시간 분석하고 신뢰성이 높은 아키텍처 데이터 구축이 전제되어야 한다. ② XAI는 지휘관이 AI의 판단과 신뢰도 예측을 이해하고 결심 권한을 합리적으로 분권화하고 인간과 기계 간 협업의 실효성을 확보하는 핵심적 역할을 한다. ③ 교육과 훈련은 AI 기능과 한계, 윤리적 사항을 포함하여 전면 개편되어야 하며, AI 보조 하에서 실무적 의사결정 역량을 강화할 수 있다.

마지막으로 법적 정당성과 책임 소재를 명확히 하기 위한 규범과 절차의 정비가 병행되어 체계 도입의 합법성, 윤리성, 지속성이 확보되어야 한다.

이상의 조건을 바탕으로 전장 환경에서 요구되는 AI 화력운용통제체계의 설계 요건을 도출하고, 해외 운용 사례 비교를 통해 현행 체계의 문제를 검토하고, 사단에서 대대급까지 적용이 가능한 결심지원 체계 개념과 통합성을 제시한다. 아울러 한반도 환경과 기술 발전 흐름을 고려하여 AI 기반 화력운용통제 체계는 선택적 사항을 넘어 전력구조 전환의 과제에 가깝다. 연구의 목적은 이러한 것을 실행 가능한 로드맵으로 구체화하는 데 있다.

## 제 2 절 연구의 범위 및 방법

본 연구는 AI 기반 화력운용통제체계의 개념을 정립하고, 사단급 이하 전술 제대에서 이를 적용할 수 있는 작전적·기술적 방향을 도출하는 것을 목적으로 한다. 특히 Army TIGER 전투수행체계의 기술 발전과 향후 구축될 한국형 JADC2의 지향점을 염두에 두고, 현행 지휘통제체계에 AI를 어떤 방식으로 통합할 수 있는지를 분석하고자 한다. 이를 위해 연구 범위는 공간적, 시간적, 내용적 측면에서 설정하였다.

공간적으로는 한국군 포병 전력의 C4ISR 체계를 중심으로 사단에서 대대급에 이르는 전술 제대의 사격지휘 절차를 주요 분석 대상으로 삼았으며, 미국, 이스라엘, 우크라이나 등에서 운용되고 있는 AI 기반 Sensor to Shooter 체계를 함께 검토하여 한국군에 적용 가능한 요소를 도출하고자 하였다. 시간적 범위는 ATCIS 및 BTCS 등 현행 지휘통제체계를 기준으로, 2030~2040년대까지 예상되는 기술 성숙도 변화와 조직·교리의 재편 가능성을 포함하였다. 러시아-우크라이나 전쟁에서 확인되는 자동화된 지휘통제와 실시간 타격 연계의 발전 양상도 시간적 범위 안에서 중요한 참조 기준으로 설정하였다. 내용적으로는 AI 기반 화력운용통제체계의 개념과 구성요소를 정립하고, 한국군의 현행 체계가 갖는 구조적 및 절차적 제약을 검토하며, GIS Arta·TITAN·Fire Weaver 등 해외 사례를 중심으로 기술적·운용적 특징을 분석하였다. 이러한 분석을 바탕으로 한국군 작전환경에 적합한 AI 적용 방향과 기술·작전적 발전 방안을 도출하는 것으로 연구의 범위를 구성하였다.

연구 방법은 문헌연구, 사례분석, 비교분석을 중심으로 이루어졌다. 문헌 연구는 국방정책 자료와 AI·C4ISR 관련 학술 논문, 군사 기술 보고서, 해외 안보연구기관의 분석 자료 등을 활용하여 AI 기반 지휘통제체계의 개념적 틀과 기술적 요소를 정립하는 데 사용하였다. 사례분석은 우크라이나의 GIS Arta, 미국의 TITAN, 이스라엘의 Fire Weaver를 주요 사례로 선정하여, 각 체계가 표적 탐지·식별·추적을 어떻게 수행하는지, 센서 데이터를 어떻게 처리하고 AI 기반으로 지휘결심을 지원하는지, 화력자산을 어떤 방식으로 자동화하여 실시간 타격으로 연계하는지를 검토하였다. 사례분석을 통해 도출된 정보처리 구조와

결심지원 방식, 자동화 패턴은 한국군의 ATCIS 및 BTCS와 비교하는 데 활용되었다.

이러한 비교는 해외 Sensor to Shooter 체계와 한국군 현행 체계의 차이를 식별하고, 자동화 수준, 감시자산-타격체계 연동 구조, 지휘결심 속도, 분산형 지휘통제의 구현 정도 등에서 나타나는 특성을 파악하기 위한 목적에서 수행되었다. 비교분석은 독립적인 연구방법으로 사용되었다기보다 사례분석의 결과를 정리하여 한국군 적용 가능성을 도출하기 위한 보조적 분석으로 활용되었다. 이를 통해 해외 체계의 기능적 강점과 한국군의 구조적 제약을 체계적으로 대비함으로써, 향후 AI 기반 화력운용통제체계를 발전시키기 위해 필요한 기술적·작전적 고려 요소를 도출하였다.

이와 같이 본 연구는 이론적 토대와 사례 기반 분석을 종합하여 AI 기반 화력운용통제체계의 발전방향을 탐색하는 데 초점을 두었으며, 연구의 범위와 방법은 이러한 목적을 달성하기 위해 적합한 방식으로 구성되었다.

## 제 2 장 이론적 배경과 선행연구

### 제 1 절 인공지능 기술 군 적용개념과 전장 패러다임의 변화

AI는 단순한 기술 발전을 넘어 현대 군사작전의 패러다임을 구조적으로 변화시키고 있다. 감시, 분석, 예측, 표적 식별, 타격에 이르는 전 과정에서 AI가 개입하면서 기존 인간 중심의 지휘결심체계는 빠르게 변화하고 있다. 특히 방대한 데이터를 실시간으로 처리하는 능력은 전장에서의 결심 속도를 크게 향상시키며, 이는 작전환경과 지휘체계의 구조적 변화를 촉진하는 핵심 동력이 되고 있다. 더불어 AI의 패턴 인식 능력과 상황 예측 기능은 인간이 인지하기 어려운 위협 징후까지 조기에 탐지할 수 있게 하여, 작전 수행의 안정성과 대응 정확성을 동시에 높이는 역할을 수행한다.

이러한 변화의 기반이 되는 AI 기반 군사기술의 개념, 작동 원리, 적용 범위를 체계적으로 정리하고, 전장 구조와 작전 방식에 미치는 영향을 분석한다. 이를 통해 AI 기반 군사기술의 실질적 가능성과 한계를 규명하고 군 적용 시 고려해야 할 시사점을 도출하고자 한다

#### 1) 인공지능 기술의 군 적용개념

AI 기반 군사기술은 “군사 목적을 위해 설계된 지능형 소프트웨어 및 하드웨어로 인간의 직접 개입 없이 정보를 감지 및 처리하고 그 결과에 따라 판단 또는 행동을 수행하는 체계”로 정의된다[32]. [그림 2-1]에서 보듯이, 탐지-분석-판단-행동의 일련의 알고리즘 구조를 기반으로 하며, 전장 상황을 자동 이해하고 적절한 방안을 제시하는 지능형 군사체계로 발전하고 있다. 이러한 구조는 단순 자동화가 아니라 환경 변화에 적응하며 결과를 스스로 수정 및 보정하는 자율적 특성을 포함하며, 이는 전장 속도 경쟁에서 인간보다 빠른 결심을 가능하게 하는 핵심 요인으로 평가된다.



[그림 2-1] AI 무기체계 적용방안 및 사례<sup>13)</sup>

현대 전쟁은 과거와 달리 정보량이 기하급수적으로 증가하고 작전환경은 빠르게 변화한다. 이 과정에서 인간 지휘관이 실시간으로 모든 정보를 이해하고 결심하는 데는 구조적 한계가 존재한다. 따라서 AI는 방대한 데이터를 분석하고 비정형 정보에서 핵심 위협 요소를 식별하며, 결심 대안을 자동 산출하는 핵심 보조수단으로 자리매김하고 있다. 이러한 변화는 [그림 2-2]에서 확인되듯 AI와 IoT 결합을 통해 감시체계가 경량화, 고속화되는 형태로 나타난다<sup>3)</sup>.

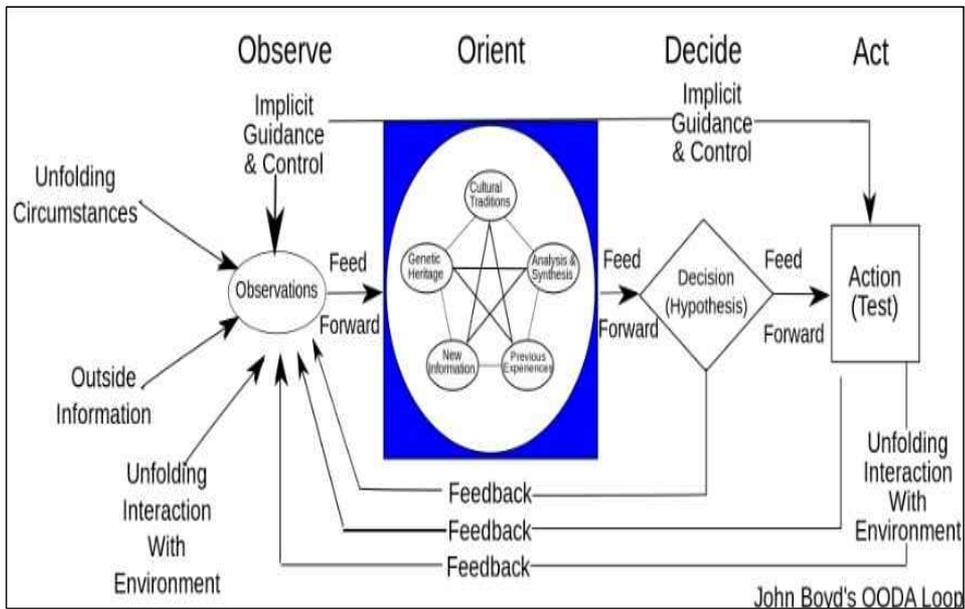


[그림 2-2] AI + IoT = 더 가볍고 빠른 전장 감시<sup>14)</sup>

13) AI와 연계된 드론봇 전투발견(한성대 자료 제공)

14) Military Embedded Systems. (n.d.). IoT, AI, and the future battlefield.

또한 인구구조 변화로 인한 병력 감소와 전문인력 확보의 어려움은 AI 기반 군사기술 도입의 필요성을 강화하고 있다. AI는 정확성, 신속성, 지속성 측면에서 사람보다 우위에 있으며, 특히 자동화에서 자율화로의 진화는 군사적 활용의 폭을 근본적으로 확장한다. [그림 2-3]의 OODA 루프 개념에서 보듯이 AI는 상황인식-의사결정-행동 실행의 루프를 통해 인간과 유사한 수준의 독립적인 작전 수행이 가능하도록 설계되며, 이는 전장 속도(OODA 루프)와 정보 우위의 확보라는 측면에서 기존 전통적 방식과의 본질적인 차이를 만들어낸다[33].



[그림 2-3] OODA 루프의 개념<sup>15)</sup>

AI 기반 군사기술은 단순한 효율성 향상을 넘어 작전 구조와 지휘결심 체계를 전반적으로 재편하는 전략적 변화로 이해되어야 한다. AI는 더 이상 단순 보조도구가 아니라, 스스로 상황을 분석하고 최적 대안을 제시하며 지속적으로 성능을 향상시키는 진화형 자율체계로 발전하고 있다. 이러한 변화는 지휘 통제(C2), 정보관리(ISR), 군수지원, 훈련 등 전장 전 영역에 걸쳐 나타나며, [표 2-1]에서 제시된 바와 같이 AI는 초기 군사 임무 전반에서 인간이 감당하기 어려운 분석과 판단 기능을 효과적으로 보완하고 있다.

15) OODA loop. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved [Access Date], [https://en.wikipedia.org/wiki/OODA\\_loop](https://en.wikipedia.org/wiki/OODA_loop)

[표 2-1] 초기 군사 임무<sup>16)</sup>

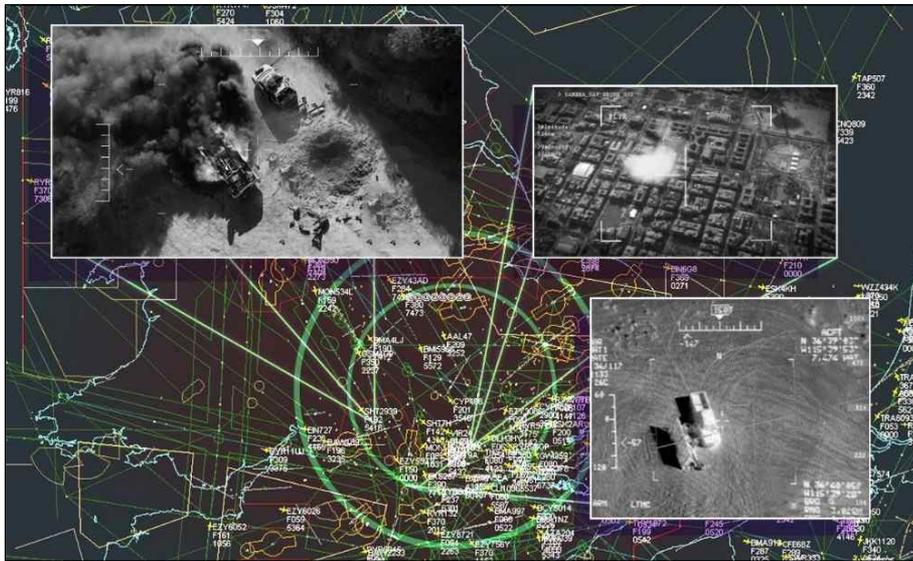
기능 영역	군사 임무
지휘통제	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 표적 분석 수행 (예 : 가장 관련성 높은 표적 식별)</li> <li>2. 무기 선택 및 무기화 결정</li> <li>3. 무기 능력 및 효과평가(예 : 탄약 파편화 패턴, 2차 폭발 등)</li> <li>4. 방호, 부수적 피해 및 위험 완화 예측, 비타격 객체 포함 (예 : 민간인의 생활패턴, 공격 시간 등)</li> <li>5. 임무 실행 계획수립 (예 : 행동 방안 및 경로 식별)</li> <li>6. 비상 상황 계획수립 (예 : 장비 손실, 통신 두절 등)</li> <li>7. 실시간으로 수집된 정보, 정보 분석 및 데이터를 바탕으로 전장 내 기동 계획 및 적응</li> <li>8. 전구 작전에 대한 지속적 영향 평가(예 : 여론 평가 등을 포함)</li> </ol>
정보관리	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. 정보, 감시, 정찰(ISR)을 통해 수집된 데이터 정리, 필터링 및 융합</li> <li>10. 지상, 공중, 해상, 우주, 사이버 영역 전반에서 ISR을 통해 수집된 데이터 분석</li> <li>11. 아군, 적군 및 자신의 능력 분석 (예 : 인력, 장비, 훈련, 시설, 장비 상태 등)</li> <li>12. 환경 분석(예 : 지형, 인프라, 비타격 객체, 민간인에 대한 영향 등)</li> <li>13. 수집된 데이터 분석에서 도출된 주요 사항 종합</li> <li>14. 지휘통제(C2) 계통 전체에 정보 배포</li> <li>15. 정보 및 통신 보안 관리</li> <li>16. 전개에 대한 군수 지원(예 : 필요한 자재 / 장비 확보, 인원 전개 계획, 장비 및 인원 수송 계획, 부대방호 관리)</li> <li>17. 인원 및 장비의 운영 효율성 평가 (예 : 성능 및 상태의 실시간 모니터링)</li> </ol>
훈 련	<ol style="list-style-type: none"> <li>18. 훈련 및 시뮬레이션 수행 (예 : 군사 인력 교육 및 개인 및 집단 훈련 수행)</li> </ol>

먼저 지휘통제(C2) 영역에서 AI는 방대한 전장 정보를 자동 분석하여 상황 인식을 강화하고, 시나리오 기반 대안을 생성함으로써 지휘관의 결심을 지원

16) Sarah Grand-Clément, Artificial Intelligence Beyond Weapons: Application and Impact of AI in the Military Domain, UNIDIR Research Report, Geneva, 2023.

한다. 표에 제시된 기능들은 단순 반복 작업의 자동화를 넘어, 탐지-분석-방책 생성-위험 평가로 이어지는 결심지원 절차가 점차 AI 중심으로 재구조화되고 있음을 보여준다. 이러한 기능적 변화는 [그림 2-1]의 개념적 구조와도 일치하며, AI가 전장 판단의 핵심 요소로 작동할 수 있음을 시각적으로 제시한다.

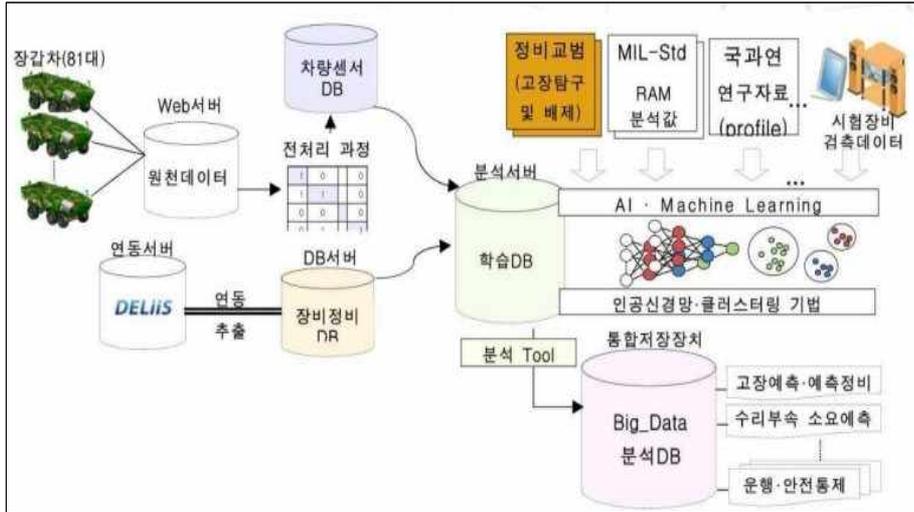
둘째, 정보관리(ISR) 영역에서 AI는 정형·비정형 데이터를 통합 분석하여 위협을 자동 식별하고, 표적 특성에 따라 우선순위를 분류하는 역할을 담당한다. ISR 기능은 [표 2-1]의 지능적 필터링·데이터 융합·분석 기능과 긴밀히 연결되며, [그림 2-4]에서 보듯이 실시간 탐지 정확성과 표적처리 속도 향상에 기여한다.



[그림 2-4] 감시·정찰 자동화<sup>17)</sup>

셋째, 군수 및 정비 지원 기능에서 AI는 장비 상태 데이터를 기반으로 고장 가능성을 예측하고 보급·정비 계획을 최적화함으로써 작전 지속성을 강화한다. 이러한 역할은 군수체계의 효율성을 증가시키는 데 그치지 않고, 예지정비(PHM) 및 자원 배분 최적화를 통해 전투력의 가용성을 실질적으로 향상시키는 방향으로 확장되고 있다. 이는 [그림 2-5]에서 시각화된 것처럼, AI와 센서 기반 모니터링 체계가 결합된 형태로 구현된다.

17) Lockheed Martin. (2020. 8. 13.). Writing the playbook and calling the plays. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2020/writing-the-playbook-and-calling-the-plays.html>(검색일: 2025. 7. 20.)



[그림 2-5] AI 기반 차륜형 장갑차 고장예측 체계(PHM)<sup>18)</sup>

다섯째, 훈련 및 시뮬레이션 영역에서는 AI가 작전환경을 묘사하고, 교육생의 반응을 분석하여 맞춤형 피드백을 제공함으로써 학습 효과를 극대화한다. AI 기반 훈련체계는 실제 전장과 유사한 환경을 구현할 수 있으며, [그림 2-6]에서 보듯이, 시나리오 자동 생성과 적군 AI 모의대응 등 기존 시스템에서 제공할 수 없었던 고도화된 기능을 포함한다[37].



[그림 2-6] AI 모의비행훈련체계 모식도<sup>19)</sup>

18) AI와 연계된 드론봇 전투발전 (한성대 국방전력학과 드론봇전투체계 자료 제공)

19) 조선일보. (2021. 5. 9). 인공지능 적기와 공중전...공군 AI 비행훈련체계 개발.

이처럼 AI 기반 군사기술은 단일 영역에 국한되지 않고, 전장 전반에서의 복합적 역할을 수행하고 있으며, 각 기능별 AI 적용은 해당 영역의 작전개념 및 운용 방식의 구조적 재정립으로 이어지고 있다.

군사 분야에서 활용되는 AI는 민간 영역과 구별된 특수한 구조적 요건과 방식을 가지고 있다. 전장 환경은 실시간 높은 불확실성이 존재하는 특수 조건이므로, AI 기반 군사기술은 속도, 신뢰성, 설명 가능성, 자율성 측면에서 기준을 충족해야 한다.

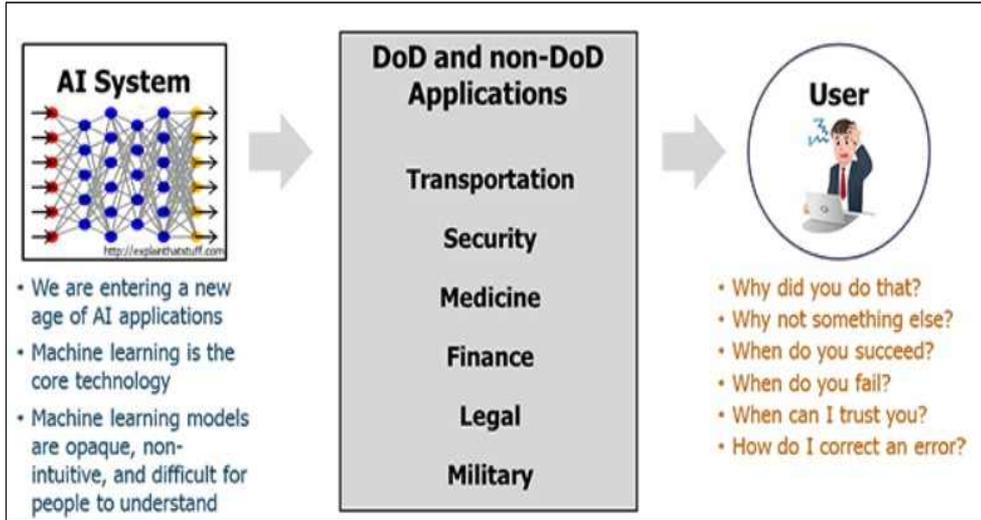
첫째, 지능 처리방식의 진화에 있어 AI 기반 군사기술은 초기의 규칙 기반 자동화 시스템에서 출발하여 현재는 기계학습, 딥러닝, 강화학습 등 보다 복합적인 자가 학습 알고리즘으로 진화하고 있다. 초창기 군사 자동화 시스템은 단순히 정해진 조건에 따라 ‘만약 A이면 B’(IF-THEN) 방식으로 작동했으나, 최근에는 과거의 전투 데이터를 바탕으로 패턴을 학습하고 스스로 판단 기준을 설정할 수 있는 모델이 주류를 이루고 있다. 예컨대, 적 전차의 이동 패턴을 학습한 AI가 특정 시간대, 기상 조건하에서 특정 지역을 통과할 확률이 높음을 예측하고 이를 경고하는 등의 기능이 대표적인 사례이다[38].

둘째, 의미 기반 정보처리와 XAI는 AI 기반 군사기술 기술의 발전 방향 중 핵심이다. 전장 정보는 영상뿐만 아니라 지휘관의 명령, 교전규칙, 전술 상황 등 비정형적이고 의미 중심의 정보가 다수이다. 최근 온톨로지(Ontology)<sup>20</sup>를 기반으로 군사 용어와 상황, 위협 요소들을 체계적인 구조로 정리하고, AI가 이를 이해하고 판단에 활용할 수 있도록 하는 기술들이 도입되고 있다. 이는 높은 정확성을 추구하는 블랙박스형 AI와는 달리, 판단 근거를 명확히 설명할 수 있어 지휘관의 신뢰를 확보하는 데 필수적 요소로 간주된다[39].

[그림 2-7]과 같이 DARPA의 XAI는 군사 결심 보조 시스템이 “왜 그런 판단에 이르렀는지?”를 제시하도록 설계되었고, 이는 인간-기계 협업을 지탱하는 필수 기술 전제이다[33].

---

20) Ontology: 특정 주제 영역의 개체, 속성, 관계를 명확하게 정의하고 구조화하여 컴퓨터가 이해하고 처리할 수 있도록 표현한 데이터 모델



[그림 2-7] 설명 가능한 AI (XAI)<sup>21)</sup>

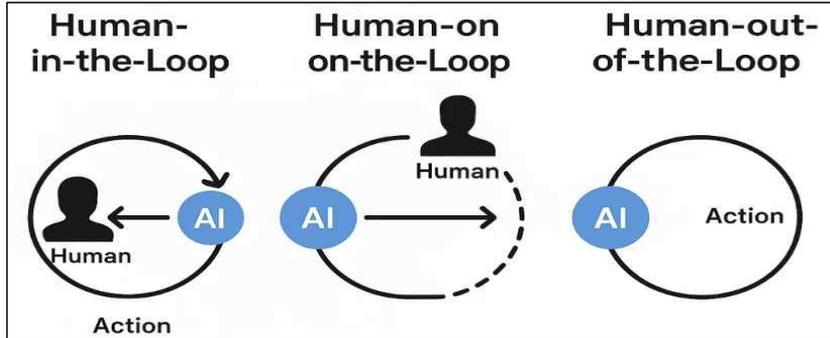
셋째, 자율성 수준은 AI 기반 군사기술의 운용 방식에서 가장 민감하고 전략적인 요소이다. [표 2-2]과 [그림 2-8]과 같이 자율성 수준은 ‘Human-in-the-Loop’, ‘Human-on-the-Loop’, ‘Human-out-of-the-Loop’ 세 단계로 구분된다[40].

[표 2-2] 자율성 수준별 구분<sup>22)</sup>

반자율 (Semi-Autonomous)	인간 감독형 (Human-Supervised)	완전 자율 (Autonomous)
Human-in-the-Loop	Human-on-the-Loop	Human-out-of-the-Loop
기계는 각 과제가 완료된 후 계속 진행하기 전에 인간의 승인을 위해 멈추고 대기한다.	일단 작동을 시작하면, 기계는 인간의 감독하에 과제를 수행하며, 운영자가 개입할 때까지 계속해서 임무를 수행한다.	일단 작동을 시작하면, 기계는 인간 운영자의 도움 없이 과제를 수행한다. 이때 인간은 작업을 감독하지도 않고 개입할 능력도 없다.

21) Defense Advanced Research Projects Agency. (n.d.). Explainable artificial intelligence (XAI). DARPA

22) U.S. Department of Defense. (2019). Artificial intelligence for military decision making (AD1083595). Defense Technical Information Center.



[그림 2-8] AI 시스템에서의 인간의 세 가지 역할<sup>23)</sup>

첫 번째 단계인 Human-in-the-Loop는 사람이 AI의 모든 판단 과정에 관여하는 구조이다. 표적탐지, 데이터 분류, 사격명령 산출 등 모든 과정을 사람이 최종 결정을 내려 안정적이지만, 반응 속도는 느리고 다수의 표적 대응에는 한계가 있다. 오늘날 군의 C4ISR 및 포병 지휘통제체계는 대부분 이 수준에 머물러 있다.

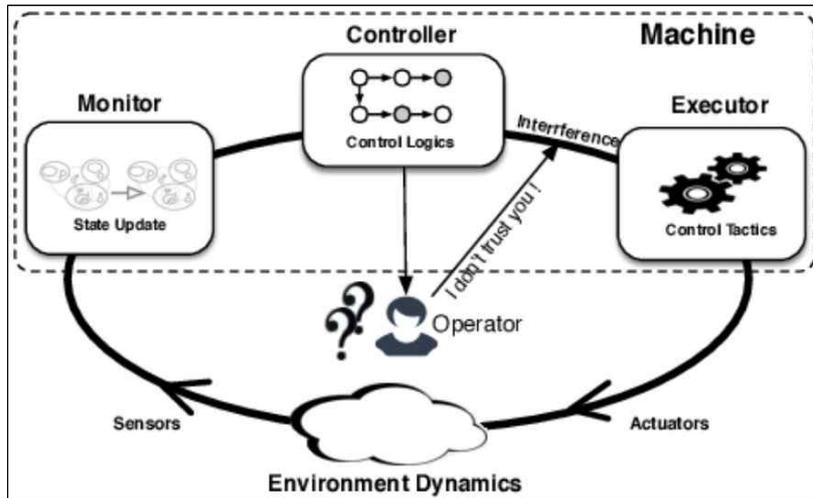
두 번째 단계는 Human-on-the-Loop로 AI가 대안을 내면 사람이 이를 승인 또는 보완하는 구조이다. 이 방식은 속도와 효율성을 개선하고 사람이 최종 책임을 유지할 수 있다는 점에서 가장 현실적인 모델로 평가된다. 우크라이나의 GIS Arta, 이스라엘의 Fire Weaver 같은 시스템도 Human-on-the-Loop 구조에 가깝다. AI가 제안하는 대안을 신뢰 못하거나, 너무 의존하면 의사결정에 문제가 발생할 수 있다.

마지막 단계는 Human-out-of-the-Loop로 AI가 스스로 판단, 결심, 실행까지 자율적으로 수행하는 수준이다. 이 속도와 동시 대응 능력에서 혁신적인 도약이 가능하지만, 기술적 불완전성과 윤리·법적 문제로 인해 제한적인 연구만 되고 있다. 자동화된 드론 군집 운영, 자율 무기체계, 미군의 일부 실험 프로젝트에서 부분적으로 검토되고 있어, NATO와 UN 차원에서도 자율무기체계(LAWS)<sup>24)</sup>에 대한 국제 논의가 진행 중이다. 따라서 Human-out-of-the-Loop 단계는 군사적으로 매력적이지만, XAI, 교전규칙, 국제법적 정합성 등 다층적 장치가 마련되어야만 가능하다[32].

23) Agbeja, A. O. (2025. 9.). Human In, On, and Out of the Loop: Designing the Right Role for People in AI Systems. Medium

24) LAWS: Lethal Autonomous Weapons Systems의 약어임

그러나 자율성이 높아질수록 책임 소재 불분명, 오판 가능성, 국제법 논쟁 등 다양한 문제가 수반된다. 대부분의 국방 AI는 [그림 2-9]와 같이 Human-on-the-Loop 수준의 효율성과 안전성의 균형을 추구하고 있다.



[그림 2-9] Human-on-the-Loop 자기적응 시스템<sup>25)</sup>

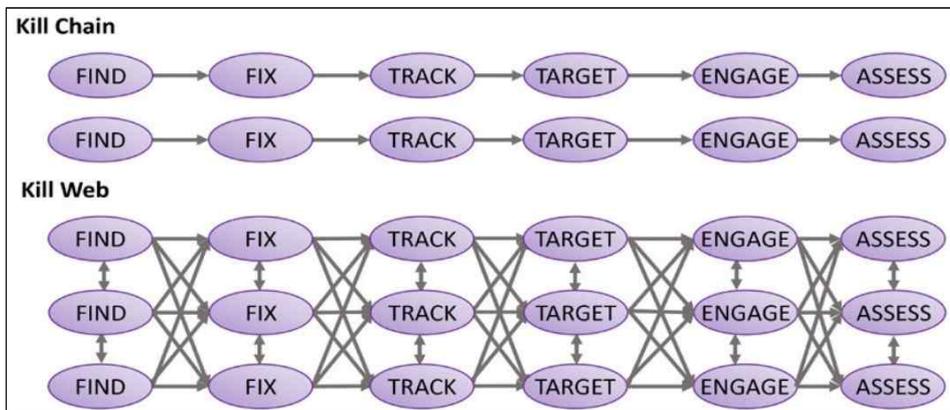
AI 기반 군사기술의 분류는 아키텍처 문제가 아니라 작전 수행, 지휘권 통제, 국제규범 준수와 직접 연결되는 구조적 사안이다. 각 군의 임무와 전장 환경을 기반으로 자율 수준, 설명 가능성, 운용 개념 등 전략적 변수로 삼아야 한다. 이 변수가 표준화의 핵심 기준으로 자리 잡을 수 있다.

## 2) 전장 패러다임의 변화

AI 기반 군사기술의 발전은 전장 환경과 작전방식 전반의 구조적 변화를 촉발하고 있다. 과거 물리적 영역 중심의 전쟁 양상은 우주·사이버·전자기 스펙트럼 등 비물리 영역으로 확장되었으며, 이러한 변화는 다영역 작전(MDO) 및 전영역작전(ADO)의 교리 발전을 통해 확인할 수 있다[29]. 특히 다양한 전장 도메인 간 연동성을 강조하는 미국의 작전 개념은 감시체계, 지휘통제, 타격자산 간의 시간·공간적 통합을 중시하는 방향으로 진화하고 있다.

25) Li, N., Adepu, S., Kang, E., & Garlan, D. (2020). Figure 1: A human-on-the-loop self-adaptive system [Figure].

최근 전장 패러다임 변화의 핵심은 기존 선형적 Kill Chain 구조에서 벗어나, 병렬적·네트워크 기반 Kill Web 체계로 이행하고 있다는 점이다. Kill Chain은 감시-식별-결심-타격이 순차적으로 이루어지는 구조로, 작전 속도와 정보 처리 측면에서 한계를 지닌다[43]. 반면 Kill Web은 다수의 센서와 플랫폼이 실시간으로 연결되어 분산된 형태로 정보가 처리되며, AI가 대량 데이터를 자동 분석해 최적의 사격자산을 즉시 선택하는 방식으로 작동한다[46]. 이러한 차이는 [그림 2-10]에서 제시된 바와 같이, 선형 구조에서 병렬 구조로의 전환을 시각적으로 확인할 수 있다.



[그림 2-10] 선형적 Kill Chain과 병렬적 Kill Web의 비교<sup>26)</sup>

이와 연계하여 지휘통제 방식 또한 중앙집중형 구조에서 벗어나 분산형 지휘결심 구조로 전환되는 양상을 보인다. AI는 데이터 융합과 분석을 자동화함으로써 전술 제대가 스스로 상황 정보를 기반으로 방책을 도출할 수 있도록 하며, 지휘관은 이를 승인 및 조정하는 역할로 기능이 재편되고 있다.

또한 민군 기술융합(Civil-Military Fusion)의 강화도 전장 패러다임 변화의 핵심 요소로 평가된다. 과거 폐쇄적 군 체계를 중심으로 발전하던 전장 정보 체계는 이제 SpaceX의 Starlink, Palantir의 분석 플랫폼 등 민간 기술과 결합하여 새로운 형태의 작전 생태계를 형성하고 있다. 이는 단순한 기술 도입이 아니라, 지휘통제, 정보관리 체계가 민간 기술 기반으로 재구조화되는 변화를 의미한다.

26) Mitchell Institute for Aerospace Studies. (2023). Scale, Scope, Speed, Survivability: Winning the Kill Chain Competition (Policy Paper No. 40).

AI 활용 확대에 의해 윤리적·법적 제도 정비의 필요성이 크게 대두되고 있다. 미 국방부는 [표 2-3]에서 제시된 바와 같이 2020년 AI 윤리원칙을 제정하여 책임성·공정성·추적성·신뢰성·통제성을 핵심 기준으로 설정하였으며, 이는 Kill Web과 같은 분산형 구조에서 인간이 일정 수준의 통제권을 유지하기 위한 제도적 기반으로 작용한다. AI가 실시간 결심 과정에 관여할수록 기술적 신뢰성과 설명 가능성(XAI)이 더욱 중요해지는 이유이다. 특히 설명 가능한 AI의 구조와 기능은 판단 과정과 입력-출력 간의 논리적 연계를 시각화함으로써 지휘관의 신뢰 확보에 기여한다.

[표 2-3] 미 국방부의 인공지능에 대한 윤리적 원칙<sup>27)</sup>

원칙	내용
책임성	• DoD직원은 인공지능 기능의 개발, 배포 및 사용에 대한 책임을 유지하면서 적절한 수준의 판단 및 관리를 수행
공정성	• 의도하지 않은 인공지능 기능의 편향을 최소화하기 위해 신중한 조치를 취함
추적성	• 투명하고 감사 가능한 방법론, 데이터 소스, 설계 절차 및 문서화를 포함하여 담당자가 인공지능 기술, 개발 프로세스, 운영 방법에 대한 적절한 이해를 갖도록 인공지능 기능을 개발하고 배포
신뢰성	• 인공지능 기능은 명확하게 정의되고 이러한 기능의 안전, 보안, 효과는 전체 수명주기에 걸쳐서 정의된 용도 내에서 시험 및 보장
통제성	• 인공지능 기능이 의도한 기능을 구현하도록 설계하고, 의도하지 않은 결과를 탐지하고 회피할 수 있는 능력과 의도하지 않은 행위를 보이는 시스템을 분리 또는 비활성화할 수 있는 능력도 보유

결국 전장 패러다임의 변화는 기술 발전에 따른 단순한 기술적 개선이 아니라, ① 전장 영역의 확장, ② 작전 구조의 재편(Kill Chain → Kill Web), ③ 지휘 통제 방식의 분산화, ④ 민군 융합 생태계의 확장, ⑤ 윤리·법적 기제의 제도화와 같은 요소가 복합적으로 작용한 결과이다.

27) DOD Adopts 5 Principles of Artificial Intelligence Ethics  
<https://www.war.gov/News/News-Stories/Article/Article/2094085/dod-adopts-5-principles-of-artificial-intelligence-ethics/>(검색일: 2025. 10. 19.)

## 제 2 절 표적처리 절차와 AI 적용 가능 분야 고찰

### 1) C4ISR<sup>28)</sup> 및 AI 기술의 개념 정리

C4ISR는 지휘통제, 통신, 컴퓨터, 정보·감시·정찰(ISR)<sup>29)</sup>을 통합하여 전장 정보를 실시간 수집·분석·공유하는 군사 지휘체계이다. 디지털 통신망, 감시 자산, 데이터 등 다양한 구성요소를 통해 정보 흐름 전 과정을 하나로 통합하는 것을 지향한다. 다영역 작전에서 지상, 해상, 공중, 우주, 사이버에 분산된 감시 및 타격자산의 실시간 연계가 핵심이며[47], 이러한 범위 확장은 [그림 2-11]와 같이 C4ISR이 전장 네트워크의 핵심 허브로 기능하는 모습을 시각적으로 보여 주었다[48].



[그림 2-11] Military C4ISR System Market<sup>30)</sup>

### 2) AI 기반 화력운용체계의 개념적 정의와 이론적 기반 정립

#### 가) F2T2EA<sup>31)</sup> 절차를 통한 AI 적용 구조 분석

28) C4ISR: Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance의 약어임

29) ISR: Intelligence, Surveillance & Reconnaissance의 약어임

30) OpenPR. (2023. 3. 2.). Military C4ISR system market size, global key players, types. OpenPR.

F2T2EA는 미군이 정립한 대표적 표적처리 절차로, AI가 각 단계에서 수행할 역할이 명확하게 구분된다. [표 2-4]는 F2T2EA 절차에서 기존 인간 중심 체계와 AI 적용 구조를 비교한 것으로, 단계별 적용 가능성을 한눈에 보여준다. 이어지는 [그림 2-12]는 이 절차의 작동 흐름을 시각화하고 있어 AI 기반 자동화 모델의 구조적 특성을 파악하는 데 유용하다.

[표 2-4] F2T2EA 표적처리 단계별 AI 적용 가능성 비교

단 계	기 능	기존 체계	AI 적용 구조
탐지 (Find)	UAV 열영상에서 자폭 드론 탐 노출	영상 운용병이 육안 식별	영상 분석 AI가 실시간 위험체 분류
식별 (Fix)	탐 위치 임시 좌표 확보	수작업 좌표 판단	GPS 오차 자동 보정, 민간시설 거리 자동 분석
추적 (Track)	전자전 차량 이동 개시	육안으로 추적 불가	객체추적 AI가 경로 예측, 후속 타격 예상지 산출
표적처리 (Target)	우선순위 판단 어려움	자폭드론과 차량 중 선택 어려움	위험지수 기반 우선순위화
교전 (Engage)	사격 승인 지연, 충돌 우려	구두로 항공 통제	자동 항공경로 확인 및 사격안 제시
평가 (Assess)	사격 후 현장 확인	운용자 주관적 판단	전후 영상 비교 분석, 후속 타격 자동 판정



[그림 2-12] F2T2EA Kill Chain Model<sup>32)</sup>

31) F2T2EA: Find, Fix, Track, Target, Engage and Assess

① Find(탐지) 단계에서는 영상, 레이더, 전파정보 등 다양한 센서 데이터를 AI가 실시간 분석하여 이상 패턴, 열신호, 이동 경로 등을 기반으로 표적 가능성이 있는 객체를 탐지한다. 이 과정에서 CNN(합성곱 신경망) 기반 객체 탐지 기술이 주로 사용되며, 탐지 정확도와 반응 속도 측면에서 기존 인간 분석관 보다 우수한 성능을 보이는 것으로 보고되고 있다[38].

② Fix(식별) 단계는 표적의 위치를 정확히 식별하고, 이동 중인 표적을 지속 추적하여 좌표를 갱신한다. AI는 지형, 기상, 센서 정확도와 탐지 각도 등으로 발생하는 위치 오차를 인지하고 보정하며, 이기종 센서 데이터를 융합해 좌표의 정밀도를 높인다. 이를 위해서는 Kalman Filter<sup>33)</sup>나 SLAM<sup>34)</sup>과 같은 모델이 필요하다.

③ Track(추적) 단계는 표적의 이동 방향을 예측하고, 식별 상태를 지속 유지하는 능력이 요구된다. 시간 순서 정보를 처리하는 LSTM<sup>35)</sup> 기반 시계열 예측 모델을 활용하여 UAV나 차량 등 이동표적의 경로를 실시간 추적한다. 새로 탐지된 표적이 기존 추적 대상과 중복되거나 사격 계획과 충돌 가능성을 판단하여 표적정보의 일관성을 유지하고 자산운용의 효과를 높인다.

④ Target(표적처리) 단계는 AI 적용의 핵심 영역으로 작전의 중요도, 표적 위치, 시한성 표적, 부수적 피해, 가용 자산 등을 종합해 최기 부대 선정과 우선순위를 결정한다. 강화학습 기반 최적화 알고리즘은 이러한 요소를 분석해 지휘관에게 결심안을 제공한다.

⑤ Engage(교전) 단계에서는 타격자산 자동 제어와 TOT 명령 실시간 생성 기능이 중심이다. AI는 사격제원 계산, 통신 중계, 사격 지연 판단을 지원하며, 다수 자산의 TOT 조율도 가능하다. 예를 들어, FIRESTORM 체계는 Project Convergence 실험에서 탐지된 표적에 대해 사격자산을 자동 선정하고, SHOT와

---

32) <https://www.shaiquddin.com/electronic-warfare/>(검색일: 2025. 9. 30.)

33) Kalman Filt: 측정값에 오류가 있을 수 있다는 것을 가정하고, 이전 위치와 현재 데이터를 조합해 가장 가능성이 높은 위치를 계산해 주는 수학 알고리즘

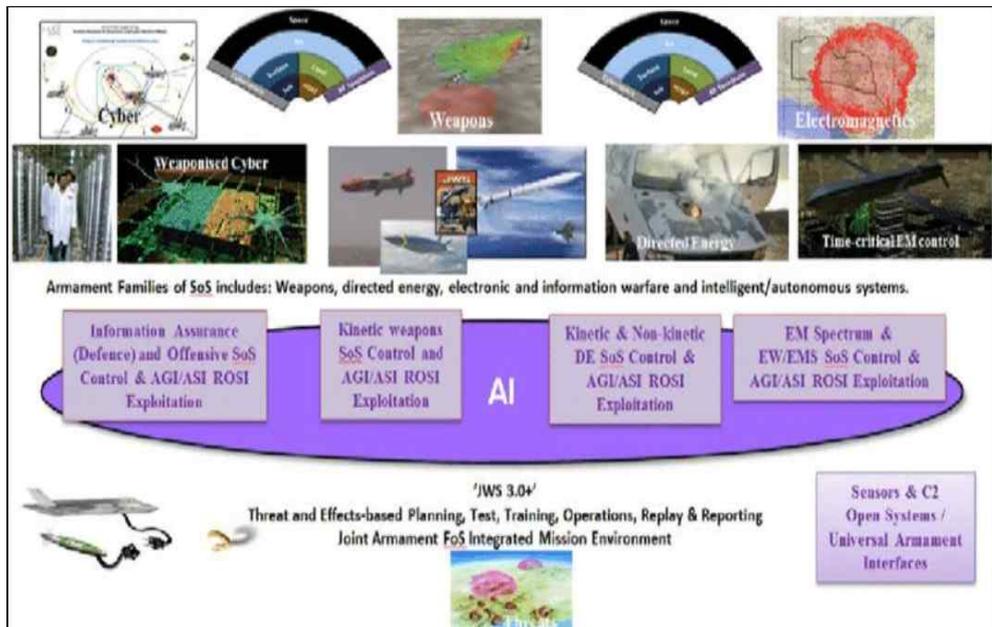
34) SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): 동시에 지도도 만들고 내 위치도 파악하는 기술로 드론이나 로봇이 처음 가보는 지역에서도 주변을 파악하며 스스로 위치를 계속 정하는 방식

35) LSTM (Long Short-Term Memory): 시간 순서가 중요한 데이터를 기억하며 처리하는 심층학습 구조

연계해 교전을 실행한 사례로 주목받았다[49]. 한국군의 BTCS 체계도 사격제원 자동 산출과 대대 사격지휘소-포대 간 명령 전파 기능을 통해 교전 단계 일부를 자동화하고 있다.

⑥ Assess(평가) 단계에서는 타격 이후의 피해 정도를 AI가 영상 또는 열 영상 자료를 분석해 판단하며, 재타격의 필요 여부를 자동으로 결정할 수 있다. 이 과정은 기존에는 수 시간이 소요되었으나, AI의 도입으로 수 초 이내에 결과를 도출할 수 있는 수준까지 발전하고 있다.

[그림 2-13]에서 제시된 F2T2EA 절차 내 각 단계에서 인간의 결심이 개입하는 구조를 구체적으로 보여주며, AI 자동화가 확장되더라도 결심 단계는 인간이 중심을 유지해야 함을 보여준다.



[그림 2-13] F2T2EA 절차와 인간의 의사결정 역할<sup>36)</sup>

나) 전술 수준(사단~대대급)에서 필요한 기능 요건 도출

(1) 실시간 자동 탐지·식별 기능

36) Cummings, M. L. (2017). Artificial Intelligence and the Future of Warfare. Chatham House. 그림 6, Meaningful human control during the F2T2EA kill chain.

전술 제대에서 가장 우선적으로 요구되는 기능은 실시간 상황인식 능력이다. 다양한 감시수단에서 수집되는 영상·열영상·레이더 정보는 양이 방대할 뿐 아니라 시계열적으로 빠르게 변화하기 때문에, 인간 분석관이 이를 수작업으로 처리하는 데에는 본질적 한계가 존재한다. 따라서 AI는 이러한 다중센서 데이터를 자동 분석하여 표적 가능성이 높은 객체를 신속히 탐지하고 식별하는 역할을 수행해야 한다. [표 2-5]에서 제시된 바와 같이, 센서 간 상이한 해상도와 관측 조건을 AI가 융합해 단일 신뢰도 정보를 생성하는 기능은 탐지 정확도를 크게 향상시키는 요소이다. 이러한 자동화된 탐지·식별 기능은 지휘관이 전장을 즉시 이해할 수 있도록 돕고, 이후 단계에서 수행되는 표적처리 과정의 기반을 형성한다는 점에서 핵심적 기능 요건으로 평가된다.

[표 2-5] AI 다중센서 융합 표적탐지 신뢰도 향상 구조

구 분	주요 수집 정보	AI 분석 기능	융합 결과에 따른 효과
EO/IR 영상	표적 형상, 열영상	객체 탐지, 특성 분류	표적 가능성 예측, 패턴 기반 탐지 정확도 향상
레이더 신호	거리, 속도, 형태 신호	이동 궤적 예측, 추적 정확도 보정	영상 기반 탐지 결과와의 교차 확인으로 신뢰도 향상
신호정보 (SIGINT)	발신 주파수, 패턴, 위치	표적군 무선통신 패턴 인식	작전 중인 실제 표적과의 정합성 판단
데이터 융합 (Fusion)	상기 데이터 자동 통합	표적 점수화(Score), 우선 순위화	오탐지/중복 탐지 최소화, 지휘 결심 보조 정보 제공

## (2) 다수 표적 우선순위 설정 및 자산 분배

전술 환경에서는 서로 다른 유형의 표적이 동시에 출현하며, 제대가 보유한 타격자산은 제한적이다. 따라서 다수 표적 간 우선순위를 객관적으로 산정하고, 가용자산을 최적으로 배분하는 기능이 요구된다. AI는 표적의 위협 수준, 시한성, 사거리, 우군과의 배치 관계, 부수적 피해 가능성 등을 종합 분석하여 대응해야 할 대상과 시점을 결정한다. 이는 인간의 직관에 의존하던 기존 방식보다 정량성과 일관성을 갖추고 있어 작전 효과성을 높일 수 있다. [표 2-6]에서 설명된 구조는 이러한 AI 기반 의사결정 체계가 전장 상황을 점수화하고 최적의

자산을 자동 매칭하는 과정을 보여준다. 결과적으로 이러한 기능은 전술 제대의 생존성과 대응 속도를 향상시키며, 제한된 자원을 최대한 효율적으로 운용할 수 있게 한다.

[표 2-6] AI 기반 화력운용 핵심 기능

구 분	내 용
표적 가치 산출	• 위협 수준·TST·사거리·우군 근접성·부수적 피해를 종합 분석해 점수화 및 우선순위 제시
자산 최적 배분	• 사거리·탄종·잔탄·가용 시간 고려, 표적 특성에 맞춰 최적 자산 자동 할당, 중복·낭비 최소화
사격제원 계산	• 실시간 제원 산출, 사격 간섭·탄도 충돌·TOT 충족 여부 평가, 최적 타이밍 제시

첫째, AI 위협 수준, 시한성 표적, 표적과의 거리, 우군 부대와의 근접성, 부수적 피해 가능성 등 다양한 요소를 분석해 표적의 전술적 가치를 점수화한다. 이 점수는 실시간 갱신하여 지휘관은 이를 토대로 우선순위를 정해 결심한다.

둘째, AI는 화력 자산의 사거리, 탄종, 잔탄 수, 사격 가능 시간 등을 고려하여 표적에 적합한 자산을 할당하고 최적화한다. 예를 들어, 긴급 표적은 정밀도가 요구되는 정밀유도무기를 배정한다. 자산 분배는 사람의 직관에 의존하지 않고, 표적 특성과 자산 가용성 등을 종합 분석한 알고리즘을 통해 이뤄져야한다.

셋째, AI는 사격제원을 실시간 계산하고, 표적 간 사격 간섭, 탄도 충돌, TOT<sup>37)</sup> 충족 여부 등을 종합 평가해 최적의 사격 타이밍을 제시할 수 있다. 특히 TOT 명령의 자동화는 복수 자산의 동시 운용과 조율에 있어 핵심 기능이다.

### (3) 사격제한 판단 및 부수적 피해 예측

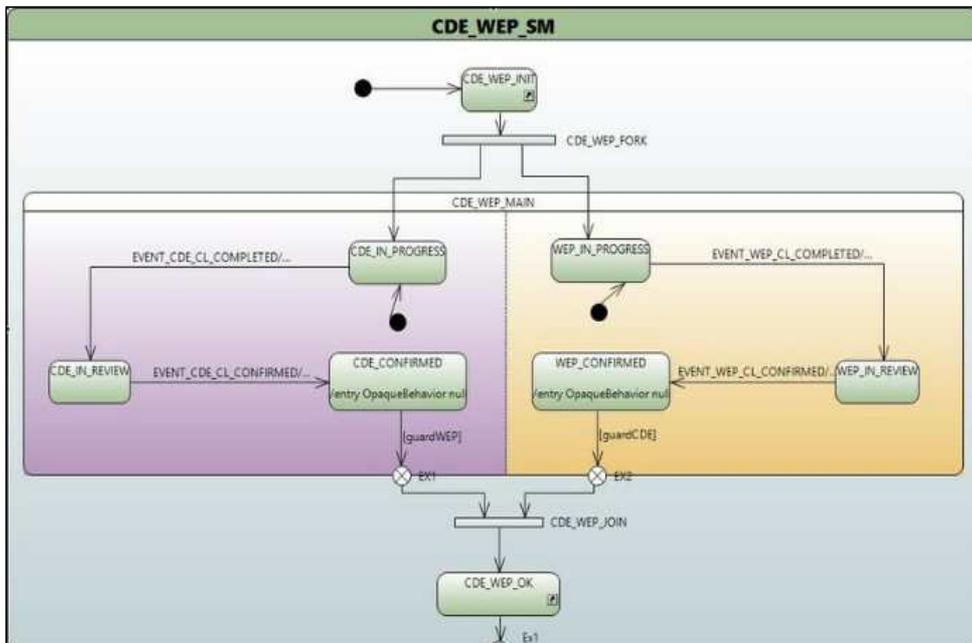
전술 수준에서 AI 기반 화력운용체계가 충족해야 할 또 다른 핵심 기능은 사격제한 판단과 부수적 피해(Collateral Damage) 예측이다. 도심지나 우군

37) TOT(일제사격, 표적도착시간): Time on Target의 약어임.

인접 지역과 같이 위험도가 높은 환경에서는 작전 효과뿐 아니라 법적·윤리적 기준이 더욱 강조되며, 지휘관은 제한된 시간 안에 사격 가능 여부를 판단해야 한다.

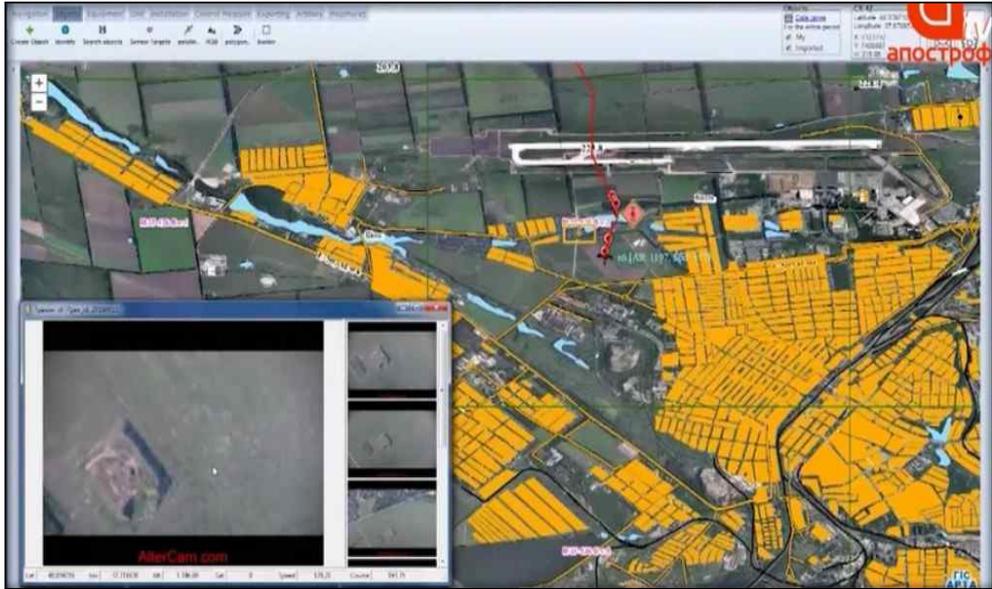
AI는 영상·지형·지도·건물 밀집도·민간시설 위치·통신망 등 이질적 데이터를 통합 분석해 사격 제한 지역과 위험 표적을 사전에 식별할 수 있다. 특히 부수적 피해 가능성이 높은 민감표적(Sensitive Target)<sup>38)</sup>에 대해 AI가 위험 수준과 가능한 대응 옵션을 제시함으로써, 지휘관은 보다 정교하고 합법적인 결심을 내릴 수 있다.

[그림 2-14]은 사격 가능 여부를 판단하기 위한 세부 절차를 단계적으로 구조화한 것으로, AI가 어떤 요소(표적 주변 민간시설, 지형, 방호시설, 아군 위치 등)를 검토해 사격 제한·허용 여부를 판단하는지를 보여준다. 반면 [그림 2-15]는 GIS Arta가 민간시설, 위험지점을 지도 기반으로 시각화하여 부수적 피해 가능성을 직관적으로 제시하는 사례로, 절차적 분석이 실제 전장에서 어떻게 구현되는지를 설명한다.



[그림 2-14] 무기 운용 계획과 부수적 피해 예측을 위한 세부 절차<sup>39)</sup>

38) 민감표적(Sensitive Target): 부수적 피해, 정치·외교적 악영향, 환경적 피해, 국내외 여론의 악영향 등을 초래할 가능성이 매우 높은 표적



[그림 2-15] 민간시설 표기로 피해 예방(GIS Arta)<sup>40)</sup>

두 그림은 각각 판단 절차 모델(그림 2-15)과 현실 적용 사례(그림 2-16)를 나타내며, 이는 오인사격 방지와 국제인도법 준수를 위한 필수적 안전장치로 기능한다. 이러한 자동화된 위험 분석 능력은 단순한 정보 제공을 넘어 지휘관의 부담을 경감하고, 작전 전반의 안전성과 책임성을 강화하는 핵심 요건이다.

Palantir의 TITAN 플랫폼은 이러한 기능을 온톨로지 기반 데이터 구조로 구현하여 지형, 건물, 도로망, 민간시설 위치, 통신 인프라 등 다양한 메타 데이터를 단일 공간정보 모델로 통합하고, 표적 주변의 위험요소를 자동 평가한다. 이를 통해 사격 제한 지역(Clearance of Fires), 민감표적, 예상 충돌 구역을 자동으로 식별하며, 지휘관이 제한 시간 내에 합법적·정확한 결심을 내릴 수 있도록 지원한다.

[그림 2-16]의 Maverick 시스템은 EO/IR·SAR·C-IV CAS 데이터 등 다중 센서 정보를 실시간 해석하여 표적 주변의 민간피해 가능성을 정량화하고, 사격 제한 경고, 대안 경로, 우회 사격 옵션 등을 시각적으로 제시하는 기능을 제공한다.

39) McColl, D., Hou, M., Heffner, K., & Banbury, S. (2017. 10.). An agent-based software architecture to aid human operators during UAS target engagement [Conference paper]. ResearchGate.

40) Watson. (2023. 5. 25). GIS Arta: So funktioniert die heimliche Superwaffe der Ukraine. Watson.



[그림 2-16] Maverick : AI 기반 전력 할당 애플리케이션(41)

#### (4) 지휘결심 자동화와 XAI 기반 설명 가능성

AI 기반 화력운용체계는 단순한 정보분석이나 사격제원 계산이 아닌 지휘 결심체계의 변화에 있다. AI는 탐지·식별·제원 산출·자산 분배를 넘어 일정 조건하에서 지휘 결심에 준하는 대안을 제시하고, 이를 뒷받침하는 신뢰 가능한 XAI가 필요하다.

지휘결심 자동화는 두 가지이다. 첫째, Human-on-the-Loop는 AI가 제시한 판단을 지휘관이 수용·수정하는 방식이다. 둘째, Human-out-of-the-Loop는 AI가 일정 조건하에 독자적으로 결정하고, 사람은 사후 검토에 관여한다. 이 구조가 작동하려면 AI 판단의 투명성과 설명 가능성이 필수다. 예를 들어, AI가 “우선 타격 대상: 표적 A”를 제시했을 때, 지휘관은 “왜 A인가?”에 대한 설명을 할 수 있어야 하며, 이를 가능하게 하는 것이 XAI 기술이다[51].

Palantir 사의 TITAN 체계는 이러한 설명 구조를 일정 수준 구현하였다. 표적 분류 및 우선 순위화 과정에서 “표적이 어떤 출처(예: 위성 영상, SIGINT,

41) 교육사 미래 지휘통제체계전투발전 세미나 (팔린티어 발표자료)

HUMINT 등)를 기반으로 분석되었는지?, 또 어떤 평가 지표(위협 수준, 긴급 표적, 우군과의 거리 등)를 기준으로 높은 점수를 받았는지?”를 구체적으로 제시하였다.

미국 DARPA는 XAI 프로그램을 통해, AI의 판단 과정을 인간이 이해할 수 있도록 시각적·언어적으로 설명하는 기술을 개발하고 있다. 이 체계는 AI 모델의 논리 구조와 결정 과정을 사용자에게 설명할 수 있는 인터페이스를 포함하며, “왜 그렇게 판단했는가?”라는 질문에 대해 합리적인 근거를 제시하는 것을 목표로 한다[33]. 이는 지휘 책임성과 작전 타당성 확보의 핵심 요소로 간주되며, 군사작전 환경에서 인간-AI 협업 구조를 뒷받침하는 기반이 된다.

XAI는 기술적 신뢰도를 넘어 전술 수준에서 인간-기계 협업을 실현하는 필수 조건이다. AI 기반 화력운용통제체계가 전술 수준(사단~대대급)에서 안정적으로 운용하려면 다음의 핵심 요건들이 충족되어야 한다.

[표 2-7] 전술 수준 AI 기반 화력운용체계 핵심 요건

구 분	내 용
데이터 중심 구조	• 실시간 센서 연계, 표준화 데이터·API 기반 통합 플랫폼 필요
F2T2EA 자동화	• 탐지~평가 단계별 모듈화, 상황별 부분·전면 자동화 가능
조건부 결심 & XAI	• 조건부 자동 결심안 제시, 판단 근거 설명으로 신뢰·책임 확보
피해 예측·사격 제한	• 지형·민간시설 기반 피해 예측, 교전규칙에 따른 제한 판단
표적 대응·자산 배분	• 위협도·우선순위·사거리·잔탄 고려, 최적 자산 실시간 배분

위 [표 2-7]에서 제시된 요건을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 데이터 중심 구조와 실시간 센서 연계가 필요하다. AI가 작동하려면 다양한 센서 데이터를 실시간 수집 및 처리하고, 표준화된 데이터와 API<sup>42)</sup> 기반의 플랫폼이 필요하다. 이러한 기반은 작전 주기 전반에 걸쳐 일관된 정보와 신속한 판단을 제공한다.

42) API(Application Programming Interface): 응용 프로그램과 다른 소프트웨어나 하드웨어가 상호 작용할 수 있도록 정의된 규칙·명령·프로토콜의 집합을 의미

둘째, F2T2EA 전 단계 자동화 모듈의 구현이 요구된다. AI는 탐지부터 평가까지 작동할 수 있는 모듈형 체계를 갖춘다면 상황에 따라 부분적 또는 전면적 자동화가 가능해진다. 이는 단순히 절차 단축을 넘어 작전 여건에 맞춘 자동화 수준의 유연한 조정을 가능하게 한다.

셋째, 조건부 결심 자동화와 XAI의 도입이 필수다. 지휘관이 AI 판단을 신뢰하려면 사전 정의된 조건에서 결심안을 자동 제시할 수 있어야 하고, 판단 근거가 명확히 설명되어야 한다. 이는 작전 통제의 일관성을 높이고 지휘 책임의 경계를 분명히 한다.

넷째, 부수적 피해 예측 및 사격제한 판단 기능을 포함해야 한다. 민간인 피해와 전략적 위험을 줄이기 위해서는 지형정보, 민간시설 분포, 인구밀집도 등 공간·환경 데이터를 반영한 피해 예측 알고리즘과 교전규칙에 근거한 제한 판단 기능이 필요하다.

마지막으로, 다수 표적 대응과 자산의 실시간 최적 분배 알고리즘이 요구된다. 작전 상황에서는 표적별 위험도와 공격 우선순위를 평가하고, 보유한 무기체계의 사거리·탄약·정확도·재장전 시간 등을 종합해 가장 효과적인 자산을 각 표적에 할당할 수 있어야 한다. 이러한 기능은 제한된 전력으로 작전 효과를 극대화하는 데 핵심적 역할을 한다.

이와 같은 기능 요건이 충족될 경우 AI는 단순한 보조 기술을 넘어 전술 제대의 지휘결심 일부를 수행하는 역할을 담당할 수 있으며, 급변하는 전장환경에 신속하고 유연하게 대응하는 체계적 기반을 제공한다.

### 제 3 절 선행연구

AI 기술의 군사적 활용과 화력운용체계의 자동화·지능화에 관한 연구는 최근 10여 년간 급속히 확대되어 왔다. 선행연구들은 주로 AI 기술의 군 적용 가능성, 지휘통제체계의 자동화, 표적처리 절차의 효율화, 그리고 Sensor to Shooter의 구조적 전환을 중심으로 전개되어 왔다. 그러나 연구의 초점과 적용 수준에 따라 접근 방식과 분석 범위에는 일정한 차이가 존재한다.

첫째, AI 기술의 군 적용 개념과 지휘결심 지원에 관한 연구가 다수 수행되었다. UNIDIR<sup>43)</sup>, DARPA, 미 국방부 등에서 발표한 연구들은 AI를 방대한 전장 데이터를 처리하고 인간의 인지 한계를 보완하는 핵심 수단으로 규정하고 있다. 이들 연구는 AI가 상황인식 향상, 의사결정 대안 생성, 위험 예측 등에서 지휘관을 지원함으로써 OODA 루프를 단축할 수 있음을 이론적으로 설명한다. 특히 AI 기반 결심지원체계는 기존의 수작업 중심 참모 절차를 대체하거나 보완하는 방향으로 발전하고 있으며, Human-in/on-the-Loop 개념을 통해 자동화와 통제의 균형을 강조하고 있다. 다만 이러한 연구들은 주로 개념적 수준에서 논의가 이루어지며, 실제 전술 제대에서의 적용 구조나 기존 화력지휘 체계와의 연동 문제에 대해서는 상대적으로 제한적인 논의를 보인다.

둘째, 표적처리 절차(F2T2EA)와 AI 적용 가능성에 관한 연구는 화력운용 자동화 논의의 핵심을 이룬다. 미군과 NATO 관련 연구들은 탐지-식별-추적-표적처리-교전-평가의 각 단계에서 AI가 적용될 수 있는 영역을 분석하며, 특히 다중 센서 융합, 표적 우선순위 산정, 자산 배분 자동화에서 AI의 효과를 강조한다. 일부 연구는 알고리즘 기반 표적 분류와 사격 추천 기능이 인간보다 일관되고 신속한 결정을 가능하게 함을 실험적으로 제시한다. 그러나 이러한 연구 역시 개별 단계별 기능 분석에 집중되어 있으며, 표적처리 전 주기를 하나의 통합된 지휘결심 구조로 재설계하는 관점에서는 한계를 보인다.

셋째, 해외 실전 사례를 중심으로 한 감시-타격체계 연구는 AI 기반 화력 운용체계의 실효성을 입증하는 중요한 연구로 평가된다. 우크라이나의 GIS

43) UNIDIR(United Nations Institute for Disarmament Research): 유엔 산하 군축 및 군비 통제 분야 전문 연구기관으로, AI와 자율무기체계 등 신흥 군사기술이 국제안보와 지휘 결심 구조에 미치는 영향을 분석 및 연구한다.

Arta, 미국의 TITAN, 이스라엘의 Fire Weaver를 분석한 연구들은 공통적으로 민간 상용기술과 군사체계를 결합하여 Sensor to Shooter 시간을 획기적으로 단축한 점에 주목한다. 특히 우크라이나 전쟁 관련 연구들은 분산된 감시자산과 네트워크 기반 자동화 체계가 제한된 전력 조건에서도 전술적 우위를 확보할 수 있음을 보여준다. 이스라엘과 미국 사례 연구는 AI가 표적 우선순위 선정과 자산 매칭에 직접 개입함으로써 대표적 동시 대응 능력을 확보했음을 강조한다. 다만 이러한 연구들은 대부분 특정 국가나 체계의 성과 분석에 초점을 두고 있어, 이를 한국군의 제도·조직·체계 환경에 어떻게 적용할 것인지에 대한 구체적 논의는 상대적으로 부족하다.

넷째, 한국군 관련 연구는 주로 Army TIGER, 한국형 JADC2, 네트워크 중심작전(NCW)의 개념 발전과 기술적 방향성에 초점을 맞추고 있다. 기존 연구들은 TICN, KVMF, ATCIS, BTCS 등 한국군 지휘통제 인프라의 발전 가능성을 제시하면서도, 화력운용 영역에서는 여전히 단계적·절차적 구조가 유지되고 있음을 지적한다. 일부 연구는 AI 도입의 필요성을 언급하지만, 실제 화력운용 절차에 AI를 어떻게 통합할 것인지에 대해서는 개념적 제언 수준에 머무르는 경우가 많다. 특히 사단~대대급 전술 제대에서 적용 가능한 결심지원 구조와 자동화 수준에 대한 체계적 연구는 제한적이다.

종합하면, 선행연구들은 AI 기반 화력운용체계의 필요성과 기술적 가능성에 대해서는 폭넓게 논의해 왔으나, ① 표적처리 전 주기를 통합한 결심 구조 관점, ② 기존 한국군 화력지휘체계(ATCIS·BTCS)와의 연동 문제, ③ Army TIGER 화력운용체계에 특화된 적용 모델 제시 측면에서는 연구 공백이 존재한다. 본 연구는 이러한 한계를 보완하기 위해, 해외 실전 사례에서 도출된 공통 구조를 바탕으로 AI 기반 화력운용통제체계의 핵심 요소를 정리하고, 이를 육군 Army TIGER 화력운용체계 중심으로 적용 가능성과 발전 방향을 제시한다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가진다. 특히 본 연구는 AI를 단순 보조 기술이 아닌 전술적 결심 구조의 핵심 구성요소로 재정의하고, 사단급 이하 전술 제대에서 실질적으로 적용 가능한 통합 모델을 제시하고자 한다는 점에서 본 연구의 의의를 가진다

# 제 3 장 감시·타격체계의 기술 발전 동향 및 해외 적용 사례 분석

## 제 1 절 해외 감시·타격체계 기술발전 및 적용사례

### 1) 감시·타격체계의 실전적 전환과 기술 적용의 중요성

러시아-우크라이나 전쟁은 신속한 정보 수집과 처리, 정밀타격이 전장의 승패를 가르는 핵심 요소임을 보여주었다. Sensor to Shooter 체계의 진화와 방식의 근본적인 전환을 요구하고 있으며, 기술의 도입이 아닌 작전개념의 재정 의와 전술 구조의 재설계를 동반하고 있다. [표 3-1]은 세베르스키도네츠 도하전투에서 감시-결심-타격 체계가 단계별로 어떻게 연계·운용되었는지를 정리한 것으로, 정보 획득에서 타격까지의 소요 시간이 전투 결과에 결정적 영향을 미쳤음을 보여준다.

[표 3-1] 세베르스키도네츠 도하전투시 감시-결심-타격 체계

구 분	주요활동
감 시 (Sensor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국제사회의 위성 정보 지원</li> <li>• 민간 제공 정보</li> <li>• 부대 자체 드론 정찰 및 정찰대 운용</li> </ul>
결 심 (C2)	↓
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS Arta 활용, 최적의 타격 자산에 표적 할당</li> <li>• 스타링크를 활용, 실시간 표적 정보 최신화</li> </ul>
	↓
타 격 (Shooter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (자체) 정찰대 대전차 미사일 공격(선도), 드론 레이저 표지 + 스마트포탄 정밀타격(후미) 박격포탄 유도(인마살상)</li> <li>• (인접) 스마트포탄 정밀타격(본대)</li> <li>• (상급) 공격드론 정밀타격(본대)</li> </ul>

기존의 화력운용은 감시→식별→결심→사격의 순차적 절차로 이뤄졌으며 각 단계 간 명확한 역할 구분과 지휘결심이 요구되었다. 이는 작전 통제의 명확성과 책임소재는 보장했지만, 전장의 빠른 변화에 대한 즉각 대응에는 구조적 한계를 드러냈다. 감시정보가 지휘소로 수집되고 이를 분석해 타격자산에 전달되기까지의 지연은 생존성과 치명성 모두를 저하시키는 요인이 되었다[52].

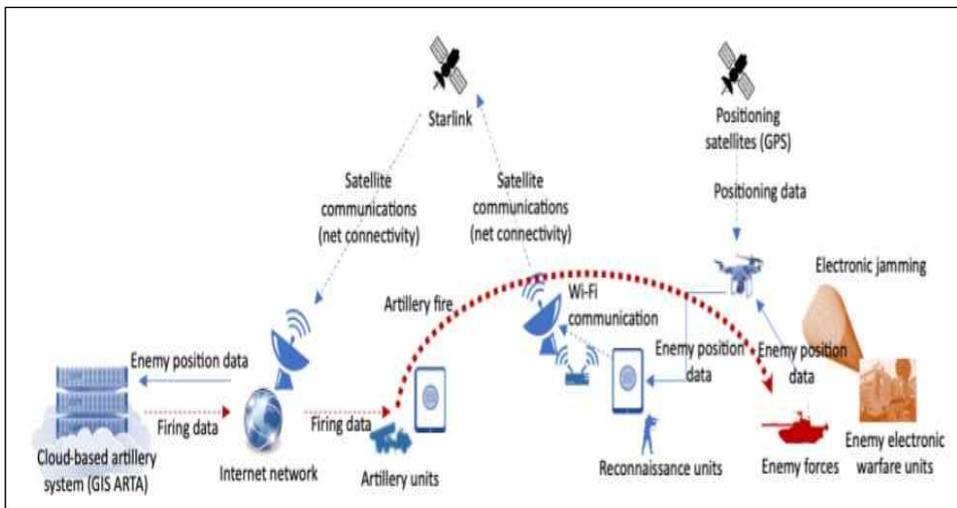
감시·타격체계는 선형적 구조에서 벗어나 감시자산과 타격자산이 실시간으로 정보를 공유하고, 자동화 시스템이 사격 결심의 상당 부분을 처리하며 지휘관은 승인이나 조건부 개입만 하는 방식으로 변하고 있다. 이는 단순히 속도 개선이 아니라 정보우위를 결심 및 타격 우위로 확장해 작전 주도권을 확보하는 전환이다. [표 3-2]와 같이 네 가지 기술 및 작전적 요인이 작용한다.

[표 3-2] 구조적 전환의 4대 요인

구 분	내 용
감시 기술 발전	• EO/IR·SAR·SIGINT, 드론·저궤도 위성으로 탐지 사각지대 제거
AI 분석 적용	• 데이터 자동 분류·우선순위화, 표적 식별 오류 감소·시간 단축
실시간 정보 공유	• Starlink·군용 데이터링크로 분산 주체 간 실시간 연동
지휘구조 전환	• 통제 중심 → 협업 중심 분산형 구조, 실시간 협업 네트워크 지향

첫째, EO/IR, SAR, SIGINT 등 감시기술과 드론·저궤도 위성의 발전은 탐지 사각지대를 획기적으로 줄이며, 기상 및 지형 조건에 따른 제약을 보완하고 있다. 특히 전장 환경에서의 다중 센서 운용은 데이터 신뢰도를 높이고, 개별 센서의 한계를 상호 보완하는 효과를 제공한다. 둘째, 머신러닝 분석은 방대한 데이터를 자동 분류 및 우선 순위화하여 지휘관이 표적을 정확하고 빠르게 식별할 수 있도록 지원하며, 오인 탐지를 감소와 정보처리 속도 향상에 기여한다. 이는 단순한 보조가 아니라 결심 과정을 체계적으로 단축시키는 핵심 역할을 수행한다. 셋째, Starlink 등 위성 인터넷과 군용 데이터링크는 여러 부대와 무기체계 간 정보 공유를 실시간 가능케 해 중앙집중형 구조의 지연 문제를 보완하고, 분산된 전술 제대의 자율적 결심을 뒷받침한다. 우크라이나 전쟁에서 민간 위성통신망이 전장 연결성을 유지하는 데 결정적 역할을 한

사례가 있다. [그림 3-1]은 이러한 데이터 중심 전장 환경에서 감시·정찰·지휘·타격 기능이 단일 영역이 아니라 다영역 구조로 확장되는 변화를 시각적으로 보여준다. 넷째, 전장은 통제 중심에서 협업 중심의 분산 지휘구조로 전환되고, 감시·타격 기능은 실시간 정보 공유를 협업 네트워크로 구성된다. 이 변화는 전술제대 결심 속도를 높이고 상급 지휘체계와의 연동성을 강화해 작전의 일관성과 효율성을 확보한다. 나아가 이러한 체계는 한국군 K-JADC2 개념과 직접 연계되어 동맹군과의 상호운용성 확보, 합동작전 능력 향상, 다영역작전 환경에의 적응을 돕는 초석이 된다. 장기적으로는 AI 기반의 Kill Web 체계로 발전할 수 있는 기반을 마련할 것이다.

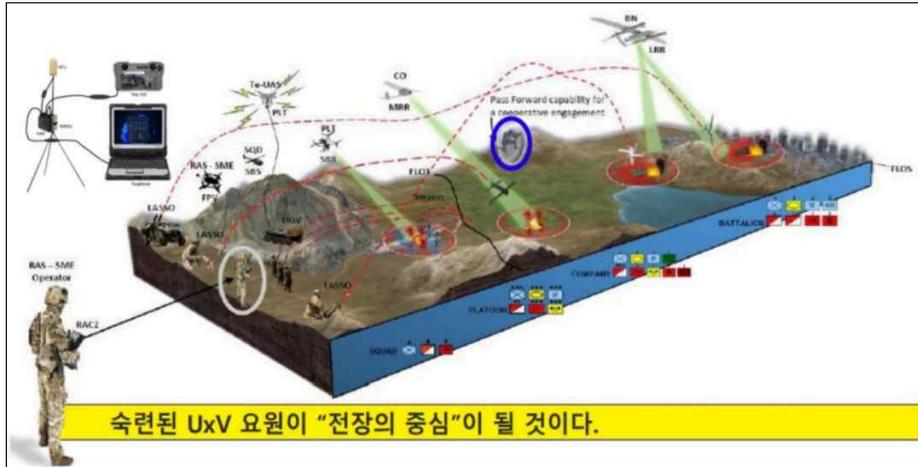


[그림 3-1] 새롭게 부상하는 영역에서의 다영역 작전<sup>44)</sup>

우크라이나의 GIS Arta와 미군의 FIRESTORM은 감시자산 정보를 자동 수집해 사격자산과 연계, 수초 내 사격이 가능하도록 구성되어 있다. 이러한 시스템은 실제 전투와 실험에서 여러 차례 검증되었으며, 대응 속도와 타격 정확도 면에서 기존 방식보다 확실한 개선 효과를 나타냈다. 이는 단순히 장비 성능이 좋아진 것이 아니라, 작전 수행 체계 자체가 바뀐 결과로 봐야 한다. GIS Arta의 경우, [그림 3-2]와 같이 전방에서 드론으로 확보한 좌표를 관측반이 단말기에 입력하면 위성 통신망을 거쳐 포병부대로 즉시 전달되어 몇 초 만에

44) Osawa, K. (2024). Transforming security dynamics in East Asia. Institute for International & Strategic Affairs.

사격이 시작된다. 과거처럼 '관측-보고-판단-명령-사격'으로 이어지던 단계별 절차를 대폭 축소한 셈이다. 또한 AI를 활용한 표적 분석은 같은 목표에 대한 중복 공격을 줄이고, 중요도에 따라 표적을 자동으로 배분하여 제한된 화력으로도 최대한 효과를 낼 수 있게 한다.



[그림 3-2] 우크라이나군 푸마 & AI 운용 사례<sup>45)</sup>

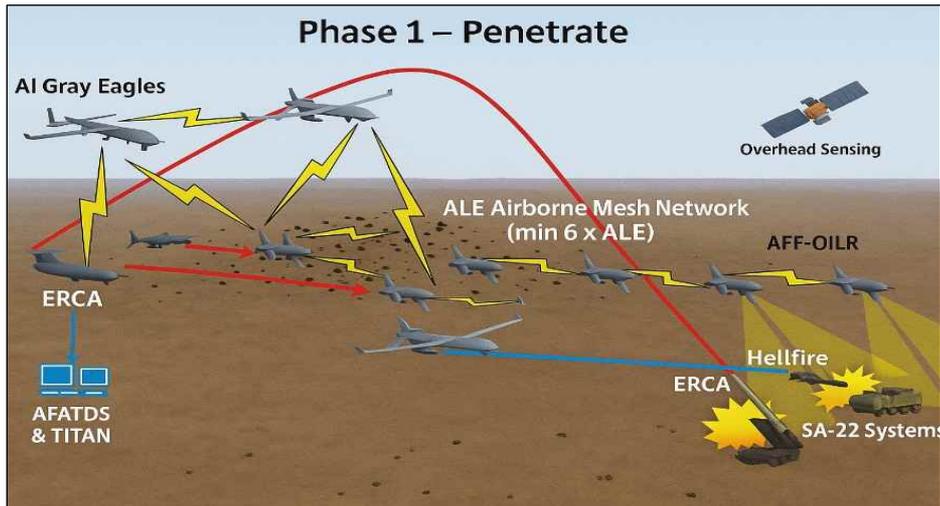
다만 이런 자동화와 속도 향상이 지속되려면 동맹국과의 데이터 표준 통일, 설명 가능한 AI를 통한 판단 근거 제시, 검증 절차 및 교전규칙의 시스템 내 반영이 함께 이뤄져야 한다. 더 나아가 이러한 혁신은 한국군의 K-JADC2와 AI 기반 화력 결심 지원체계 발전에 실질적인 참고 사례가 되며, 전술적 대응 능력과 전략적 억제력을 동시에 높이는 효과를 가져온다. 궁극적으로 이는 개별 시스템의 개량이 아니라, 순차적 킬체인에서 네트워크형 Kill Web으로의 교리적 전환을 뒷받침하며, 다영역 작전환경에서 전장을 통합적으로 관리하는 역량을 강화한다.

FIRESTORM은 [그림 3-3]에서 보듯이 2023년 Project Convergence<sup>46)</sup> 실험에서 AI가 센서 정보를 분석해 표적과 사격자산을 자동 매칭하고, 지휘관 승인하에 사격을 수행하는 체계임이 확인됐다. AI가 단순 지원을 넘어 전술적

45) 허천. (2025. 8. 11.). 한국군에 ‘지금 당장’ 필요한 AI와 양자 암호 기술. BEMIL 군사세계.

46) Project Convergence: 미 육군의 다영역작전 추진과 이를 위한 미 육군의 현대화 추진 사업들이 합동군 차원에서 합동지휘통제체계(JADC2)에 통합되고 기여할 수 있는가를 시험 평가하는 것으로써 2020년부터 년 단위로 시행되고 있음

의사결정에 직접 관여하며, 다중 표적탐지 시 자동으로 화력을 분산하여 공격할 수 있음을 보여준다. 기존 C4ISR과 달리 센서 및 사격자산이 상황에 따라 동적으로 연결·해제되어 불안정한 환경에서도 작전 지속성을 보장한다. 결국 감시·타격체계의 전환은 기술 진보가 아닌 전술 혁신으로 접근해야 하며, 이후 실전 사례를 통해 그 개념과 효과를 분석하고자 한다.

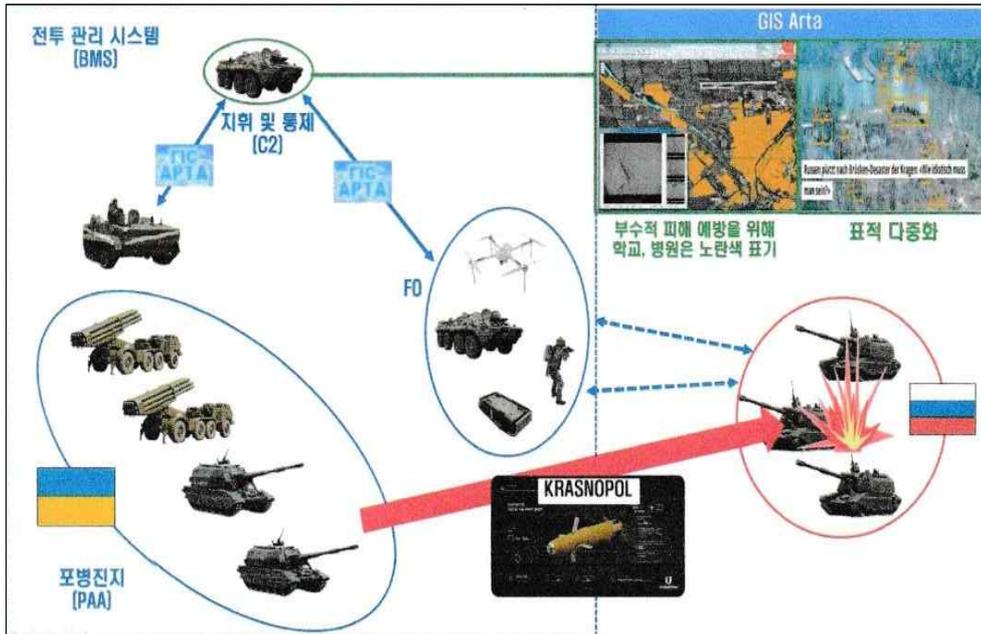


[그림 3-3] Project Convergence 2147)

## 2) 우크라이나 GIS Arta를 중심으로 한 모바일 기반 실시간 사격체계

러시아-우크라이나 전쟁은 군사작전에서 민간 기술이 결합된 분산형 화력 지휘체계의 실제 효과를 확인할 수 있었던 전장 실험이었다. 특히 우크라이나가 운용한 GIS Arta는 포병 운용 방식을 혁신한 사례로, [그림 3-4]에서 보듯이 전방 관측반이 상용 장비를 이용해 좌표를 송신하면 포병부대가 사격 결심을 시행하는 체계였다. [그림 3-5]와 같이 위성 통신망, 상업용 드론 영상, 민간 협력자들의 제보를 동시에 받아 분석하도록 설계되어, 기존의 폐쇄적인 군 통신체계만으로는 확보하기 어려운 수준의 기동성과 전장 연결성을 실전에서 구현했다.

47) Feickert, A. (2022. 6. 2.). The Army's Project Convergence (CRS In Focus No. IF11654). Congressional Research Service.



[그림 3-4] 우크라이나 전투 관리 시스템<sup>48)</sup>



[그림 3-5] 우크라이나의 GIS-Arta 통신체계

48) Mitchell Institute for Aerospace Studies. (2023). Scale, Scope, Speed, Survivability: Winning the Kill Chain Competition (Policy Paper No. 40).

그 결과 탐지에서 사격 결심에 이르는 절차가 자동화·병렬화되며, 과거 수십 분 소요되던 사격 반응 시간이 수 초 단위로 단축되었다. 이러한 변화는 우크라이나군이 HIMARS, MLRS, 소형 자폭드론 등 다양한 화력 자산을 소부대 단위에서 실시간 운용할 수 있게 만들었다.

분산된 전술 환경에서도 지휘통제가 안정적으로 유지되면서, 단순한 정보 처리 시스템을 넘어 네트워크 중심의 기동 포병 체계로 진화한 것으로 평가된다. [그림 3-6]과 같이 GIS Arta는 상용 기술과 Open Source 구조가 결합한 실전에서 검증된 최초의 화력운용체계이며, 민간 혁신이 군사체계로 전이된 대표적 전환점으로 간주된다.



[그림 3-6] GIS Arta 시스템 운용 사례49)

### 3) 미국 FIRESTORM 및 TITAN을 통한 실시간 AI 타격 네트워크

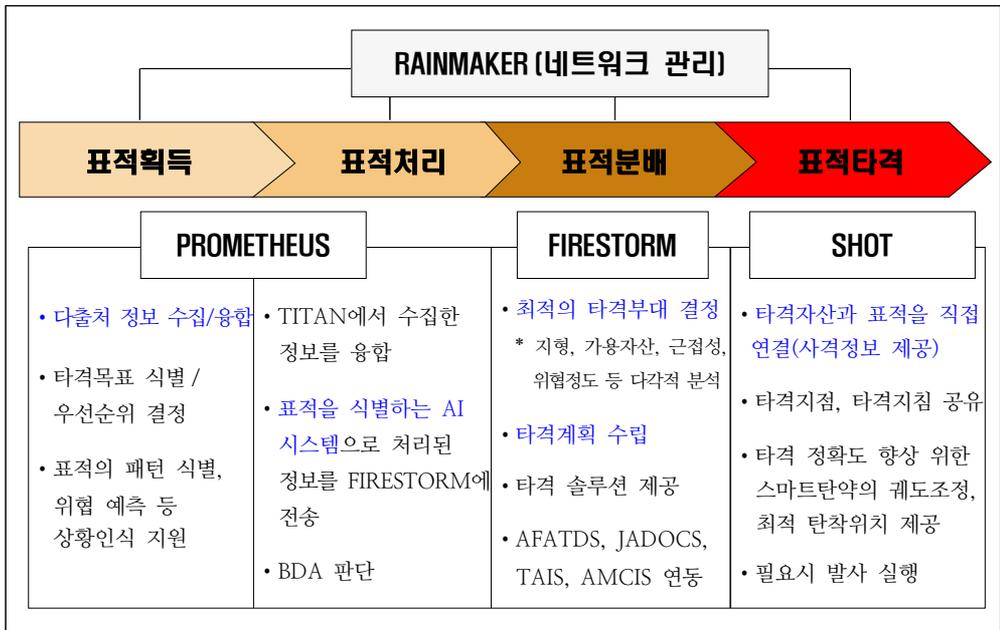
미 육군은 JADO와 차세대 JADC2 실현을 위해 감시-타격 과정을 자동화·지능화하고 있으며, 이 과정의 핵심이 AI 기반 타격 결심체계 FIRESTORM과 정보융합 플랫폼 TITAN이다. 두 체계는 기존 Kill Chain을 자동화된 Kill Web

49) <https://v.daum.net/v/20230819210202178?f=p>(검색일: 2025. 9. 6.)

으로 전환함으로써 전술단위 작전의 속도와 정밀성을 크게 향상시키고 있다.

미국은 RAINMAKER, PROMETHEUS, FIRESTORM, SHOT 등의 AI 알고리즘을 단계적으로 개발하며 지휘결심체계를 고도화해왔다. 이러한 발전을 기반으로 등장한 TITAN은 다출처 센서 데이터를 AI로 분석·융합하여 부대 간 실시간 표적정보 공유를 가능케 하였으며, 합동·연합 작전에서 Kill Web의 핵심 노드로 자리매김하였다[27, 50]. [표 3-3]은 TITAN의 운용 개념을 표적획득에서 표적타격까지의 흐름으로 정리하여 AI 기반 지휘결심체계의 기능적 구조를 보여준다

[표 3-3] 미 TITAN 체계 운용 개념



FIRESTORM<sup>50)</sup>은 드론·위성·레이더 등 다양한 감시자산 데이터를 분석하여 표적의 위협 수준을 평가하고, 가장 적합한 사격수단을 자동 추천하는 인간-기계 협업체계이다. 지휘관은 조건 충족 시 승인만으로 사격을 개시할 수 있어 다표적 상황에서도 수 초 내 대응이 가능하다.

[그림 3-7]과 같이 TITAN<sup>51)</sup>은 위성, 정찰기, 무인기, 지상 감시장비 등

50) FIRESTORM: FIRES Synchronization To Optimize Responses in MDO의 약어임.

51) TITAN: Tactical Intelligence Targeting Access Node의 약어임.

으로부터 수집된 정보를 자동 융합하여 가공된 전장 상황 정보를 제공하는 체계이다. 핵심 모듈인 PROMETHEUS는 우선순위 표적을 선정하고, RAIN MAKER와 SHOT<sup>52)</sup>은 각각 네트워크 환경 관리와 사격 효과 평가를 담당함으로써 전체 순환 구조를 완성한다.



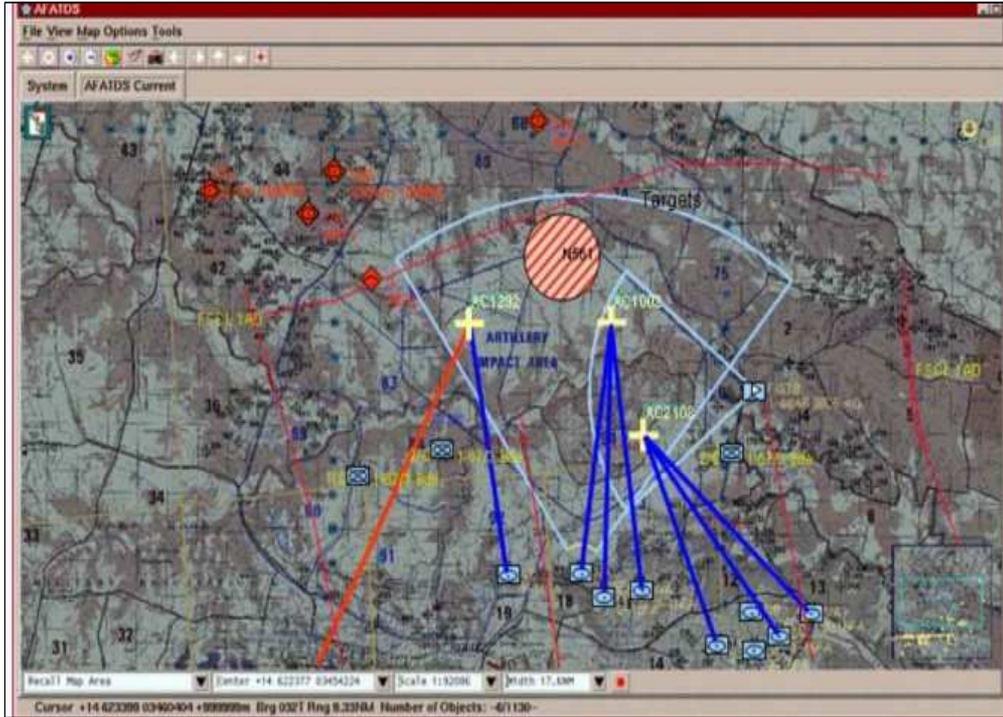
[그림 3-7] 미 TITAN 개념<sup>53)</sup>

이러한 체계는 Project Convergence 실험을 통해 성능이 검증되었다. 2020년 실험에서 TITAN은 기존 수집 분이 소요되던 Kill Chain을 약 20초로 단축 하였으며, 2021년에는 AI가 표적 분석과 우선순위 결정을 수행하고 FIRESTORM이 실시간 사격 요청을 전송하는 구조가 구현되었다<sup>34)</sup>. [그림 3-8]과 같이 포병 부대는 개량 야전포병전술데이터체계(AFATDS)<sup>54)</sup>를 통해 이를 수신·처리하며, 사격 결과는 다시 네트워크 상으로 피드백되는 순환 구조를 형성한다.

52) SHOT: Synchronized High Optempo Targeting의 약어임.

53) The Dead District (2021) <https://thedeaddistrict.blogspot.com/2021/01/army-issues-17-million-in-contracts-for.html>

54) AFATDS: Advanced Field Artillery Tactical Data System의 약어임



[그림 3-8] 미 AFATDS 전술 결심 지원 화면<sup>55)</sup>

2023년 실험에서는 무인기가 표적을 탐지 및 추적해 좌표를 전송하면 HIMARS가 이를 수 초 내 자동 타격하는 시나리오가 실증되면서 체계의 실전 적용 가능성이 확인되었다[53]. TITAN과 FIRESTORM의 결합은 단순한 기술적 연동을 넘어 사격 결심 절차와 화력 운용 개념 전반의 전술적 재정립 필요성을 제기한다. 특히 이 체계가 사단·여단급 제대까지 확장될 경우, NATO 운용 절차와의 상호운용성을 전제로 JADC2 수준의 전술 지휘·통제 방식을 실제 편제 내에서 시험·운용할 수 있는 기반을 제공할 것이다.

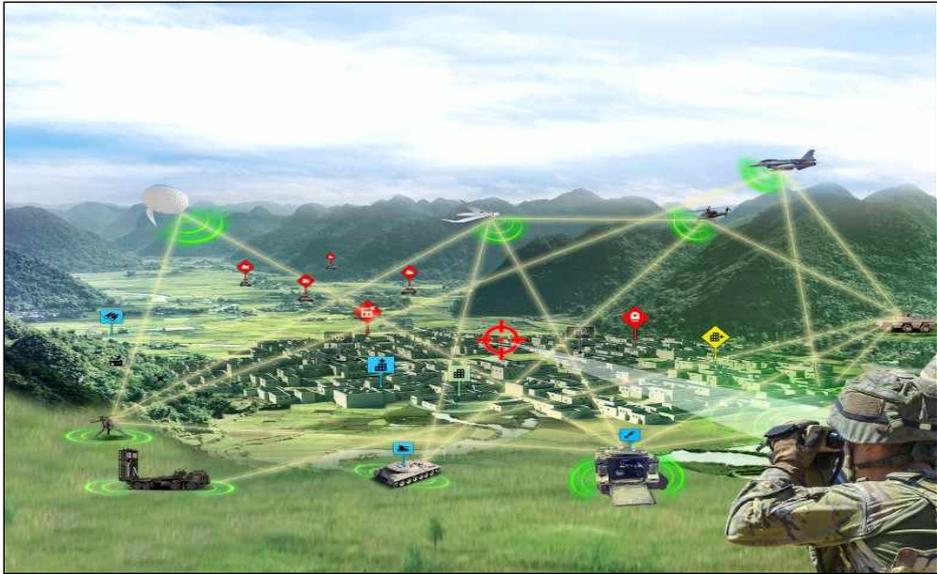
#### 4) 이스라엘 FIRE WEAVER 및 Torch-X 기반 분산형 사격체계

이스라엘은 반복된 실전 경험을 토대로 전장 내 실시간 타격 능력을 첨단화하기 위해, 네트워크 기반 사격통제체계인 FIRE WEAVER와 통합 지휘통제

55) 안명환, 지재경, 조현호, 신철수, 박영우, 이특수, 김태영. (2010). 대대급 화력(포병부대)의 지휘통제(C2)를 위한 전술적 사격지휘 자동화 절차. 한국통신학회논문지,

애플리케이션 Torch-X를 결합한 분산형 사격통제 구조를 구축하였다. 이 체계는 감시-식별-결심-사격에 이르는 전 과정을 자동화하고 AI 기반 지원 기능을 통합함으로써, 도시지역이나 복잡 지형 등 표적 밀도가 높은 전장 환경에서 초 단위 반응 속도와 높은 정밀도를 확보하는 것을 목표로 한다.

[그림 3-9]의 FIRE WEAVER는 센서-타격체계-지휘소를 실시간으로 연결하는 Sensor to Shooter 네트워크로, 각종 센서 데이터를 AI가 즉시 분석하여 해당 상황에서 가장 적합한 사격 자산을 자동 배정한다. 이를 통해 “누가, 언제, 어디서, 어떤 방식으로 교전할지”를 수초 내 자동 산출하며, GPS 의존도를 최소화한 Geo-Pixel<sup>56)</sup> 기반 공통 작전 언어를 활용해 전투원 및 플랫폼 간 동일한 전장 상황을 공유한다[41]. 또한 각 플랫폼의 GPS·센서·데이터링크 정보를 통합하여 표적 좌표, 아군 분포, 사격 방향, 교차 위험도 등을 산출하고, AI 기반 사격 우선순위 설정을 통해 복수 표적을 동시 처리할 수 있도록 설계 되어 있다.



[그림 3-9] 이스라엘 FIRE WEAVER 체계<sup>57)</sup>

56) Geo-Pixel: 기존의 위도·경도(Geodetic Coordinate) 기반 좌표 대신, 전장을 일정 크기의 격자(pixel) 단위로 분할하여 각 격자에 고유 식별번호를 부여하는 공간 참조 체계이다. 좌표 변환 없이 동일한 픽셀 ID만으로 전장 객체(표적·아군·지형·위협 등)를 공유할 수 있어, 플랫폼·센서 간 위치 정보의 일관성과 정합성이 크게 향상된다. 또한 GPS 교란·오차 환경에서도 상대적 위치 기반 전술 운용이 가능하여 FIRE WEAVER 등 AI 기반 전장 네트워크에서 공통 작전 언어(Common Operational Language)로 활용된다.

[그림 3-10]의 Torch-X는 표적·아군·지형·관심지점을 동일한 시각 표식으로 제공함으로써 전술 단말기 수준까지 확장하여 전투원 간 공통 상황인식을 강화한다. 이러한 구조는 인간-기계 협업(Human-Machine Teaming)에 기반한 조건부 교전 승인 체계를 구현하여 지휘관의 판단 부담을 줄이고, 급변하는 전술 상황에서 실제 요구되는 실시간 다표적 교전 능력을 크게 향상시킨다. 특히 두 체계의 통합 운용은 전술단위의 독립성·자율성을 확대하고, 상급 제대의 지휘 의존도를 줄여 전장 기동과 화력 운용의 동시성을 보장하는 장점도 제공한다.



[그림 3-10] 이스라엘 Torch-X 시스템<sup>58)</sup>

한편, Torch-X는 Elbit Systems가 개발한 개방형 아키텍처 기반 C4ISR 응용체계로 전장 상황인식과 전투 자산 운용을 통합 관리하는 역할을 수행한다. AI 기반 지형 분석과 최적 경로 추천, 증강현실(AR)을 활용한 표적 시각화, 다중 센서 데이터 통합 기능을 통해 지휘관의 결심을 지원하며, [그림 3-11]은 이러한 Torch-X HQ의 전장 정보 통합·지휘 지원 구조를 시각적으로 나타낸 것이다. Torch-X는 지상·공중·해상·사이버 영역을 아우르는 자산을 단일 네트워크로 연동하여 Sensor to Shooter 루프를 자동 형성함으로써, 다영역 작전에서 요구되는 실시간 정보 동기화와 신속한 교전 절차를 구현한다.

57) <https://www.rafael.co.il/system/fireweaver/>(검색일: 2025. 5. 25.)

58) <https://www.jns.org/israeli-defense-industry-source-on-modern-combat-if-not-part-of-the-network-you-dont-exist/>(검색일: 2025. 7. 25.)



[그림 3-11] TORCH-X<sup>TH</sup> HQ<sup>59)</sup>

이스라엘은 FIRE WEAVER와 Torch-X 기반의 분산형 사격체계를 구축해 소대~중대급 전술부대가 지휘부 승인 없이도 자율적으로 타격 결심을 수행할 수 있도록 운용한다. 이 체계는 센서·C2·타격을 하나의 전술 네트워크로 통합해 전장 응답성과 정밀도를 동시에 향상시킨다. Rafael의 SPIKE NLOS, Aeronautics의 ORBITER UAV, Elbit의 BNET SDR[그림 3-12] 등 다양한 감시·타격 자산의 통합 사례가 이를 뒷받침한다[54].



[그림 3-12] 이스라엘 BNET System<sup>60)</sup>

59) <https://www.elbitsystems.com/networked-warfare/joint-land/hq-solutions/torch-x-hq>  
(검색일: 2025. 9. 25.)

FIRE WEAVER와 Torch-X는 단순한 기술적 연계를 넘어서 작전 수행 방식 자체를 재설계한 체계로 인간 지휘관의 직관과 AI 기반 연산 능력을 융합하여 다표적·고속 대응 환경에서도 오폭을 방지하고 화력 자산을 효율적으로 분배할 수 있게 한다. 이러한 구조는 NATO를 포함한 서방 국가들의 전술 자동화 체계 발전에도 영향을 주고 있다.

#### 5) 실전 적용의 교훈과 기술과 전술의 융합 양상

21세기 전장에서는 단순한 화력 집약이나 기술 우위만으로 작전 효과를 보장하기 어렵다. 우크라이나·미국·이스라엘의 실전 사례는 첨단 기술이 작전 구조와 유기적으로 결합될 때 비로소 전술적 효과를 발휘할 수 있다는 점을 보여주며, 체계 통합의 실용성을 기반한 정책·운용 설계가 우선되어야 한다.

우크라이나군이 운용한 GIS Arta는 단순한 신속 타격체계를 넘어, 모바일 단말기를 기반으로 감시 자산·사격 수단·지휘 요소를 실시간으로 연결하는 분산형 전술 네트워크로 작동하였다. 이 방식은 계층적 승인 절차를 최소화해 전술 제대 수준에서 즉시 교전 결심과 사격이 가능하도록 하였으며, 그 결과 기술이 전술 제대의 기동성과 자율성 향상에 기여할 수 있음을 보여준다. 드론 영상, 전술 단말의 위치 정보 송신, Starlink의 결합은 기존 C4ISR의 단계적 보고·승인 체계를 넘어 ‘민첩성’ 중심의 작전 모델 전환 가능성을 보여준다.

실험 단계인 미 육군의 TITAN과 FIRESTORM은 조건부 사격결심, 감시 자산에서 타격자산까지 자동 연계, 분산된 관측 데이터를 전술 상황 정보로 묶어 제시함으로써, 단순한 Kill Chain 단축이 아니라 지휘결심 구조 자체의 변화를 지향한다. 인간-기계 협업에 기반한 공동의사결정 모델은 지휘관의 직접 개입을 축소하면서도 책임성과 통제력을 유지하려는 설계적 속성을 지니고 있으며, 이는 AI 기반 지휘결심체계 도입이 단순한 기술 도입이 아니라 작전 개념·권한 배분·통제 원칙의 종합적 재검토를 요구한다.

이스라엘의 FIRE WEAVER와 Torch-X는 실전 운용이 이루어진 체계로

---

60) Al Jazeera English. (2024. 4. 5.). Gaza's AI war: Israel's 'Lavender' AI targeting system [Video]. YouTube.

센서, 타격자산, 지휘 요소 간 전술 정보를 실시간으로 공유하고 사격 결심을 분산된 단위에서 수행하도록 설계되어 있다. 이 방식은 도시전이나 국지전과 같은 전장 환경에서도 빠른 응답과 높은 정밀도를 유지한다. Torch-X는 전장 상황을 단일 화면으로 통합해 제시하고 가능한 사격 옵션을 제시함으로써, 기술이 단순 지원 수단이 아니라 전술 판단의 직접적인 일부로 들어갈 수 있음을 보여 준다. 이 구조는 “정보는 공유되고, 결심은 분산되며, 타격은 집중된다.”라는 운용 원리를 실제로 구현한 사례로 볼 수 있다.

세 국가의 사례를 종합하면, [표 3-4]과 같이 감시 및 타격체계가 전장에서 기대한 효과를 내기 위해서는 다음 요소들이 공통적으로 요구된다는 점을 확인할 수 있다.

[표 3-4] 감시·타격체계 성공적 적용 공통 요소

구 분	내 용
상호 연동성	• Sensor-C2-Shooter 간 실시간 정보 공유
분산형 구조	• 전술 제대 수준의 자율성·판단권 보장
AI 자동화 결심	• 사격결심 보조 및 자동화 체계 정착
작전 구조 완성도	• 전장 환경에서의 신뢰성 있는 통합 운용

첫째, 감시자산-지휘통제-타격자산간 상호 연동성과 실시간 정보 공유 구조. 둘째, 전술 제대 수준의 자율성과 판단권을 보장하는 분산형 구조. 셋째, AI와 자동화 기능을 기반으로 한 사격결심 보조 혹은 자동화 체계 정착. 넷째, 모든 요소가 전장 환경에서 신뢰성 있게 통합 운용될 수 있는 작전 구조적 완성도이다.

감시 및 타격체계 기술의 발전은 해당 기술이 어떻게 구현되고 다른 체계와 얼마나 융합되는가에 따라 전장 성패를 좌우한다. 기술은 작전개념, 부대운용 방식, 지휘결심 구조와 유기적으로 연결될 때 전술적 의미를 확보할 수 있다. 따라서 한국군의 체계 개발과 전력 소요 수립 과정에서는 기술의 단독적 성능이 아니라 ‘운용 관점에서의 통합성’이 우선 고려되어야 한다.

## 제 2 절 AI 기술 적용 감시·타격체계 분석결과

### 1) 감시·타격체계의 AI 기술 적용 분석의 목적 및 필요성

최근 전장은 ‘감시→결심→타격’ 주기의 고속화와 정밀화가 진행되며, 그 과정에서 사람의 직접 개입이 줄고 AI가 판단 및 연계 기능을 보조하거나 대행하는 경향이 뚜렷해졌다. 그러나 기존 체계는 분석 지연, 운용자 부담, 센서 성능 한계로 인해 실시간 대표적 대응에서 취약점을 드러냈다.

AI 도입은 기존 체계의 단순 보안을 넘어 무기체계의 구조적 혁신을 촉발하고 있다. AI는 영상, 열영상, 전자신호 등 이종 센서 데이터를 실시간으로 융합·분석하여 표적탐지, 식별, 위협 평가, 우선순위 선정에서 교전 결심과 실행에 이르는 전 과정을 자동화한다. 이로써 표적 처리 시간이 대폭 단축되고 작전 지연 요인과 불확실성이 축소되어 교전 효과가 향상된다.

실제 작전 사례를 통해서도 이러한 혁신적 변화를 확인할 수 있다. 우크라이나 전쟁에서는 민간 위성과 상업용 드론, 개방형 네트워크, AI 분석 기술이 통합되어 실시간 감시-타격체계가 구현되었다. 우크라이나군의 GIS Arta는 수 분 내 신속 타격을 Kropyva<sup>61)</sup>는 표적정보의 신속한 전파와 타격 정확도 향상을 실현했다. 미군은 TITAN-FIRESTORM-SHOT 체계를 통해 다영역 Sensor to Shooter 연동 및 지휘관 의사결정 지원 능력을 강화했으며, 이스라엘군은 Fire Weaver와 Torch-X를 활용하여 드론과 로봇 플랫폼을 자율 교전 체계에 연결, 신속하고 정밀한 타격 능력을 확보했다.

AI 기반 자동화 체계가 교전 속도와 정밀도, 작전 효율성을 높이는 반면, Human-out-of-the-Loop의 전환은 비전투원 피해, 교전 책임의 불명확성, 국제인도법과의 충돌 등 중대한 윤리적·법적 문제를 야기한다[55]. 이는 기술 발전과 병행해 반드시 해결해야 할 핵심 과제이다.

이 절에서는 주요국의 AI 기반 감시·타격 체계를 감시 기능과 타격 기능으로

61) Kropyva: 전술제대 전투지휘체계 “Kropyva”는 실전에서 검증된 체계로 대대(전대), 중대(대대), 소대, 그리고 개별장비포) 단위 수준에서 개별 지휘과제를 자동화하도록 설계되었다. 포병, 기계화 보병, 전차부대, 제병협동 정보부대, 지상방공부대, 공병부대 등 다양한 지상군 부대에서 활용될 수 있다.

구분하여 비교·분석한다. 감시 분야에서는 표적탐지, 다중 센서 융합, 행동 패턴 예측 기술을 중심으로 검토하고, 타격 분야에서는 표적 우선순위 결정, 화력 자산 배분, 자율무기 운용 사례를 중심으로 비교한다. 분석 대상은 미군의 TITAN 및 FIRESTORM, SHOT 체계, 우크라이나군의 GIS Arta 및 Kropyva, 이스라엘군의 Fire Weaver·Torch-X 체계이다. 최종적으로 한국군의 ATCIS와 BTCS 체계에 대한 단계적 자동화 및 Kill Web 전환 전략을 제안한다.

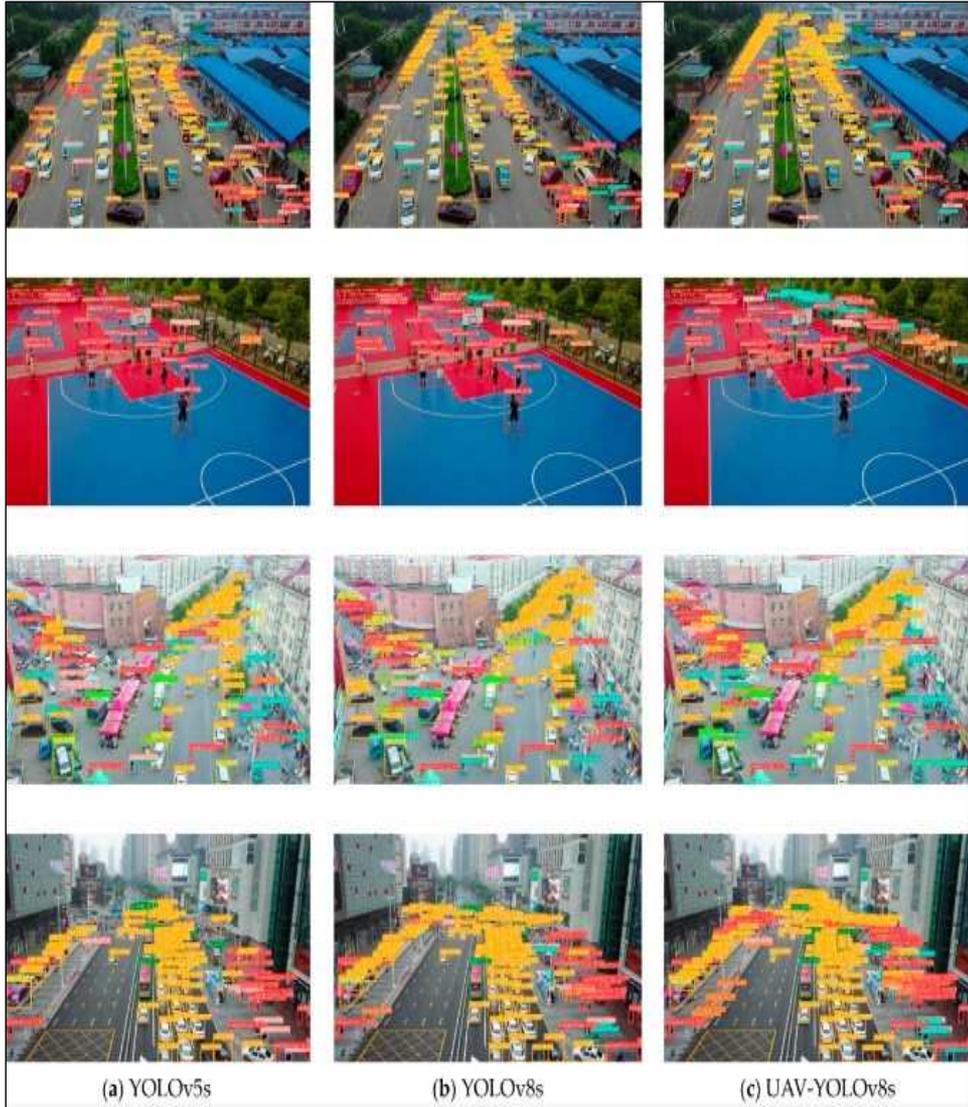
## 2) 감시(Surveillance) 체계 내 AI 기술 적용 분석

AI는 감시 영역에서 단순한 표적탐지를 넘어 전장 상황의 조기 인지, 위협 식별, 행동 예측까지 통합적으로 수행함으로써 작전주기의 속도·정밀도·연속성을 향상시키고 있다. 현대전의 작전환경은 다중 위협, 도시지역 작전, 전자전, 비정규전·하이브리드전 등으로 복잡하고, 단일 센서 체계에 의존한 기존 감시 방식만으로는 실시간 다수 표적 대응에 한계가 있다. 이러한 배경에서 해외군은 다중 센서 데이터 융합과 지능형 분석 알고리즘을 결합한 첨단 감시체계를 구축 및 운용하고 있다.

AI 기반 표적 탐지 기술은 컴퓨터 비전과 딥러닝 객체 인식 기법을 중심으로 발전하고 있다. 최근에는 YOLO 계열(YOLOv5·YOLOv8), Faster R-CNN, RetinaNet 등 높은 연산 효율성과 정확도를 동시에 제공하며, 다양한 군 감시 플랫폼에 적용되고 있다. 이들 모델은 EO/IR, SAR, SIGINT, 음향 센서 등으로 다른 물리적 특성을 가진 센서로부터 수집된 멀티모달 데이터를 결합해 처리할 수 있다. 예컨대 UAV 작전 상황에서 YOLOv8을 이용해 EO/IR 영상과 SAR 이미지를 융합 분석한 연구에서는 단일 센서 대비 탐지 정확도가 약 15% 향상된 것으로 보고되었다[56]. 이러한 EO/IR 영상과 SAR 영상의 딥러닝 융합 기법은 악천후나 시계 불량, 연막 상황에서 광학 영상의 한계를 효과적으로 보완할 수 있다.

다중센서 융합 기술은 표적의 위치·형태·이동 속도·행동 패턴을 통합적으로 추출·분석하여 실시간 표적 인식과 추적의 정확성 및 신뢰도를 제고한다[57]. 이러한 성능 향상은 구체적인 모델 비교에서도 확인된다. [그림 3-13]은 Vis

Drone 2019 데이터를 활용해 대표적인 딥러닝 기반 객체탐지 모델의 추론 결과를 비교한 것으로, 다양한 환경·고도·해상도 조건에서 모델별 탐지 정확도와 오탐·누락률의 차이를 시각적으로 보여준다. 이를 통해 최신 AI 기반 감시체계가 복잡한 도시·저고도 운용 환경에서도 안정적인 탐지 성능을 유지할 수 있음을 확인할 수 있다.



[그림 3-13] VisDrone2019 세 모델 추론 결과 비교<sup>62)</sup>

62) Wang, C., et al. (2024). YOLOv8-based Multimodal Object Detection for UAV Applications. Sensors, 24(5), 1523.

이러한 모델들은 단순히 객체 존재 여부를 판별하는 수준을 넘어, Bounding Box Regression<sup>63)</sup>과 Classification<sup>64)</sup>을 병행하여 표적의 크기, 위치, 속도, 형태, 위협도를 동시에 산출할 수 있다.

우크라이나군은 상용 쿼드콥터 드론과 스마트폰, 태블릿 계열 단말기를 전방 관측에 활용하여 현장에서 획득된 표적 좌표를 지휘·통제 네트워크로 전달하는 분산형 감시·표적지정 체계를 운용한 것으로 보고된다. 이렇게 수집·전송된 좌표 정보는 [그림 3-14]에서 보듯이, GIS Arta, Kropyva 등 포병 지휘·사격통제용 소프트웨어와 연결되어 관측, 표적지정, 사격 지시, 타격에 이르는 순서를 하나의 연속된 절차로 묶어 준다[58]. 그 결과 이 일련의 과정, 즉 Kill Chain 수행 소요는 종전의 수십 분에서 수십 초 단위까지 줄인 것으로 알려져 있으며, 이러한 반응 속도는 러시아 측의 병력 전개와 재배치를 어렵게 만드는 요인으로 평가된다[59].



[그림 3-14] 우크라이나 Kropyva 포병 지도체계<sup>65)</sup>

미군의 TITAN은 EO/IR, SAR, SIGINT 등 다출처 감시·정찰 데이터를 AI 알고리즘으로 실시간 분석해 개별 표적뿐 아니라 지역의 비정상 활동 패턴까지 식별한다. 지속 학습 기능을 통해 현재 움직임을 과거 기록과 비교·분석하여

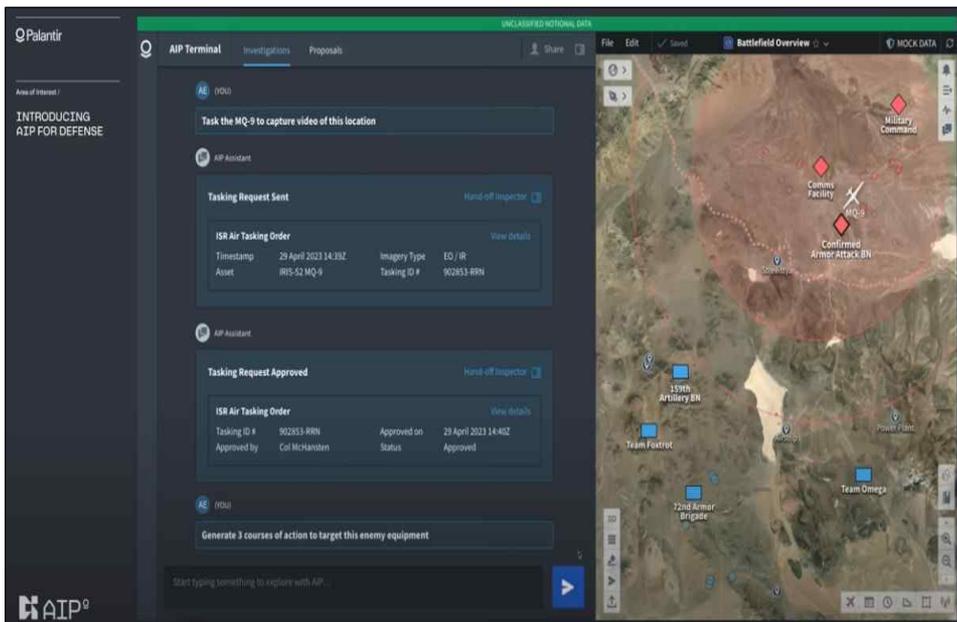
63) Bounding Box Regression: 객체의 정확한 위치와 크기를 예측하는 기법으로, 영상 내에서 표적을 둘러싸는 경계 상자의 좌표를 수치로 산출함

64) Classification: 탐지된 객체가 어떤 종류(예: 전차, 보병, 차량, 포병 장비 등)에 속하는지를 판별하는 과정.

65) Defense Express. (2020. 6. 6.). 전술 레벨 지휘관리 시스템 'Kropyva'가 우크라이나군 및 국가경비대에서 운용 중인 모습. Defense-UA.

위협 가능성이 높은 행동을 사전에 경고할 수 있다.<sup>66)</sup>

[그림 3-15]는 이러한 TITAN 기반 ISR 자산의 임무할당 및 정보 연계 구조를 보여준다. PROMETHEUS는 위성·항공·지상 ISR 데이터를 수 초 내 분석해 표적을 식별하고, RAINMAKER는 통신 형식을 표준화한다. FIRESTORM은 가용 타격자산과 지형·우군 위치를 고려해 최적 무기를 추천하며, SHOT은 사격 순서와 실행을 담당한다.<sup>67)</sup> Project Convergence 2020에서 이 구조는 기존 20분이던 표적처리 주기를 20초로 단축해 지휘결심 속도를 크게 향상시켰다. 또한 AI·ML·RPA 통합으로 표적식별, 우선순위화, 데이터 처리·분배가 자동화 되어 다영역·합동작전에서 Kill Web 구현을 가능케 했다<sup>[60]</sup>.



[그림 3-15] TITAN 기반 ISR 자산 임무할당·정보 연계<sup>68)</sup>

이스라엘이 운용 중인 FIRE WEAVER는 초고속 네트워크 기반 Sensor to Shooter 관리 체계로 실시간 영상·센서 전송에서 아군과 적군을 식별하고 표적의 전술적 가치와 위치를 분석해 우선순위를 자동 산출한 뒤 최적의 타격 수단을

66) U.S.ARM.Y. 미 TITAN 개발과 인공지능(AI)

67) U.S.ARM.Y. 미 육군 AI 화력 지휘통제체계 'FIRESTORM' 소개

68) Palantir. (2023. 4. 4.). TITAN: Tactical Intelligence Targeting Access Node[Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=XEM5qz\\_HOU](https://www.youtube.com/watch?v=XEM5qz_HOU)

배분한다. AI와 실시간 파라미터 계산 기능을 활용해 표적-타격자 매칭을 즉시 수행하며, 교전규칙을 반영해 안전성과 효율성을 보장한다. 특히 GPS 재밍 환경에서는 위치 보정 알고리즘과 2D/3D 컴퓨터 비전 기술을 통해 좌표 오차를 최소화한다. 이를 기반으로 전술 무선망에서 실시간 정보를 공유해 전투원 간 동일한 시야를 제공하며, 각 전투원은 위치와 무관하게 동일한 표적 정보를 조준 장치에 표시 받아 다수 표적을 동시에 교전하고 부수적 피해와 오인사격을 줄일 수 있다[61].

다중 센서 융합은 EO/IR, SAR, GMTI<sup>69)</sup>, 레이더, SIGINT, HUMINT 데이터를 통합하여 공통작전상황도를 형성하는 기술이다. AI는 각 센서의 시간 동기화, 공간 정합, 중복 데이터 제거를 수행해 감시 정확도를 높인다[62]. [그림 3-16]은 이러한 AI 기반 센서 융합 과정과 네트워크·시간 동기화·컴퓨팅 구조를 시각적으로 나타낸 것이다.



[그림 3-16] AI·센서 융합·네트워크·시각 동기·컴퓨팅<sup>70)</sup>

미 육군이 개발 중인 TITAN은 위성, 무인기, 전방 감시장비, 지상 레이더 등에서 수집한 다중 ISR 데이터를 AI·머신러닝 엔진으로 처리해 JADC2 네트워크를 통해 공통작전상황도를 구축한다. 특히 미 육군은 [그림 3-17]에서 보듯이 Unified Network 개념을 통해 전술 제대에서 전략적 차원까지 단일

69) GMTI(지상이동표적지시기): Ground Moving Target Indicator의 약어임

70) Shaw, J. (2024. 8. 12). Achieving information dominance in military applications through AI, sensor fusion, networking, precision timing, and advanced computing [Blog post]. Trenton Systems.

통신망으로 연동함으로써 데이터를 실시간 공유하고, AI가 신속한 판단을 지원하는 구조를 마련하고 있다.



[그림 3-17] Army Unified Network Plan 2.0.<sup>71)</sup>

이를 통해 다영역 작전환경에서 다양한 센서와 무기체계를 동시에 활용할 수 있는 높은 융통성을 확보한다[45]. 이 시스템은 악천후, 야간, 전자전 환경에서도 상황인식을 유지하며 다영역 작전에서 실시간 데이터 공유를 지원한다[63].

우크라이나의 GIS Arta는 군사·민간 위성, UAV, 전방 관측소, HUMINT 보고를 AI로 융합 분석해 표적 좌표를 자동 산출하고 이를 포병과 드론 부대에 즉시 전송한다. Johns Hopkins APL 분석에 따르면, 이 체계는 단일 표적뿐 아니라 집단 표적의 활동 패턴까지 파악해 화력계획 최적화에 기여했다[59].

한편, 행동 예측 AI는 궤적 예측(Trajectory Prediction)<sup>72)</sup>, 강화학습, 베이지안 네트워크(Bayesian Network) 기반 모델을 통해 표적의 이동 경로, 병력 집결 가능성, 전술적 의도를 사전에 평가할 수 있다. [그림 3-18]은 미국의 Anduril Lattice AI가 다중 센서 데이터를 실시간 통합 및 분석해 전장 상황을 시각화하여 VR 기반 인터페이스로 탐지된 위협과 대응 방안을 제시한다[64, 65].

71) U.S. Army. (2025. 3.). Army Unified Network Plan 2.0. Department of the Army.

72) Trajectory Predictionery: 표적의 과거·현재 움직임 데이터를 바탕으로 미래 이동 경로를 예측하는 기법. 군사작전에서는 교전 시점과 화력 배분 최적화를 위해 활용됨



[그림 3-18] Anduril 신속 의사결정 지원(미 공군)<sup>73)</sup>

이러한 기능들은 UAV·지상 감시장비·레이더 등 이기종 정보원을 하나의 공통작전상황도(COP)로 통합함으로써 지휘·통제 효율을 크게 향상시킨다. 또한 DARPA의 XAI 프로그램은 AI 판단 과정의 투명성을 확보해 인간-기계 협업 기반 결심구조를 구축하는 데 기여하고 있다[33].

우크라이나는 GIS Arta를 통해 드론·위성·전방 관측·레이더 데이터를 통합한 감시-포병 네트워크를 운용해 표적탐지에서 사격 명령까지 수초 내에 처리함으로써 타격 반응 시간을 획기적으로 단축시켰다[44].

AI 기반 감시체계는 표적탐지 속도와 식별 정확도, 다수 표적에 대한 동시 대응 능력 측면에서 기존 운용 방식과 비교해 성능개선 가능성을 보여주고 있다. 그러나 영상 품질 저하, 센서 간 전송 지연, 전자전으로 인한 교란, 학습 데이터 편향에 따른 오탐 및 누락 위험은 여전히 존재한다. 결국 다층 검증 절차, Human-on-the-Loop 형태의 운용 통제, XAI를 통한 판단 근거의 제시는 실전 운용에서의 신뢰성을 확보하기 위한 필수 조건으로 제기된다.

### 3) 타격(Strike) 체계 내 AI 기술 적용 분석

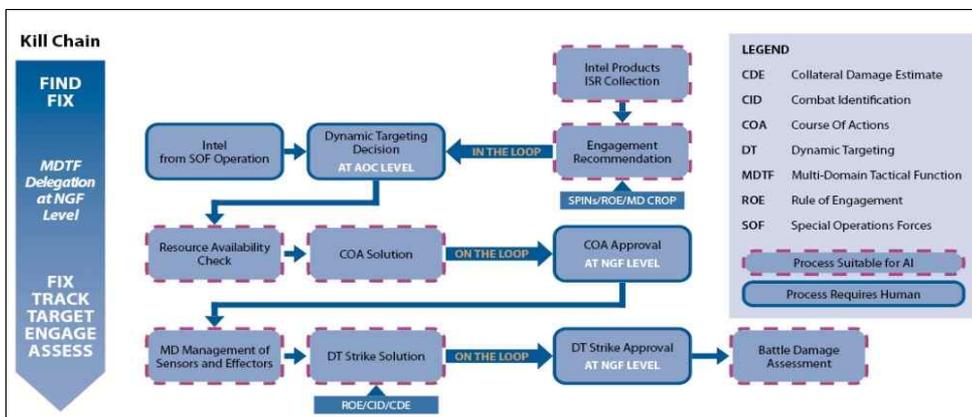
현대 전장은 단순한 화력증강을 넘어, 정보 획득에서 분석·결심·집행에 이르는 전 과정을 유기적으로 연결하는 통합 타격체제로 바뀌고 있다. 특히 AI는 여러

73) <https://www.wired.com/story/behind-anduril-effort-create-operating-system-war/>  
(검색일: 2025. 9. 30.)

감시자산에서 획득된 데이터를 빠르게 취합·분석해 표적을 식별하고 우선순위를 매기며, 사격 결심을 보조하는 기능을 수행한다. AI가 전술적 타격작전에서 수행하는 역할을 실전 관점에서 세 부분으로 나누었다: ① 표적 우선순위화 및 사격결심 지원, ② 자율무기 및 자동타격 메커니즘, ③ 유·무인 복합체계로 구분해 분석했다.

AI는 단순히 표적을 발견하는 수준에서 그치지 않는다. 여러 센서에서 들어온 데이터를 한데 묶어 분석한 뒤, 해당 표적의 전술적 중요도, 위협 정도, 교전 가능한 사거리, 예상 공격 효과 등을 동시에 따져 본다. 이러한 과정을 통해 시스템은 어떤 표적을 먼저 처리해야 하는지, 어떤 화력을 구사하는 것이 적절한지를 지휘관에게 제안하는 형태로 결심을 뒷받침한다. 특히 강화학습과 최적화 기법을 결합한 운용 모델은 기존에 지휘관이 수십 분에 걸쳐 검토하던 판단 과정을 몇 초 단위로 줄여주는 점이 중요하다. 결과적으로 지휘부는 전장이 급변하는 상황에서도 훨씬 빠르게 대응할 수 있는 여지를 확보하게 된다.

대표 사례인 미군의 FIRESTORM은 Project Convergence 실험에서 다영역 ISR 자산의 표적 데이터를 실시간 분석해 최적 무기와 사격 시점을 자동 제안했다. 해당 체계는 Human-on-the-Loop로 운용되어 최종 결심은 지휘관이 승인했으며, 이로써 표적 식별에서 사격 명령까지의 시간이 크게 단축되고 약천후·야간·전자전 환경에서도 성능을 유지했다[71]. [그림 3-19]는 이러한 AI 기반 표적처리 과정에서 인간의 개입 수준(In-the-Loop/On-the-Loop)을 개념적으로 정리한 예시다.



[그림 3-19] In the Loop 및 On the Loop 지휘통제 예시<sup>74)</sup>

GIS Arta는 AI 기반 표적 우선 순위화가 전술적 의사결정 속도와 효율을 실질적으로 개선할 수 있음을 입증한 대표적 사례다. [그림 3-20]과 같이, 이 체계는 드론, 상업용 위성, 전방 관측소, HUMINT 보고를 포함한 다양한 정보원을 AI 알고리즘으로 융합하여, 표적 좌표를 자동 산출하고 우선순위를 부여한다. 이러한 자동화 덕분에 표적탐지에서 사격 명령까지의 평균 시간이 30~45초로 단축되었으며, 이는 포병·드론 연계 작전에서 매우 높은 기동성과 반응 속도를 제공하였다[58].



[그림 3-20] 우크라이나 복합전투체계<sup>75)</sup>

이스라엘의 Fire Weaver는 다중 센서 융합 데이터를 활용하여 각 표적의 전술적 가치와 위치 정보를 분석하고, 이에 적합한 타격 수단을 자동으로 배정한다. 특히, 다수의 표적을 동시에 처리하고 사격하는 능력을 통해 복잡한 도시 지역 작전이나 다중 위협 환경에서의 대응 능력을 획기적으로 향상시켰다[61]. 이 방식은 표적 처리 속도를 개선한 데 그치지 않고, 자원 활용의 효율성 측면에서도 뛰어난 성과를 보였다.

74) Joint Air Power Competence Centre. (2021. 5.). Human-On-the-Loop. JAPCC. <https://www.japcc.org/essays/human-on-the-loop/>

이 사례는 MDCC와 MDTF가 제공하는 ‘전술·기술·절차’가 AI 애플리케이션과 ‘Human in/on the Loop’ 방식의 결합을 통해 지원되는 다영역 동적 타격 킬 체인으로 구현된 모습을 보여준다.

75) 우크라이나군의 특수임무작전부대: 결심 중심전 측면에서의 접근 (육군대학 우크라이나-러시아 전쟁 세미나, 2022.)

AI가 타격체계에서 수행하는 또 다른 핵심적인 역할은 표적 탐지부터 사격에 이르는 전 과정의 자동화이다. 두 가지 운용 개념으로 Human-on-the-Loop와 Human-out-of-the-Loop로 구분된다. Human-on-the-Loop는 AI가 탐지, 추적, 사격 제안 등 역할을 맡고, 최종 결정만 인간이 내리는 방식이다. 반면 Human-out-of-the-Loop는 사람의 개입 없이 AI가 모든 단계를 독립적으로 수행하며, 이는 국제 인권 및 윤리적 측면에서 논란을 일으키는 주된 영역이다.

이 체계의 핵심기술 요소는 표적 자동 추적, 환경 보정, 타격 후 전투피해 평가(BDA) 등 자동화로 구성된다. 예를 들어, 미국의 SHOT 체계는 Project Convergence 실험에서 FIRESTORM과 연계되어 개발·운용된 사격 통제 AI로 표적 추적, 탄도 계산, 사격 보정 기능을 통합하고 있다. SHOT은 지휘관이 승인한 사격 방안에 따라 사격 순서를 관리하며, 선택되지 않은 자산은 자동으로 제외한다. 발사 절차는 탐지-표적 식별-무기 선택 후 몇 초 내에 실행되며, 사격 후에는 PROMETHEUS가 RAINMAKER로부터 수집한 데이터를 기반으로 피해평가를 자동으로 수행한다.

이스라엘의 Fire Weaver는 전술 네트워크 기반의 Sensor to Shooter 연동 체계로 다수의 사격자산과 표적 데이터를 실시간으로 공유하고 동기화한다. GPS 재밍이나 위성항법장치(GNSS) 신호 교란이 발생하는 상황에서는 내장된 AI 기반 위치 보정 알고리즘을 활용하여 EO/IR 영상, 지형 데이터베이스, 표적 주변의 지형지물의 특징을 매칭함으로써 표적 좌표를 재산출한다[66]. 이를 통해 GPS에 대한 의존도를 줄이고, 전술 환경 변화에도 불구하고 표적 좌표 오차를 수 미터 이하로 유지할 수 있다.

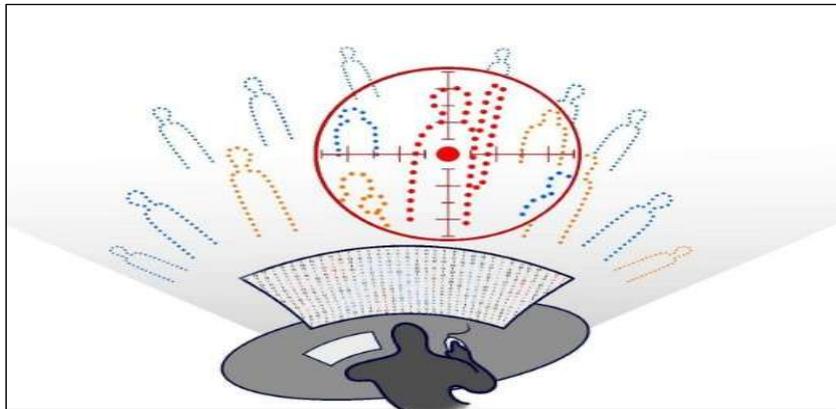
이러한 고정밀 좌표 산출 능력은 전자전 환경에서 타격 신뢰도를 크게 향상시킨다. 특히, 장거리 정밀타격 무기(예: Spike NLOS, Guided MLRS) 운용 시 좌표 오차가 전술적 실패로 직결될 수 있는 상황에서 Fire Weaver의 좌표 보정 기능은 필수이다. 또한 Fire Weaver는 통합된 사격체계에 가장 적합한 화력 자산을 자동 배분하고 다수 표적 동시 교전을 지원함으로써 포병, 전차, 드론 등 다양한 전투 자산 간의 통합 화력 운용의 효율성을 극대화한다. 이스라엘 국방군(IDF)의 운용 보고서에 따르면, Fire Weaver는 표적탐지에서 사격명령까지 시간을 수십 초 단위로 단축시켰으며, 복잡한 도시지역 작전환경에서도 실시간

분산 타격을 가능하게 했다.

MUM-T<sup>76)</sup>는 유인기, 무인기(UAV), 무인지상차량(UGV) 등이 네트워크로 연결되어 협력하여 타격 임무를 수행하는 체계이다. AI는 단순히 데이터를 중계하는 역할을 넘어 임무 분담, 위협분석, 자율 재배치, 충돌 회피 등 복잡한 작업을 처리한다. 이를 통해 각 플랫폼의 개별적인 한계를 극복하고, 실시간 상황에 맞는 방책을 최적화 할 수 있다. AI는 각 플랫폼의 능력을 효율적으로 활용하여 전투에서 정확하고 빠른 결정을 내리게 된다. 이처럼 MUM-T는 다양한 플랫폼이 협력하여 전술 효과를 극대화하는 중요한 전략 자산이다.

미 공군은 F-35 전투기와 로열 윙맨(Loyal Wingman) 드론의 연계 실험에서 AI를 활용하여 실시간으로 위협분석과 임무 재배정을 수행하였다. 이 실험에서 AI는 공중전 상황의 변화를 실시간으로 반영하여 무인기의 공격 및 정찰 임무를 조정하였고, 그 결과 전투기 조종사의 임무 부담을 크게 경감시킬 수 있었다. AI는 또한 공중전의 상황을 분석하여 전투기와 드론 간의 협업을 최적화하고, 전투기 자원을 효율적으로 배분하도록 지원하였다[66].

이스라엘은 가자지구 전투에서 유인 전투기, 헬기, 무인 드론, 지상 로봇을 연동하는 MUM-T 방식을 실전에서 적용하였다. [그림 3-21]과 같이, AI 기반 표적 생성 플랫폼 Habsora는 중심 역할을 하며, 정찰 및 공격 자산의 센서 데이터를 통합 분석하고 이를 실시간으로 전송하여 표적을 신속하게 식별하고 우선 순위화했다.



[그림 3-21] 이스라엘 알고리즘 기반 표적처리<sup>77)</sup>

76) MUM-T: Man-Unmanned Teaming의 약어임.

특히 실내·지하 탐색용 소형 드론과 전투 로봇이 투입되어, 복잡한 도시 지형에서 병력 위험을 줄이고 민간인 피해를 최소화하는 정밀타격이 가능해졌다[6]. 이러한 운용은 [그림 3-22]에서 보듯이, Elbit Systems의 디지털 아미 프로그램(DAP)에서 개발된 네트워크 및 전술 데이터 연동 기술의 실전 적용 사례로, 유·무인 플랫폼 간 정보 공유 속도를 높여 MDO에서 상호운용성과 작전 효율성을 크게 향상시켰다[5].



[그림 3-22] 이스라엘 지상군의 디지털아미프로그램(DAP)<sup>77)</sup>

[그림 3-23]은 2025년 6월 1일, 우크라이나군이 약 100여 대의 드론을 투입해 러시아 공군기지를 집중 타격했다. 활주로와 격납고 등 주요 시설이 공격 대상이었으며, 일부는 장거리 침투형, 일부는 자폭형 FPV 드론이 사용되었다. 다수 드론이 동시에 목표를 공격하며 높은 작전 조율 능력을 보여주었으나, 그러나 해당 작전에서 완전 자율 AI 군집 제어 기술이 실제로 적용되었는지에 대해서는 아직 공식적으로 입증되지 않았다.<sup>79)</sup> 현재 전장에서는 영상 인식·항법 보정 등 부분적 자율 기능이 주로 적용되고 있어, 이번 사례를 완전 자율 드론 군집 운용의 증거로 보기는 어렵다.

77) Ismailovic, M. (2025. 4. 2.). Algorithmic targeting: the role of artificial intelligence in Israeli strikes in Gaza and its ethical implications. GRIP

\* 알고리즘 기반 표적화: 가자지구 이스라엘 공습에서의 인공지능 역할과 그 윤리적 함의

78) <https://elbitsystems.com/media/DAP.pdf>(검색일: 2025. 9. 3.)

79) 이재구 기자. (2025. 6. 11.). 우크라이나전은 드론 혁신의 경기장·미래 전쟁의 창  
①전파교란 끄떡없는 광섬유 통신기술 '대세'. 인사이트42.



[그림 3-23] 우크라이나 ‘오사’ FPV 드론, 러 Tu-95 동시타격<sup>80)</sup>

오늘날 AI 기반 감시-타격체계의 결합은 전투 주도권 확보의 핵심 요소로 부상하고 있다. AI는 수많은 데이터를 신속하게 분석하여 결심과 실행 주기를 단축시켰으며, 이를 전 과정에 통합하려는 시도가 여러 국가에서 이루어지고 있다. 다만, AI의 구현 방식은 전략적 환경과 기술 인프라에 따라 달라진다. 미국, 우크라이나, 이스라엘의 사례를 중심으로 AI의 적용 수준, 통합 구조, 그리고 실전에서의 성과를 비교하고 [표 3-5]와 같이 검토하였다.

[표 3-5] AI 적용 평가 기준

구 분	내 용
감시 영역	• 다중 센서 운용, 표적탐지·식별, 데이터 융합 능력
타격 영역	• 표적 우선순위 설정, 자율 타격, 결심지원 자동화
통합 구조	• C4ISR-사격체계 연결성, 실시간성, F2T2EA 자동화
실전 성과	• 표적처리 속도, 정밀도, 작전 지속성

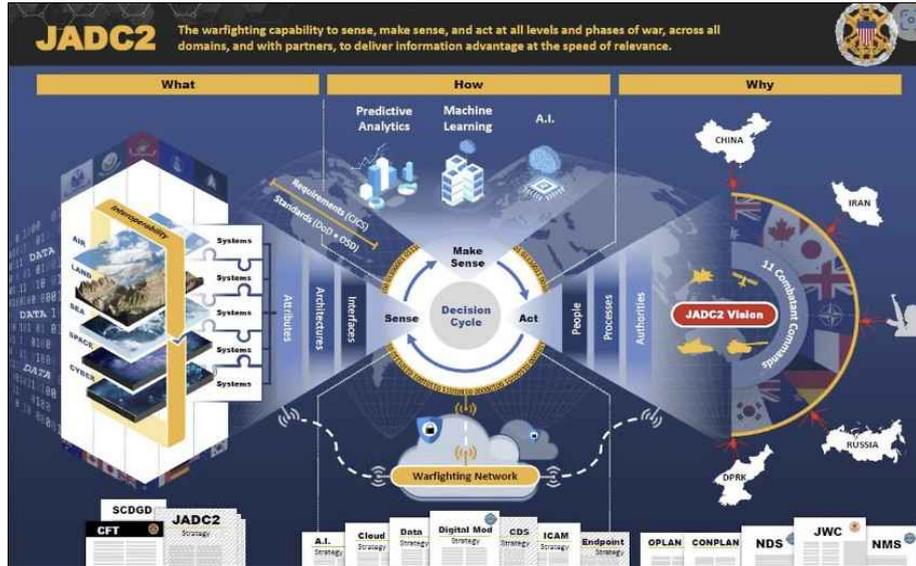
첫째, 감시 영역에서 AI의 적용은 다중 센서 운용, 표적탐지 및 식별, 데이터 융합 능력을 기준으로 평가하였다. 둘째, 타격 영역에서 AI의 적용은 표적 우선 순위 설정, 자율 타격, 결심지원 자동화의 구현 수준을 중점적으로 분석하였다. 셋째, 통합 구조는 C4ISR과 사격체계 간의 연결성, 실시간 처리 능력, 그리고

80) <https://www.tech42.co.kr/우크라전쟁은-드론-혁신의-경기장-미래-전쟁의-창/>  
(검색일: 2025. 8. 14.)

\* 2025년 6월 1일, 우크라이나 ‘오사(Osa)’ FPV 드론의 러시아 Tu-95 폭격기 동시 타격 장면(무르만스크주 올렌야 공군기지)

F2T2EA 절차 자동화 수준을 기준으로 검토하였다. 넷째, 실전 성과는 표적 처리 속도, 정확도, 그리고 작전 지속성 등을 기준으로 비교하였다.

미국은 [그림 3-24]와 같이 다영역 작전과 JADC2 개념을 바탕으로, AI를 활용한 Sensor to Shooter 통합체계를 개발 및 실험 중이다.



[그림 3-24] 미 합동전장영역지휘통제(JADC2) 전략 개념도 81)

이 과정에서 육군이 추진 중인 TITAN은 위성, 고고도 플랫폼, 항공 및 지상 감시자산 등에서 수집된 다양한 정보를 받아 AI로 신속히 분석 및 융합하고, 표적처리와 지휘결심 지원에 활용되도록 지상 노드 형태로 개발되고 있다. 미 육군은 Project Convergence 실험에서 AI 기반 분석과 표적 처리 절차를 결합함으로써, 기존에 수십 분 걸리던 Sensor to Shooter 결정 과정을 수십 초 단위까지 줄일 수 있다[67].

타격 영역에서는 FIRESTORM과 같은 결심지원 도구가 Human-on-the-Loop 방식으로 우선순위 표적과 사격 옵션을 제시하며, 최종 교전 명령은 지휘관의 승인을 거쳐 실행된다. SHOT은 연계 소프트웨어가 표적-화력 매칭과 사격통제 절차의 속도를 높이는 역할을 수행한다[68]. 이들 감시-타격체계의

81) <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf>  
(검색일: 2025. 6. 10.)

연계는 JADC2 유사 네트워크 환경에서 실시간성 향상을 목표로 설계되었으며, 실험에서는 ‘센서 포착→사격 결심’ 소요 시간이 기존 분(分) 단위에서 초(秒) 단위로 단축되었다. 다만 치명적 교전 단계에서는 사람의 승인과 통제 원칙을 유지하려는 국방부 차원의 정책적 요구가 명확히 존재한다. 미 육군은 TITAN 및 FIRESTORM 체계의 연동을 통해 ISR-C2-Fires 루프의 자동화 가능성을 실험 중이며, 지휘관에게 상황맥락과 분석 결과를 제공하여 결심 속도를 높이려는 방향으로 개발을 진행하고 있다.

우크라이나는 민간 기술과 군사 네트워크를 융합해 고속·정밀 체계를 구축했다. GIS Arta와 [그림 3-25]의 Kropyva는 전장에서 수집된 민간 위성 영상과 무인기(UAV) 영상을 바탕으로 표적을 식별하고 정보를 생성 및 공유하는 디지털 지휘통제 도구로 운용되고 있다. 이들 시스템은 확보된 표적정보와 위치 데이터를 전술 네트워크를 통해 포병과 지휘소에 신속히 전달하여, 감시 및 타격자산 간의 반응 속도를 줄이는 역할을 한다. 또한 표적 우선순위를 정하고 어떤 화력을 어떻게 투입할지를 결정하는 과정에서 AI 기반 분석 결과를 지휘관에게 제시함으로써, 제한된 포병 전력과 무인기 전력을 보다 효율적으로 활용할 수 있도록 지원한다.



[그림 3-25] 우크라이나 Kropyva 시스템<sup>82)</sup>

82) Militaryni. (2023. 5. 1.). Volunteers to provide 100 Kropyva command and control systems to the Ukrainian military. Militaryni

이스라엘은 비정규전과 도시지역작전에 특화된 AI 기반 체계를 발전시켰다. Fire Weaver는 전술 네트워크를 통해 분산된 센서와 화력 자산을 연동하고, 탐지된 표적에 대해 어떤 사격 수단이 적합한지 지휘관에게 제시하는 표적-화력 매칭 기능을 제공한다. 이 과정은 표적 추천과 사격 옵션 제시까지는 자동화되어 있으나, 교전 승인과 최종 사격 명령은 지휘관이 내리는 Human-on-the-Loop 구조를 유지한다. Torch-X는 보병 전력, 기동 플랫폼, 무인기 등 다양한 전투 자산이 전장 정보를 공유하고 화력 요청과 배분을 신속하게 처리할 수 있도록 지원하는 전술 지휘통제 및 전장관리 체계로 운용된다. 이러한 네트워크 기반 운용 개념은 도시 및 근접 교전 환경에서 상황인식과 표적 전달 속도를 향상시키는 것을 목표로 한다.

미국과 우크라이나의 사례를 보면, AI 기반 감시-타격체계가 어떤 방식으로 발전해 왔는지 [표 3-6]과 같이 네 가지 특징을 도출하였다.

[표 3-6] 국가별 감시·자동화·통합 구조 및 성과 비교

구 분	미 국	이스라엘	우크라이나
감시 영역	군 전용 감시망으로 정밀도 추구	군 전용 감시망으로 정밀도 추구	상업위성·드론 활용으로 비용 효율 확보
타격 자동화	Human on the loop 방식으로 신뢰성 중시	Human on the loop 방식으로 신뢰성 중시	전장 긴급성 반영, 자동화 비율 높음
통합 구조	JADC2 기반 결합형 네트워크	보안 중심의 독립 네트워크 구조	분산·개방형 네트워크 운용
성과	실험 단계에서 초 단위 처리 속도 제시	복잡 전장에서도 높은 명중 정밀도 주장	일부 교전에서 센서-사격 루프 수초대 단축

첫째, 미국과 이스라엘은 군 전용 감시망으로 정밀도를 추구하고, 우크라이나는 상업 위성·드론으로 비용 효율을 확보했다. 둘째, 미국과 이스라엘은 Human-on-the-Loop의 신뢰성을 중시하지만, 우크라이나는 전장 긴급성에 맞춰 자동화 비율을 더 높였다. 셋째, 미국은 JADC2, 이스라엘은 보안 중심의 독립 네트워크 구조[69], 우크라이나는 분산·개방형 네트워크를 운용한다. 넷째, 미국은 실험 단계에서 초 단위 처리 속도를 제시했고, 우크라이나는 일부 교전에서 센서-사격을 수 초대까지 단축했으며, 이스라엘은 복잡한 전장에서도 높은

명중 정밀도를 주장한다.

이 결과는 AI 기반 감시-타격체계의 성능이 단순한 기술력만이 아니라 전략 환경, 자원, 작전개념에 의해 좌우된다. 우크라이나의 GIS Arta는 전술 소프트웨어와 Kropyva 계열 도구를 민간 센서와 결합해 전술 상황에서 센서에서 사격까지 수초 내로 단축하였다. 미국은 TITAN과 이를 연계하는 FIRESTORM과 SHOT 체계를 통해 센서 데이터의 실시간 처리 및 무기 배치 자동화 등 ‘초단위’ 급속 대응을 목표로 실험하였다. 정밀도 측면에서 이스라엘의 Fire Weaver 체계는 전자전 환경을 고려한 설계로 표적 위치와 타격 정확도 유지에 초점을 맞추고 있다. [그림 3-26]의 Lattice AI는 실시간 센서 융합과 표적 행동 예측을 통해 화력 정확도 향상과 부수적 피해를 줄이는 데 보조수단으로 활용되고 있다.



[그림 3-26] Anduril의 Lattice AI<sup>83)</sup>

자동화 수준에서는 각국의 전장 환경과 운용 철학에 따른 뚜렷한 차이가 관찰되었다. 미국과 이스라엘은 Human-on-the-Loop 구조를 전제로 AI가 결심안을 제시하고 지휘관이 최종 승인하는 '결심지원형' 체계를 운용하고 있다. 반면 우크라이나는 전장의 긴급성과 생존 요구를 반영해 표적식별, 좌표 전송, 사격 요청 등의 절차를 자동화 및 반자동화하여, 특정 조건에서는 인간 개입까지의 시간을 극단적으로 단축하는 운용 방식을 채택하였다.

83) [https://www.reddit.com/r/ATAK/comments/y9zx8s/is\\_andurils\\_lattice\\_os\\_based\\_on\\_atak/?tl=ko](https://www.reddit.com/r/ATAK/comments/y9zx8s/is_andurils_lattice_os_based_on_atak/?tl=ko)(검색일: 2025. 9. 14.)

통합성 측면에서는 각국의 전략 목표와 기술 역량에 따라 접근 방식이 달랐다. 미국은 JADC2를 토대로 전(全)영역 통합과 다영역 작전 구현을 추진 중이며, 이스라엘은 IDF 내부 네트워크를 통해 드론, 무인지상차량(UGV), 감시 자산 등을 유기적으로 연계하고 있다. 우크라이나는 드론-포병-지휘소를 개방형 네트워크로 연결해 저비용·고효율의 전술 통합을 실현했다.

ATCIS는 이미 디지털 절차와 전장 정보 공유를 일정 수준까지 체계화했으나, AI를 활용한 실시간 자동화는 여전히 제한적이다. 따라서 이를 점증적으로 확대하기 위한 [표 3-7]과 같이 단계별 발전 방안이 요구된다.

[표 3-7] AI 기반 화력운용 단계별 발전 전략

구 분	내 용
Add-on 자동화	• 기존 체계에 AI 모듈 추가 → 표적식별, 제원 산출, 우선순위 추천 자동화
결심지원형	• AI가 우선순위·자산분배 제시 → 지휘관 검토·최종 승인 구조
완전 자동화 Kill Web	• 분산형 C2 + 엣지 AI 결합 → 탐지~타격 전 과정 자동화, 피해예측, 대표적 동시 대응, 교전규칙 준수 등

첫째, Add-on 단계는 기존 체계에 AI 모듈을 추가하여 표적식별, 제원 산출, 우선순위 추천 등 반복적 판단을 자동화하여 운영 효율성을 확보한다. 둘째, 결심지원 단계는 AI가 표적 우선순위와 자산 배치안을 제시하면 지휘관이 이를 검토 및 승인하는 결심지원 운용을 정착시켜 책임 소재와 법적·윤리적 요구를 충족해야 한다. 셋째, Kill-Web 단계는 분산형 C2와 엣지 AI를 결합해 탐지→식별→사격 지시의 연쇄를 고속화하되, 부수피해 예측, 대표적 동시대응, 교전규칙 준수 등 메커니즘을 통합한 안전장치(검증·중단·감사 로그 등)를 전제 조건으로 구축해야 한다.

결론적으로 본 사례 분석은 단순 기술 도입보다 각국의 전장 환경과 전략적 목표에 부합하는 체계 설계가 성능 극대화의 핵심임을 보여준다. 따라서 한국군은 현실적·장기적 관점에서 단계별 로드맵을 수립하고 체계적으로 이행함으로써 미래 전장에서 전술적 우위를 확보해야 한다.

### 제 3 절 한국형 JADC2에 적용할 시사점 및 영향요소

현대 전장은 단일 영역에서의 교전이 아닌 지상·해상·공중 등 복수 영역이 동시에 연동되는 양상으로 바뀌고 있으며, 이에 지휘체계 역시 기존 지휘소 중심 운용에서 네트워크 기반의 JADC2 개념으로 전환을 추진하고 있다. 한국군도 국방혁신 4.0에서 한국형 JADC2 구축을 핵심 과제로 제시하며, 이를 통해 급변하는 안보환경과 북한의 비대칭 위협에 대응하고 연합작전 수행능력을 강화하려 하고 있다. 다만 이를 실효성 있게 구현하기 위해서는 단순한 장비 도입을 넘어 지휘구조, 정보 공유 절차, 자동화 수준 등 기술·조직 측면의 과제를 단계적으로 해결해야 한다.

#### 1) 기술적 시사점

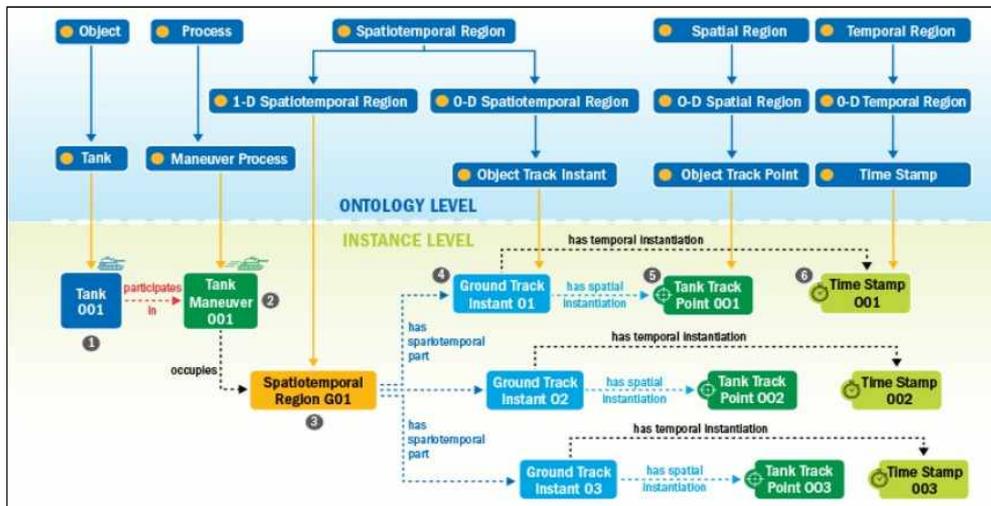
현대전에서 전투력 우위를 결정하는 요소는 단순한 무기 성능이 아니라 AI와 데이터 중심의 지휘 및 통제 능력이다. 이를 구체화하면 생성형 AI 기반 지휘 결심 지원, Sensor to Shooter 네트워크, 센서 융합, 그리고 데이터 표준화와 상호운용성 보장 등으로 [표 3-8]과 같이 요약할 수 있다.

[표 3-8] 한국형 JADC2 기술적 시사점

구 분	내 용
AI 기반 지휘결심 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>XAI 기반 검증, 적 행동 예측, 방책 제안, 위험 시뮬레이션 제공. 생성형 AI는 시나리오 활용이 가능하나 환각, 편향, 법적 충돌 등 보완 필요</li> </ul>
Sensor to Shooter 네트워크·융합	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 위성통신, 상용 앱, GIS Arta 등 활용 시 F2T2EA 단축 입증. 한국군도 공군·해군·육군 센서+사이버 정보 통합한 전영역 동시 연계 필요</li> </ul>
데이터 표준화·상호운용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>합동 링크·프로토콜 차이 극복 필수. NATO/미군 표준 준용 및 연합작전간 실시간 교환 보장 → CJADC2와 연합 전력 성공 좌우</li> </ul>

첫째, AI 기반 지휘결심 지원은 한국형 JADC2의 핵심 구성요소로 평가된다. 기존의 지휘결심은 지휘관의 경험과 참모의 분석에 크게 의존하였으나, 초연결 네트워크 환경에서 생성되는 전장 데이터의 양과 복잡도는 인간이 실시간으로 처리하기 어려운 수준으로 증가하고 있다. 미군은 JADC2 발전 과정에서 AI를 결심 보조체계로 활용하고 있으며, XAI 기술을 통해 지휘관이 AI가 제시한 판단 근거를 검증할 수 있도록 하고 있다[7]. 이러한 접근은 단순한 정보 요약을 넘어 적 행동 예측, 최적 방책 제안, 위험 시뮬레이션 등 결심 중심전 개념을 실질적으로 구현하는 기반이 되고 있다.

국방혁신 4.0에서 AI 기반 전력 확보를 핵심 과제로 제시하고 있으나, 현재 단계는 일부 정보분석 및 상황 요약에 국한된 보조적 수준으로, 작전 결심을 직접적으로 지원하는 체계로 발전시키기 위해서는 여전히 개선 여지가 크다[8]. 특히 [그림 3-27]와 같은 AI 기반 전투공간 객체 추적 구조를 구현할 경우, 방대한 센서 데이터가 자동으로 정리, 분류, 우선 순위화되므로, 지휘관은 단순 정보 확인이 아니라 ‘결심의 질’에 집중할 수 있다.



[그림 3-27] JADC2 전투공간 객체 데이터 추적 구조<sup>84)</sup>

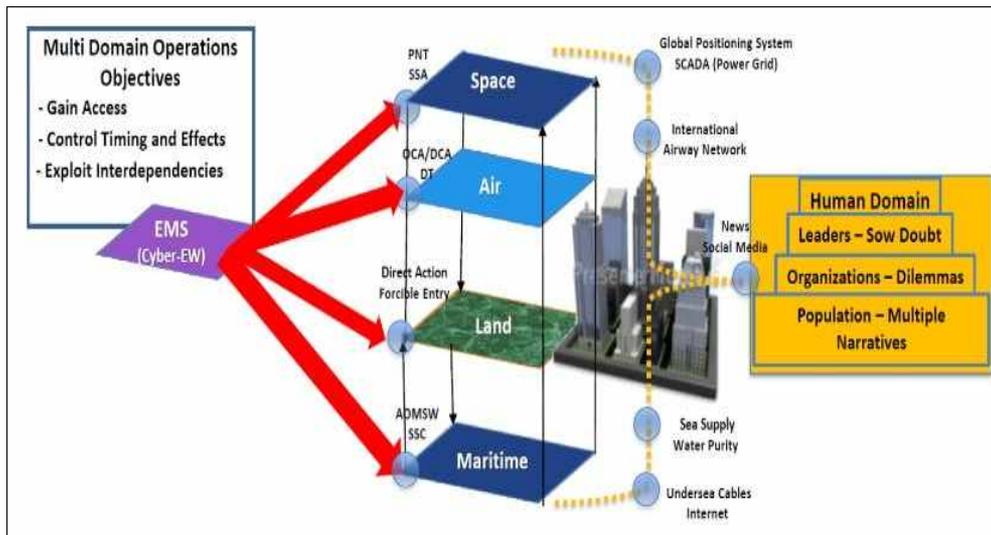
또한 생성형 AI는 작전 상황 가정, 전술 시나리오 작성, LVC 기반 훈련에서 사실적 상황 재현 등에서 높은 잠재력을 보유하고 있다. 그러나 환각, 데이터

84) Science Applications International Corporation. (2023, 6. 21.). JADC2: Getting to real-time object data tracking from all battlespace domains. SAIC Blogs.

편향, 국제인도법(IHL) 및 교전규칙(ROE)과의 충돌 가능성 등 복합적인 위협 요인이 존재하며, AI가 결심에 포함될수록 법적 책임, 설명 가능성, 검증체계 구축과 같은 제도적·기술적 보완이 필수적으로 요구된다.

둘째, Sensor to Shooter 네트워크와 센서 융합 구조는 JADC2가 지향하는 핵심 가치이다. 기존 지휘통제체계는 표적탐지에서 타격까지의 절차가 단일 체계 내부에서 폐쇄적으로 처리되면서 지연이 발생하고, 단절된 정보망은 작전 효율성을 크게 저하시켰다. 그러나 우크라이나 전쟁에서 확인되었듯, 민간 위성 통신, 상용 애플리케이션, GIS Arta의 결합은 F2T2EA 사이클을 수 분에서 수 초로 단축시키며 탐지-식별-결심-타격이 단일 네트워크에서 연속적으로 처리되는 구조가 얼마나 결정적인지를 입증하였다[8].

이러한 변화는 [그림 3-28]에서 제시된 다영역 작전 프레임워크가 설명하듯, 지상·해상·공중·우주·사이버 등 각 영역에서 발생하는 센서 데이터를 단일 전장 네트워크로 통합하고, 그 결과를 즉각적으로 타격체계와 연계하는 구조를 필요로 한다. 즉, JADC2의 핵심은 더 이상 개별 체계의 능력이 아니라 다영역 센서들이 실시간으로 융합되고, 이를 기반으로 화력이 동시·교차 연계되는 전장 생태계 구축에 있다.



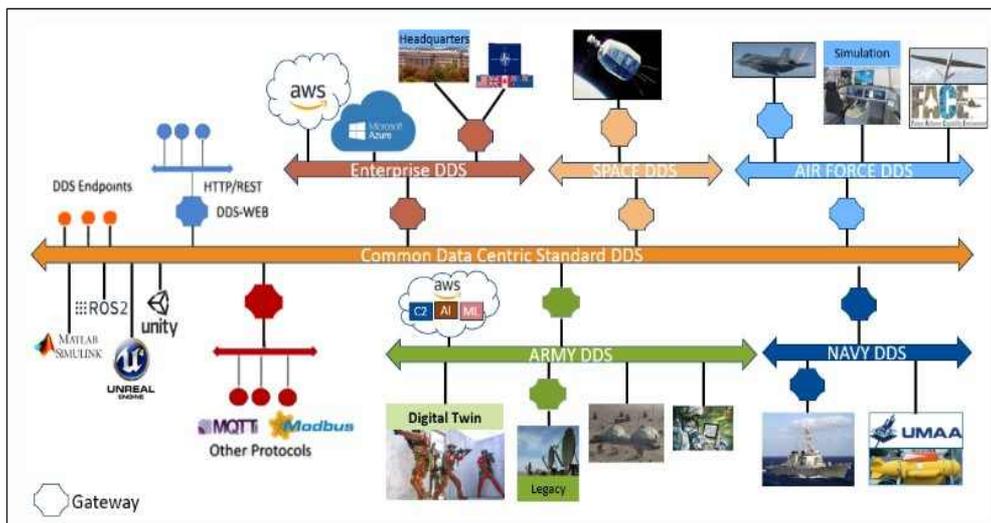
[그림 3-28] Multi Domain operations framework<sup>85)</sup>

85) Nisperos, E. (2020. 3. 10.). Joint all domain effects convergence: Evolving C2 teams. Over the Horizon Journal.

한국군도 이러한 구조를 반영해 공군의 조기경보레이더, 해군 이지스함 탐지 체계, 육군 UAV, 사이버 탐지 정보 등을 단일 데이터 플로 통합·공유할 수 있는 상호운용성 체계를 구축해야 한다. 이를 통해 JADC2는 단일 영역이 아닌 전 영역에서 동시적·상호보완적 정보-화력 연계를 실현할 수 있을 것이다[9].

셋째, 데이터 표준화와 상호운용성 확보는 한국형 JADC2의 성공을 좌우하는 핵심 요건이다. 현재 한국군은 각 군별로 상이한 전술데이터링크 체계를 운영하고 있어 장비·체계 간 프로토콜 차이로 합동·연합작전에서 제약을 받고 있다. 이를 해결하기 위해서는 NATO·미군의 공통 데이터 구조를 준용하고, 한미 연합작전에서 실시간 데이터 교환을 보장할 표준을 조기에 확립해야 한다[10].

미군의 CJADC2 개념은 동맹국과의 데이터 상호운용성을 최우선 과제로 삼고 있으며, 한국군이 이러한 흐름을 반영하지 못할 경우 연합작전 지연과 정보 격차 확대라는 구조적 위험에 직면할 수 있다. 특히 [그림 3-29]의 DDS (Data Distribution Service) 기반 구조는 서로 다른 센서·플랫폼·지휘체계를 공통 분배·구독 모델로 연결해 JADC2 수준의 실시간 데이터 공유를 실현하는 대표적 사례다. 이 구조는 중앙집중형이 아닌 분산형 네트워크로 전장 정보를 자동 갱신해, 변화가 빠른 다영역 작전에서 요구되는 강건성과 확장성을 동시에 확보한다.



[그림 3-29] 소프트웨어 상호운용성 표준으로서의 DDS<sup>86)</sup>

86) McGuire, T. (2024, 1. 14.). Interoperability by Design for JADC2 Systems. RTI Blog.

따라서 데이터 표준화는 단순 기술 문제가 아니라 연합작전의 성패를 결정하는 전략적 필수 조건이며, 한국군이 다영역 작전에 적응하기 위한 최소 요건이다. 이를 실효적으로 추진하기 위해서는 법·제도 정비와 국방 R&D 투자 확대가 필요하며, 데이터 구조, 프로토콜, 메타데이터 기준을 국가 단위 프레임워크로 일원화하는 노력이 병행되어야 한다.

## 2) 조직·운용적 시사점

기술적 기반이 확보되더라도 실제 전장 수준에서 작동하게 만드는 것은 조직과 운용 개념이다. 한국형 JADC2가 효과적으로 작동하려면 합동성 강화와 지휘체계 단일화가 전제되어야 한다. [표 3-9]는 이러한 조직·지휘체계 개편의 핵심 요소를 정리한 것으로 JADC2 운용을 위해 필요한 구조적 변화 방향을 제시하고 있다. 아울러 분산형 지휘통제와 임무형 지휘를 정착시키고, 전력 운용 개념과 교리의 지속적 갱신이 동시에 추진되어야 한다. 결국 JADC2는 단순한 장비 도입 사업이 아니라, 지휘 구조와 운용 방식을 포함한 전력 운용 방식 전반의 혁신 과제이다.

[표 3-9] 한국형 JADC2 조직·운용 혁신 요건

구 분	내 용
합동성 강화 / 지휘체계 단일화	• 각 군 독자 C2의 분절 극복 → 합참 주도 합동 지휘통제 클라우드 구축 필요. 조직문화·권한 구조 개편 수반
분산형 지휘통제 / 임무형 지휘	• 중앙집권 구조의 한계 극복, 자율·분산형 지휘 정착. EMP·재밍·사이버 위협 대응 위해 전술급 독립 작전 능력 확보
전력 운용 개념 / 교리 발전	• JADO 교리 보완, 훈련체계 발전 필요. 실험-보완-적용 순환 통한 단계적 발전 접근 (미군 GIDE 사례 참고)

첫째, 합동성 강화와 지휘체계 단일화는 한국군이 직면한 구조적 과제다. 현재 각 군은 고유한 지휘통제체계를 운용하고 있으나, 이들 체계 간 정보 공유와 실시간 연동은 여전히 제한적이라는 지적이 제기된다. 이러한 분절된 구조는

전장 전 영역을 동시에 다루는 합동전영역작전(JADO<sup>87</sup>) 요구에 신속히 대응하기는 어렵다. 미군이 JADC2를 통해 추구하는 방향 역시 각 군의 센서와 타격자산을 단일 네트워크에 묶어 운영하는 것이다[8]. 한국군도 이를 고려해 합참 주도 합동 지휘통제 기반을 마련하고, 이를 각 군 전술 C2 체계와 연계하는 구조적 개편을 추진할 필요가 있다. 이는 단순한 체계 통합을 넘어 조직 문화와 권한 구조의 변화까지 수반하는 사안이므로 난이도가 높지만, 합동성이 확보되지 않은 JADC2는 실효성이 제한될 수 있다는 점에서 전략적 우선순위로 다뤄져야 한다.

둘째, 분산형 지휘통제와 임무형 지휘는 미래전의 필수 운용 원칙으로 자리 잡고 있다. 중앙집권적 지휘체계는 정보 흐름을 지연시키고, 전자전 및 사이버전 환경에서는 통신망 마비와 지휘 단절을 초래할 위험이 크다. 반면 분산형 지휘통제는 상급 지휘관의 의도만을 공유받은 전술제대가 세부 임무수행 방식을 자율적으로 결정하는 구조로 임무형 지휘와 일치한다. 이러한 개념은 독일군의 전통적 지휘방식에서 기원하였으며, NATO 역시 미래 작전환경에 대응하기 위한 핵심 지휘원칙으로 채택하고 있다. 한국군이 구축해야 할 JADC2 지휘체계 역시 이러한 자율성과 분산성에 기반해야 한다. 특히 북한의 EMP 공격, GPS 재밍, 사이버 공격 등 비대칭 위협에 대응하기 위해서는 전술급 부대가 일정 수준의 독립 작전 능력을 확보할 필요가 있으며, 이를 뒷받침할 임무형 지휘체계의 제도적 정착이 요구된다[9].

셋째, 전력 운용 개념과 교리 발전은 기술적 및 조직적 변화를 제도화하고 실제 전장 운용 수준으로 정착시키는 과정이다. 현재 한국군의 합동전영역작전 교리는 아직 개념 정립 단계에 있으며, JADC2를 실질적으로 뒷받침하려면 교리의 구체화와 이에 연동된 훈련 체계의 발전이 요구된다. 미군은 JADC2 개발 과정에서 글로벌 정보 지배력 실험(GIDE)<sup>88</sup>과 같은 반복 실험 프로그램을

---

87) JADO(Joint All-Domain Operations): 다영역에서 동시에 작전을 수행하고, 각 영역 간 센서·지휘통제·화력 자산을 실시간으로 연동하여 효과를 극대화하는 합동 작전 개념. 즉, “지상에서 탐지한 표적을 공군이 타격하고, 이를 해군이 재확인하며, 사이버부대가 교란 지원”하는 식의 통합된 전장 운용을 목표로 합니다.

88) GIDE: Global Information Dominance Experiment의 약어임. 미국 인도태평양사령부(INDOPACOM)와 북미항공우주사령부(NORAD), 미 북부사령부(USNORTHCOM)가 주도하여 실시하는 AI·빅데이터 기반 글로벌 실험 프로그램이다.

통해 AI 및 빅데이터 기반 지휘통제 절차, 정보결심 속도, 지휘권 배분 방식을 실제 지휘구조 안에서 시험하고 있으며[7], [그림 3-30]는 이러한 실험 과정에서 생성되는 공통작전상황도(COP)가 어떻게 전장 정보를 통합·전시하고 지휘결심을 지원하는지를 시각적으로 보여주는 사례다. COP는 GIDE 실험의 핵심 산출물 중 하나로, JADC2가 추구하는 실시간 정보 공유 및 분산 지휘의 구현 가능성을 검증하는 역할을 한다. 한국군도 유사한 실험·훈련 체계를 상시화하여 단계적으로 개념을 검증·보완·확대하는 점진적 접근을 채택할 필요가 있다. 즉, JADC2는 단번에 완성되는 단일 사업이 아니라 실험-보완-적용의 순환을 통해 성숙해 가야 하는 장기적 발전 과제라는 점을 전제로 해야 한다.



[그림 3-30] JADC2 공통작전상황도 기능 시연<sup>89)</sup>

종합하면, 한국형 JADC2를 구현하기 위한 기술적 요소와 조직·운용 요소는 분리된 과제가 아니라 상호 의존적이다. AI와 데이터 표준화가 필수 기반이지만, 실제 전장에서 효과를 내는 것은 합동성 강화, 분산형 지휘통제 정착, 임무형 지휘 확산과 같은 운용 혁신이다. [그림 3-31]의 한국형 JADC2 개념도는 이러한 기술 기반·지휘통제 구조·운용 개념이 단일 체계 안에서 통합적으로 결합돼야

89) 미 육군 크리스토퍼 콜드웰 대령(J3 작전국장)이 2021년 2월 3일 JADC2 시연 중, JTF-CS 공통작전상황도 능력을 제프 반 소장(지휘관)과 참모들에게 설명하고 있다. Author, A. A. (2024. 5.). CJADC2: Let 100 applications bloom, not one to rule them all, says GIDE director. Breaking Defense.

함을 보여준다. 따라서 한국군은 기술과 조직을 분리해 다루기보다 상호보완적 관점에서 JADC2를 설계해야 하며, 이는 단순한 체계 도입을 넘어 지휘문화·전력 운용 방식, 나아가 전략적 사고의 전환까지 요구하는 과제이다.



[그림 3-31] 한국형 JADC2 개념도<sup>90)</sup>

### 3) 전략·정책적 시사점

한국형 JADC2는 단순한 기술·조직 문제를 넘어 한·미 연합작전 구조와 국방정책, 더 나아가 국방예산과 자원 배분에 직접적 영향을 미친다. 특히 정보 주도형 전장에서 한국군이 독자적 네트워크를 구축할 경우 동맹과의 실질적 연동은 사실상 불가능하다. 따라서 기술 수준을 넘어 제도·예산·교리에 대한 통합적 접근이 필요하다. [표 3-10]는 이러한 전략·정책·예산 요소를 종합적으로 정리한 자료로, 한국형 JADC2 추진 시 고려해야 할 국가 차원의 의사결정 요인을 제시한다. 또한 한정된 자원 속에서 AI·데이터 인프라 투자와 기존 전력 도입을 어떻게 조율할지가 중대한 과제로 남아 있다. 결국 한국형 JADC2는 기술을 넘어 전략·정책 과제를 동시 해결해야 실효성을 확보할 수 있다.

90) 미래 국방 인공지능 특화 연구센터

[표 3-10] 한국형 JADC2 전략 및 정책적 시사

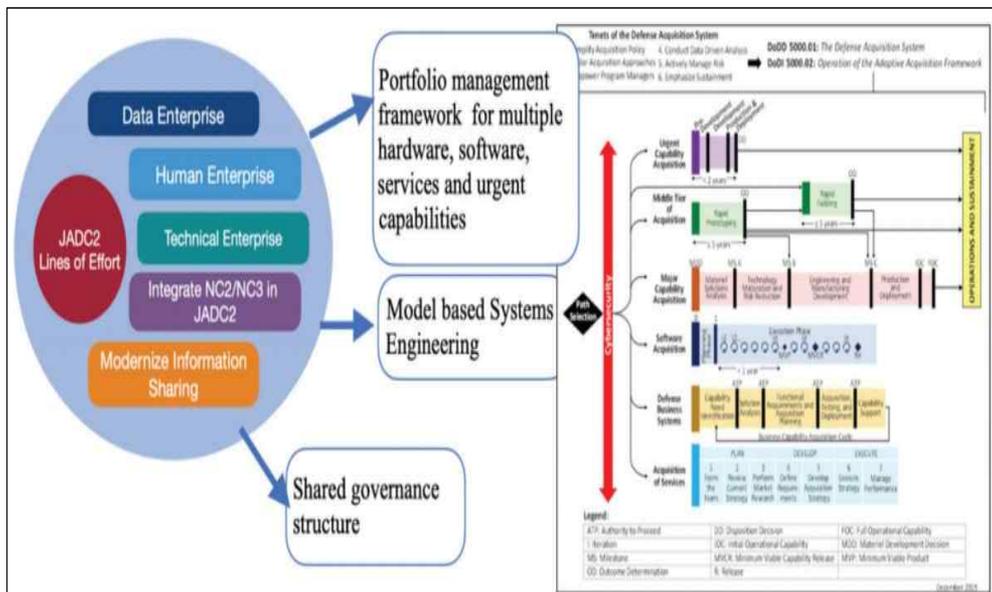
구 분	내 용
한미동맹·다영역작전 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 독자 체계보다 CJADC2와 상호운용성 확보가 관건. 외면 시 연합작전 지연·정보 불일치 초래</li> </ul>
국방 AI·데이터 정책 정합	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 AI·데이터 정책 연계 필요. 민간 클라우드 및 분석 접목 필수, 보안 및 군사 독자성 병행</li> </ul>
국방예산·투자 우선순위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• JADC2는 장기 및 복합 투자 요구, 전력 증강과 균형, 초기 성과 부재 극복을 위한 정치·사회 지지 필수</li> </ul>

첫째, 한·미 동맹과 다영역작전의 연계 관점이다. 한국군의 JADC2는 ‘독자 체계’ 구축 자체보다 미군 JADC2, 더 나아가 CJADC2와의 상호운용성 확보가 관건이다. 미군은 인도-태평양 사령부를 축으로 JADC2 실험을 확대하며 동맹 연동을 핵심 목표로 삼고 있다[10]. 이런 흐름을 외면하거나 뒷순위로 미루면 연합작전에서 지휘 및 정보 체계 간 간극이 생겨, 지연과 정보 불일치로 이어질 가능성이 크다. 특히 위협이 고도화되는 상황에서 한국군 독자 JADC2의 효용은 제한적일 수밖에 없다. 결국 한국형 JADC2는 연합작전의 하위체계로 설계하고, 미군·동맹이 함께 활용할 수 있는 다영역 기반의 연합 전투망으로 키워 가는 것이 현실적이다.

둘째, 국방 AI·데이터 정책과의 정합성을 확보해야 한다. JADC2는 데이터 중심 전장을 전제로 하며, 방대한 데이터의 수집·처리·분석 역량을 요구한다. 현 정부는 범정부 AI 전략과 ‘데이터 댐’을 추진하고, 국방부도 군 적용을 모색 중이다[10]. 한국형 JADC2는 국가 차원의 AI·데이터 정책과 보조를 맞추되, 군이 외부와 단절된 채 폐쇄적으로 운영되는 구조는 피해야 한다. 특히 민간 클라우드와 상용 분석 기술의 선별적 접목은 비용과 도입 속도에서 이점이 있다. 다만 보안성, 주권 데이터 보호, 군 독자성 유지도 함께 달성해야 하므로 민-군 데이터 거버넌스와 책임 있는 AI 기준을 함께 마련해야 한다.

셋째, 국방예산과 전력투자 우선순위의 문제다. JADC2는 단일 무기 도입이 아니라 네트워크·데이터·AI·사이버 보안이 통합된 체계공학적 사업이기 때문에 일정 규모의 장기 투자가 전제된다. [그림 3-32]는 미군이 JADC2를 단일 사업이

아닌 포트폴리오 형태로 관리하며, 네트워크·데이터 인프라·AI·보안 등을 병렬적으로 투자하는 구조를 시각적으로 제시한 사례다. 한편 한국군은 북한 위협 대응을 위해 미사일 방어, 정밀타격, 첨단 함정 및 전투기 등 기존 전력 증강에 무게를 두어 왔고, 한정된 예산 탓에 정보 기반 체계에 대한 투자가 상대적으로 적었다는 지적이 있다[10]. 앞으로는 기존 전력 강화와 JADC2 인프라 구축 사이의 균형점을 어디에 둘지가 관건이 될 것이다. 사업 초기에는 가시적 성과가 제한적일 수 있으므로, 정치적·사회적 지지를 확보하기 위한 노력도 병행되어야 한다.



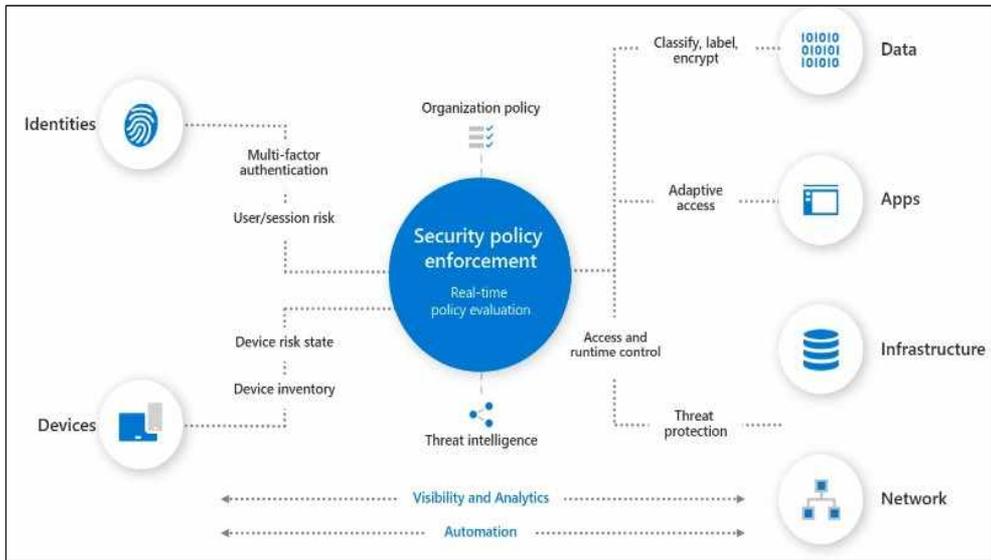
[그림 3-32] JADC2 획득 프로그램에 대한 포트폴리오 개념화<sup>91)</sup>

#### 4) 영향요소 분석

한국형 JADC2 구축에 영향을 미치는 요소는 크게 기술적, 위협적, 제도적, 사회적 차원에서 도출된다. 우선 기술적 측면에서 가장 중요한 것은 기술 성숙도(TRL)와 사이버 보안 리스크이다. 현재 한국군이 보유한 정보통신 및 AI 관련

91) Nilchiani, R. R. (2022. 11.). Report on Joint All-Domain Command and Control (JADC2): Opportunities on the Horizon. Acquisition Innovation Research Center, Stevens Institute of Technology

기술은 상당 부분이 아직 실험실 단계 또는 제한적 시범운용 수준에 머물러 있다. 그러나 JADC2는 실시간 전장 데이터 처리와 합동작전 지원을 전제로 하기 때문에, 높은 수준의 신뢰성과 기술적 완성도를 요구한다[9]. 따라서 한국군은 기술 성숙도 단계별 검증과 실험훈련을 체계적으로 수행하여 기술 성숙도를 점진적으로 제고하는 전략을 채택해야 한다. 또한 네트워크 중심전(NCW)의 특성을 고려할 때, 정보의 무결성과 보안성은 작전 성공에 있어 필수적인 요소가 된다. 실제로 우크라이나 전쟁에서도 러시아가 서방의 통신 기반시설을 대상으로 대규모 사이버 공격을 감행하면서 JADC2 운용의 취약점이 여실히 드러난 바 있다. 한국군 또한 북한의 사이버 부대가 JADC2 체계를 주요 타격 목표로 삼을 가능성을 고려해야 하며, [그림 3-33]에 보듯이 초기 설계 단계부터 제로 트러스트(Zero Trust)<sup>92)</sup> 보안 모델을 적용하는 것이 필수적이다[10].



[그림 3-33] Microsoft Zero Trust Architecture<sup>93)</sup>

위협 요인 측면에서는 전자전·사이버전 대응 능력이 핵심이다. 북한은 GPS 제밍, 위성통신 교란, 전자기펄스 공격 등 다양한 비대칭 전자전 능력을 보유

92) Zero Trust: “절대 신뢰하지 말고, 항상 검증하라”는 보안 원칙에 기반한 보안 모델이다. 내부든 외부든 사용자를 자동으로 신뢰하지 않으며, 모든 접근 시도에 대해 지속적인 인증과 권한 검증을 거친다.

93) Microsoft. (2024. 4. 16.). New Microsoft guidance for the DoD Zero Trust Strategy. Microsoft Security Blog

하고 있어 JADC2 신경망을 마비시킬 수 있는 심각한 위협 요인이다. 따라서 한국형 JADC2는 다중 경로 통신과 자가복구 네트워크, AI 기반의 침입탐지 및 대응 체계를 도입하여 통신 신뢰성과 사이버 복원력을 확보해야 한다. 다만 이 기술 대비책은 독립적으로 의미를 갖는 것이 아니라, 분산형 지휘통제와 임무형 지휘 같은 작전개념과 병행될 때 비로소 전술적 효용을 발현한다.

법적, 윤리적, 정책적 제약도 중대하다. JADC2가 기술적으로 구현 가능하더라도 AI가 자동으로 표적 선정 후 무기를 추천하는 방식은 국제인도법과 국내법의 적용 대상이 될 수 있어 신중한 검토가 필요하다[9]. 국제사회에서는 자율무기체계 규제 논의가 진행 중이며, 한국군도 이 논의에서 예외가 아니다. 한국형 JADC2 개발 과정에서는 AI 권고를 지휘관이 최종 검토 및 승인하는 Human-in/on-the-Loop 원칙을 확립할 필요가 있으며, 관련 법적 요구사항과 윤리 기준을 충실히 반영해야 한다.

마지막으로, 사회적 수용성과 인재 양성은 한국형 JADC2의 성패를 가르는 또 하나의 축이다. JADC2는 군 내부의 기술 사업을 넘어 사회 전반의 데이터 활용 역량과 AI 신뢰성, 민·군 협력 기반과 맞물려 돌아간다. 따라서 국민적 지지 기반을 확보하고, 민간 IT·AI 전문가가 국방 분야에 기여할 수 있는 개방형 국방혁신 생태계를 조성할 필요가 있다. 동시에 군 내부에서는 AI·데이터 분석가, 사이버전 전문인력, 합동작전 계획자 등 다영역 인력을 육성해야 하며, 이는 단기 교육과정 개편을 넘어 장기적으로 인력 구조 개혁을 이어져야 한다.

한국형 JADC2는 기술·조직·정책·사회 요소가 맞물린 체계 공학적 과제이다. 전략 측면에서는 한·미 동맹 및 다영역 작전과의 연계, 국가 AI·데이터 정책과의 정합성, 국방예산 내 우선순위 설정이 중요하다. 동시에 기술 성숙도와 보안·전자전 위협, 법·윤리 고려, 사회적 수용성이 성과에 영향을 미치는 요인으로 작동한다. 따라서 한국군은 단순한 기술 개발이나 무기 도입을 넘어, 전략·정책·사회까지 아우르는 종합적 접근으로 한국형 JADC2를 추진할 필요가 있다. 이는 지휘통제체계의 개선을 넘어, 21세기 전장에서의 생존성과 주도권 확보를 뒷받침하는 기반으로 기능할 수 있다.

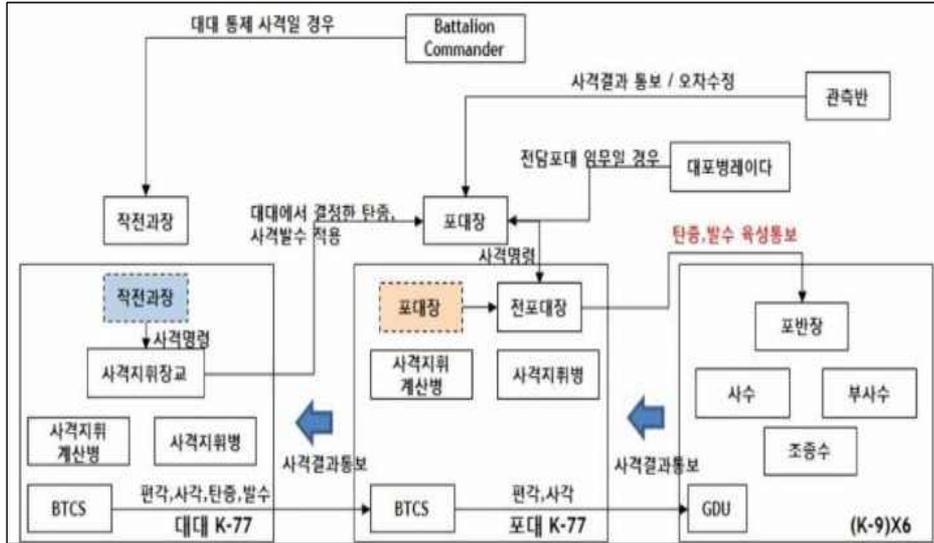
## 제 4 장 한국군 포병작전 환경에 부합하는 AI 기반 화력운용체계 적용 전략

### 제 1 절 기존 한국군 화력운용체계의 구조 분석과 작전적 한계

#### 1) 체계 구조 파악

한국군 포병의 화력 운용은 기존 지휘통제 체계와 표준화된 화력지원 절차를 중심으로 운용 되어왔다. 조직 측면에선 합동참모본부를 정점으로 지작사-군단-사단-여단-대대로 이어지는 계층적 지휘구조에서 운용되며, 미군의 화력지원 교리와 NATO 전술 절차를 폭넓게 참조해 온 것으로 알려져 있다[8]. 전술 현장에서 화력지원이 실제로 이뤄지기까지는 보통 표적정보 획득 → 화력지원 요청 → 상급부대 승인 → 사격 명령 하달 → 사격 및 평가의 순서를 따른다. 이 과정에서는 상급 지휘부의 통제와 승인이 빈번히 요구된다. 이 절차는 오발 및 아군 오인사격을 방지하고 작전의 일관성을 유지하는 데 기여한다. 다만 전장이 빠르게 변하는 조건에서는 고속 기동과 대규모 화력 투사가 병행될 때 결심이 지연될 위험이 있다는 평가도 존재한다.

Sensor to Shooter 연계 역시 핵심의 축이다. [그림 4-1]에서 보듯이, 한국군은 대포병탐지레이더, 전방 관측장교, UAV, 정찰자산 등 다양한 감시 및 정찰 수단을 운용하며, 표적정보는 전술정보통신망(TICN)을 통해 전송되어 C4I에서 융합·분석된 뒤, BTCS 또는 사격지휘소로 연계되어 포병부대에 사격 명령으로 하달된다. 지휘소 승인과 사격지휘소 통제 절차가 유지되는 관계로, 전방 관측장교에서 사격지휘소를 거쳐 사격까지의 루프는 대응사격 수준으로 표준화되어 운용된다. 예컨대 UAV가 특정 좌표에서 적 포병을 포착하더라도, 군(사)단 지휘소를 경유하는 승인 절차가 남아 있으면 이동표적이나 순간 노출된 표적에 대한 사격 개시 시점이 늦어질 수 있다. 따라서, 현행 체계는 표준 절차와 안전성 측면에 강점을 가지나, 탐지-결심-타격 연계의 지연을 최소화하는 부분에서는 추가 개선의 여지가 있다.



[그림 4-1] 포병 사격지휘체계 구조도<sup>94)</sup>

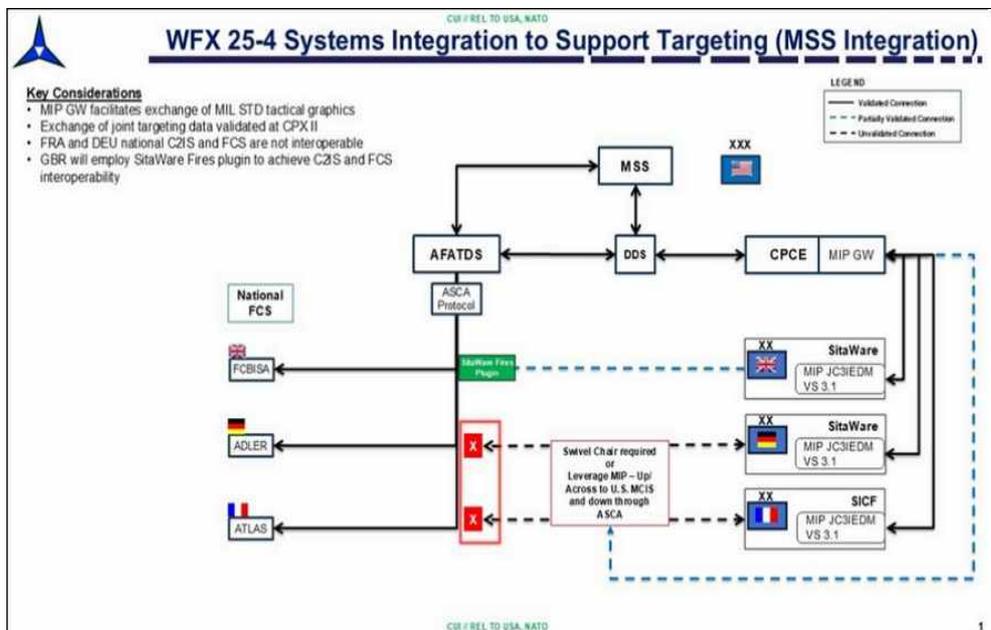
## 2) 운용 현황 평가

한국군 포병은 양적·질적 측면에서 상당한 전력 기반을 확보하고 있다. K9 자주포, K239 천무 다련장, 정밀유도탄 등 다양한 화력 체계를 보유해 단기간에 집중으로 화력을 투사할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 다만 전술적 관점에서는 속도·정확성·지속성 측면에서는 여전히 구조적 한계가 남아 있다. 우선 속도 측면에서는 F2T2EA 사이클이 길어져 전술적 표적 처리에 수 분 이상이 소요 되는데, 이는 고속 기동전 상황에서 치명적 취약점으로 나타난다. 정확성면에서는 정밀유도탄의 개발이 진행 중이나 다수의 재래식 탄약과 대량사격 중심의 전력 운용이 여전히 큰 비중을 차지한다. 230mm급 무유도 다련장 로켓탄의 경우 원형공산오차(CEP)가 수백 미터에 이르고 있다. 이는 대량사격을 전제로 한 재래식 화력 개념을 유지하게 만들어 탄약 소모를 증가시키고 부수적 피해 위험을 높인다. 지속성 측면에서는 북한의 대규모 장사정포와 미사일 위협에 직면할 경우, 단기간 내에 탄약 소진 및 보급의 압박이 발생할 수 있다. 북한의 ‘포병 포화’ 전술에 대응하기 위해서는 정밀화와 지속성 운용 능력이 필수임

94) Military Review Easy. (2022. 11.). 특집: 우크라이나 포병혁명 vs 한국 차세대 포병기술. Military Review Easy, 2022(11). ISSN 2713-7643.

에도 불구하고, 현 체계는 여전히 대량 소모형 전력 운용에 의존하는 경향이 남아 있다.

더 나아가 합동성과 상호운용성 측면에서 뚜렷한 취약점이 관찰된다. 단편적으로 화력운용체계는 자체적으로 운용할 때 큰 결함이 드러나지 않지만, 공군의 정밀타격무기나 해군의 함대지 미사일과 ‘완전한’ 통합 운용을 보장하기는 어렵다. [그림 4-2]는 이러한 문제의 근본 원인을 보여주며, 표적지원 체계가 각 군별로 분리된 채 운용되면서 정보 흐름과 의사결정 절차가 단절되는 구조적 한계를 시각적으로 나타낸다.



[그림 4-2] 표적 지원을 위한 시스템 통합(U.S.Army)<sup>95)96)</sup>

KJCCS와 같은 합동 지휘통제체계가 존재하지만, 전술 수준에서의 실시간 데이터 공유와 통합적 의사결정 지원은 더욱 강화될 필요가 있다. 특히 연합 작전에서는 상호운용성 확보가 핵심 과제로 부상한다. 미국의 CJADC2나

95) Bradley, J., & Almanza, A. (2025. 8. 27.). Interoperability: Winning happens in the off-season – The imperative for warfighting success in a coalition warfighter exercise. Field Artillery Professional Bulletin.

96) WFX 25-4를 위한 3기갑군단의 개념적 데이터 교환 아키텍처는 각국의 지휘통제정보 체계와 화력통제체계를 연계하여, 전장 기하구조와 화력지원 데이터 전송을 가능하게 하는 표준화된 프레임워크를 통해 상호운용성을 보장하는 것을 목표로 했다.

NATO의 표준화 노력처럼 동맹 간 데이터 규격과 전술 인터페이스를 일관되게 적용하지 못하면 정보 불일치와 표적처리 지연이 발생할 수 있다. 이러한 문제가 누적될 경우 동맹 차원의 작전 효율이 저하될 위험이 있어, 전술제대에서의 데이터 표준화, 인터페이스 개선, 실시간 의사결정 절차의 명확화가 시급히 요구된다.

### 3) 작전적 한계 도출

한국군 포병의 타격 사이클은 감시 및 탐지 → 추적 → 식별 → 우선순위 및 결심(타격자산 선정 및 사격지시) → 사격 → 전투피해평가의 순서로 진행된다. 각 단계는 독립적으로 기능하지만, 결심 단계시 상급 지휘관의 승인이 요구되는 경우가 많아 절차가 지연되기 쉽다. 이 방식은 사격의 일관성과 오인사격을 억제에는 유리하지만, 시한성 표적에 대응하기는 취약하다. 고속으로 기동하는 적 기갑부대나 순간 노출되는 지휘소 및 포병 등은 우리가 결심을 내리는 사이에 이미 이탈한다. 이 표적은 발견 즉시 타격해야 효과가 나는 만큼 관측에서 사격까지의 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 결심 루트 단축과 자동 표적 연계가 확보되지 않으면 신속타격 능력은 말뿐으로 그친다.

여기에 더해 한국군 화력운용체계는 전자전과 사이버전에 취약한 문제를 안고 있다. 북한은 GPS 재밍, 위성통신 교란, 사이버 공격 능력을 보유한 것으로 평가되며, 이러한 수단은 지휘정보체계와 전술망에 크게 의존하는 한국군의 화력운용체계에 치명적인 위협으로 작용할 수 있다. 러시아-우크라이나 전쟁에서도 러시아는 서방이 지원한 통신망을 대상으로 대규모 사이버 공격을 병행하여 우크라이나군의 지휘통제 체계 혼란을 야기시켰다. 한국군도 이런 유사한 복합 공격을 받을 경우 지휘 마비와 화력 단절에 직면할 가능성이 높다. 특히 디지털 기반 체계 의존도가 높아질수록 이러한 위협의 대비책과 백업 시스템 구축은 필수이다.

또한 지휘결심 과정 자체가 병목현상을 일으키는 것도 중요한 문제로 지적된다. 현행 화력지원 절차는 상급 지휘부의 승인 단계를 반드시 거치도록 설계되어 있어 통제력 확보와 오인 발사 방지에 효과적이지만 신속성이 떨어지는

구조를 안고 있다. 포병 화력은 전장에서 신속성이 매우 큰 영역으로 몇 분의 지연만으로도 표적이 사라질 수 있다. 앞으로는 임무형 지휘 방식을 보다 적극적으로 적용하고, AI 기반 의사결정 지원 체계를 활용해 현장 지휘관이 상황에 따라 자율적으로 판단하고 조치할 수 있는 방향으로 발전해야 한다.

한국군의 화력운용체계는 중앙집권적 지휘구조, 일방향적 Sensor to Shooter 체계 연동, 비정밀탄 의존 등 구조적 제약 때문에 결심이 지연되고 대응 속도 역시 떨어지는 양상을 보인다. 합동·연합 작전에서 요구되는 상호운용성도 충분치 않으며, 전자전 및 사이버 위협의 취약성은 추가적인 위협 요인이다. 이러한 문제는 단순한 전력 증강으로 해결되기 어렵다. 따라서 AI 기반 지휘 결심 지원, 데이터 표준화에 따른 실시간 센서융합, 임무형 분산 지휘체계 전환을 통해 작전 속도와 정밀성, 지속성을 확보하는 근본적 전환이 필요하다.

## 제 2 절 육군 Army TIGER 체계의 작전 개념과 기술 구조 분석

### 1) 체계 추진 배경과 전략적 목표

육군이 Army TIGER 체계를 추진한 배경은 두 가지로 요약된다. 첫째, 한국군이 직면한 복합 안보 위협이다. 북한은 장사정포, 단거리 탄도미사일, 장거리 로켓 등 비대칭 전력을 대량 보유하고 있어 수도권을 겨냥한 수백 문의 장사정포와 단거리 미사일은 우리의 작전 지속 능력을 직접적으로 위협한다. 아울러 GPS 교란, 위성통신 방해, 지휘망 침투 등 사이버 및 전자전 역량을 고도화하면서 지휘통제, 화력운용 체계의 취약성이 노출되고 있다. 둘째, 국방혁신 4.0이 제시한 미래 군사력 발전 방향과의 정합성이다. 기존 화력운용 구조만으로 속도와 정확성 면에서 위협에 제때 대응하기 어렵다는 지적이 지속되어 왔고, 이에 따라 신속·정밀·지속을 구현할 수 있는 체계 전환이 필요해졌다.

국방혁신 4.0은 장비 도입을 넘어 한국군의 전투 방식 자체를 디지털로 전환하는 데 있다. 데이터와 AI 기반 지휘결심, 네트워크 중심작전, 다영역

작전을 가능하게 하는 군사혁신을 요구한다. Army TIGER는 이러한 목표를 실현시키기 위한 핵심 수단으로 볼 수 있다. 기동화, 네트워크화, 지능화 등을 통해 수적 열세를 기술로 보완하고, 센서에서 지휘통제, 타격자산에 이르는 전 과정을 하나의 네트워크로 연결해 속도와 정밀성에 기반한 전투 수행을 가능하게 한다.

Army TIGER의 전략적 목표는 전술적 이점 확보에 머물지 않는다. 지상군의 전투 양식을 구조적으로 전환해, 미래 전장에서는 생존성과 주도권을 보장하는데 있다. 기존 화력체계가 대량 소모, 중앙집권 지휘, 지연된 결심에 묶여 있었다면, Army TIGER는 정밀·효율 운용, 임무형 지휘, 실시간 결심은 새로운 작전 패러다임으로 지향한다[11]. 이런 점은 Army TIGER가 단순한 전력 증강이 아니라, 한국군 전체의 미래전 개념을 시험하고 구현하는 플랫폼으로 이해되어야 한다.

## 2) 작전 개념 분석

네트워크 중심작전(NCW)은 Army TIGER의 정체성을 규정하는 핵심 개념이다. 기존 한국군의 화력운용체계는 센서에서 수집된 정보가 지휘소로 전달되고, 지휘소의 결심을 거쳐 타격자산에게 사격명령이 하달되는 단선적 구조를 갖는다. 특히 상급 지휘부의 승인 절차를 반드시 거치다 보니 탐지-결심-타격 간 연결고리가 즉시 닫히지 못하고, F2T2EA 사이클이 수 분 이상 지연되는 사례가 발생한다.

Army TIGER는 이러한 한계를 넘기 위해 센서-지휘소-타격자산 간 실시간 데이터 공유가 가능한 네트워크를 구축하는 것을 목표로 한다. [그림 4-3]은 이러한 NCW 구조를 시각적으로 보여주는 자료로 각 전술 단말과 감시·정찰 자산이 단일 네트워크로 통합되어 탐지-결심-타격이 동시에 이루어지는 구조를 제시한다. 이를 기술적으로 뒷받침하는 요소로 TICN, 군 위성통신, 다대역다기능무전기(TMMR), KVMF 기반 데이터링크를 들 수 있다. 특히 KVMF는 모든 전술 단말의 메시지 형식을 표준화해 센서에서 생성된 정보를 타격자산이 바로 활용하도록 설계되어 있다[11].



[그림 4-3] 네트워크 중심작전(NCW)<sup>97)</sup>

이러한 NCW 구현은 단순히 시간 단축 차원에 머무르지 않고, 작전 양식 자체의 혁신을 의미한다. 과거 포병 화력은 군단 및 사단 지휘소의 승인을 거쳐서만 운용되는 지원 자산이었지만, 미래에는 현장 지휘관이 실시간 데이터와 AI 결심지원을 바탕으로 자율 운용하는 전력으로 변화한다. 즉, 화력 운용의 분권화와 임무형 지휘의 실현은 NCW 없이는 불가능하며, Army TIGER는 이러한 지휘문화 전환을 가능하게 하는 촉매로 기능한다. 이는 지휘관의 판단 속도와 책임성을 동시에 강화하고, 전술적 유연성과 현장 대응력을 실질적으로 제고하는 방향으로 전투수행 방식의 근본적 변화를 이끈다.

Army TIGER의 작전개념은 지상군 내부의 효율성 개선을 넘어, 다영역 작전 수행 능력과 합동작전 지원 가능성을 함께 검증하는 데 초점을 둔다. 다영역 작전 관점에서 Army TIGER는 사이버 및 전자전 위협을 극복할 수 있는 네트워크 복원력 확보와 군 및 상용 위성 등 우주 기반 감시정찰 자산과의 연계를 통한 지상군의 독자적인 다영역 환경에 기여할 수 있는 토대를 제공한다. 예를 들어 북한이 GPS 교란을 시도하더라도, 다중 경로 통신과 자가복구형

97) <https://blog.naver.com/foren862/220667127671>(검색일: 2025. 9. 25.)

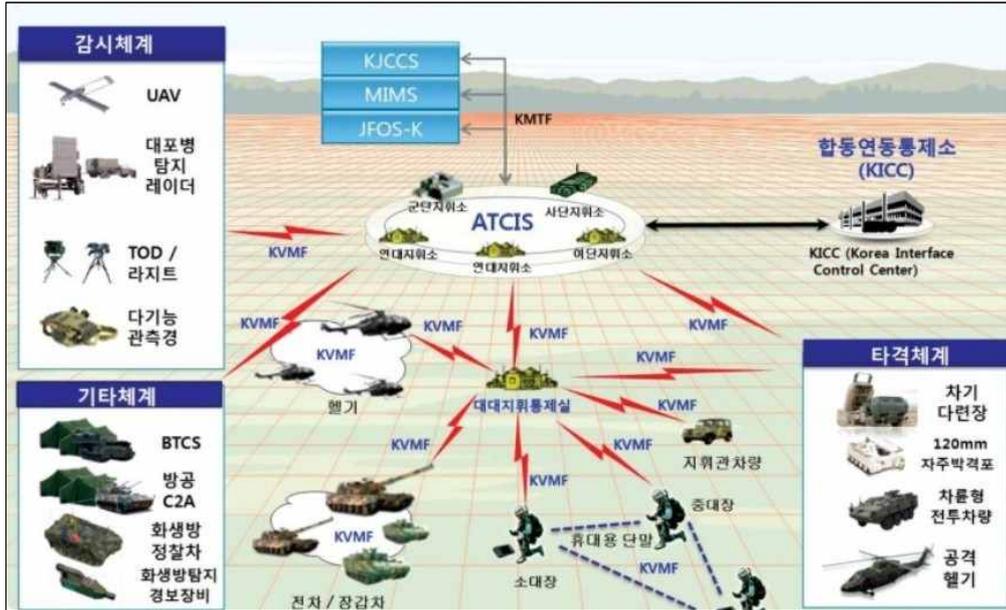
네트워크로 작전 지속성을 유지하는 것을 목표로 한다. 이는 단순한 기술 과제를 넘어, 다영역 작전에서 지상군의 생존성을 보장하는 전제조건이다.

더 나아가 합동·연합작전 차원에서도 Army TIGER는 공군, 해군, 동맹국과의 상호운용성을 반드시 확보해야 한다. NATO는 공용 데이터 링크와 표준화된 메시지 프로토콜을 통해 합동성과 연합성을 제도적으로 보장하고 있으며, 미군 역시 CJADC2 개념을 중심으로 동맹국과의 실시간 데이터 공유와 결심 연계를 지속적으로 확대하고 있다[70]. Army TIGER가 독자 체계에 머문다면 합동·연합 작전에서 정보 불일치와 지휘 지연이 누적될 수밖에 없으며, 이는 작전 효율 저하로 직결된다. 따라서 합동성과 연합성을 고려한 발전은 단순한 기술적 선택이 아니라, 실제 전장에서 전투 지속성과 생존성을 좌우하는 필수 조건이다.

### 3) 기술 구조 분석

Army TIGER는 계층적 네트워크와 전장관리체계를 중심으로 설계되었다. TICN, 군 위성통신, B2CS, BTCS, ATCIS, 그리고 TMMR은 그 기본 인프라를 구성하는 핵심 요소로, 단순한 통신 수단을 넘어 센서-지휘소-슈터 간 데이터를 매개하는 작전 효율의 중심축으로 기능한다. 특히 이 체계의 성패를 좌우하는 것은 표준화된 데이터 형식이다. KVMF는 모든 전술단말이 동일한 메시지 구조를 사용하도록 설계되어, 표적 좌표와 식별정보, 임무 명령 등이 왜곡 없이 공유될 수 있도록 한다[12]. 이러한 표준화는 체계 간 연동성과 실시간 정보 교환을 보장하여, 복합 전장환경에서도 안정적인 지휘결심을 가능하게 한다.

[그림 4-4]는 이러한 KVMF 기반 데이터 구조가 실제로 어떻게 운용되는지를 시각적으로 보여주는 자료로, 각 전술단말-지휘소-타격자산이 동일한 메시지 체계를 통해 실시간으로 연동되는 과정을 설명한다. 다시 말해 KVMF는 Army TIGER의 작전 효율성을 결정짓는 일종의 ‘작전 언어’라 할 수 있으며, 표준화가 이루어지지 않는다면 각 전술 체계가 서로 다른 언어로 정보를 교환하게 되어 합동성과 연합성을 심각하게 저해하게 된다.



[그림 4-4] 지상전술데이터링크(KVMF) 운용 개념도<sup>98)</sup>

따라서 Army TIGER의 데이터 네트워크는 단순한 연결망이 아니라 Kill Chain을 가속화하는 촉매로 작동해야 하며, 데이터가 얼마나 신속하고 정확하게 흐르는가에 따라 F2T2EA 사이클의 속도가 결정된다.

이와 함께 Army TIGER의 지휘통제체계는 AI와 빅데이터를 활용한 지능형 결심지원을 지향한다. 기존 체계는 지휘관이 방대한 데이터를 수동으로 검토한 뒤 결심을 내려야 했다. Army TIGER는 이 과정을 AI가 통합·분석해 지휘관에게 최적의 대안을 제시하는 구조를 지향한다. 다만 이러한 결심지원이 효과를 내기 위해서는 XAI와의 결합이 전제되어야 한다. 지휘관이 “왜 이 선택지가 제시되었는지?”를 이해하지 못하면, AI는 신뢰를 얻지 못하고 오히려 혼란을 초래할 수 있다. 따라서 Army TIGER의 AI는 결과만 내는 자동화 도구가 아니라, 지휘관의 이해와 신뢰를 바탕으로 협력적 의사결정을 가능하게 하는 체계여야 한다[13].

Army TIGER의 성패는 결국 센서와 타격자산 간 통합 수준에 달려 있다. 다양한 감시자산에서 수집된 데이터가 얼마나 신속·정확하게 타격자산과 연동되는지가 핵심 관건이다. 기존 체계에서는 센서 → 지휘소 → 타격자산 간 이어지는

98) <https://blog.naver.com/armymagazine/110166949088>(검색일: 2025. 9. 25.)

연결고리에서 지휘결심 병목이 발생해 고속 기동전 상황에서 대응이 지연되는 문제가 있었다. Army TIGER는 실시간 데이터 공유와 자동화된 임무 할당을 통해 이 병목을 해소하려 한다. 즉, 탐지와 동시에 AI가 최적의 타격자산을 선정하고 타격으로 연계함으로써 F2T2EA 사이클을 획기적으로 단축하는 것을 목표로 한다.

종합하면, Army TIGER는 단순한 장비 현대화가 아니라 지상군의 작전방식을 근본적으로 재구성하는 시도이다. 추진 배경은 북한의 복합 위협과 기존 체계의 구조적 한계를 극복하기 위해 출발했으며, 전략적 목표는 국방혁신 4.0과 연계된 미래 지상군의 디지털 전환에 있다. 작전개념 측면에서 네트워크 중심작전과 다영역 작전의 구현을 지향하고, 기술 구조 측면에서는 데이터 네트워크, AI, 센서에서 타격자산까지의 통합을 축으로 Kill Chain의 속도를 높이는 체계를 목표로 한다. 다만 이러한 혁신이 실제 전장에서 효과를 내려면 세 가지 조건이 충족되어야 한다. 첫째, 데이터 표준화와 합동·연합 상호운용성을 확보하는 것, 둘째, AI의 신뢰성과 설명 가능성을 보장할 것. 셋째, 중앙집권적 지휘문화에서 임무형 지휘로 전환되어야 한다. 결국 Army TIGER의 성패는 신기술의 성숙도에만 달려 있지 않다. 정책적 의지, 조직문화, 지휘 철학의 변화가 함께 따라올 때 비로소 성과가 나타난다.

### 제 3 절 AI 기반 화력운용체계 도입 시 작전적 · 기술적 고려요소

#### 1) 작전적 고려요소

현대전은 전력의 크기가 아니라 ‘시간 지배력’이 결정한다. 전장에서는 Sensor to Shooter까지의 전 과정이 초 단위로 이뤄져야 하며, 이 속도를 내지 못하면 전력의 유효성이 떨어진다. 포병은 시한성 표적에 대해 즉시적인 대응 능력이 승패를 좌우한다. 하지만 현 체계는 탐지 후에도 상급부대 승인을 거쳐야 사격할 수 있어 F2T2EA 사이클이 수 분 이상 걸리는 구조적 병목을 안고 있다.

AI 기반 화력운용체계는 이런 병목을 해결할 유력한 수단으로 평가된다.

AI는 다양한 감시자산에서 들어오는 방대한 데이터를 실시간 처리해 표적을 자동 탐지하고 분류해 지휘관에게 즉시 제공할 수 있다. 대포병탐지레이더가 발사 좌표를 탐지하면 AI 알고리즘이 좌표를 계산하고 주변 표적과 교차 검증하여 신뢰도를 산출한다. 사람이 같은 작업을 하면 수 분이 걸리지만, AI는 이를 몇 초 안에 수행할 수 있다[13]. 또한 거대언어모델(LLM)은 상황보고, 영상분석, 무인기의 실시간 영상 등 비정형 데이터를 통합해 지휘관이 이해하기 쉽게 제시함으로 결심의 부담을 줄이고 결심 속도를 높일 수 있다[14]. 결국 AI 도입은 단순 기술 업그레이드를 넘어 ‘속도=전투력’이라는 현대전의 핵심 요구에 부응하는 전략적 전환이다. 다량의 탄약 보유 중심의 전력 개념에서 결심 속도와 정밀성 중심으로 전력이 이동하고 있다는 점을 고려하면, AI 화력 운용체계의 전략적 가치는 더욱 명확해진다.

AI는 단순 자동화를 넘어 사람의 지휘 철학과 조화를 이룰 때 효과가 커진다. 방대한 데이터를 신속히 분석해 최적의 방책을 제시하는 것이 AI의 강점이지만, 창의성과 즉응 판단이 부족해 예상치 못한 돌발 상황에는 취약하다. 전장은 불확실성과 예외 상황이 존재하므로 기계학습에만 의존하는 AI는 분명히 한계가 있다. 반면 독일식 임무형 지휘 전통은 불확실성을 인간의 자율성과 창의성으로 극복하는 데 초점을 둔다. 따라서 AI 기반 화력체계의 설계 핵심은 “AI의 신속한 분석과 지휘관의 직관적 판단”을 결합하는 것이다. AI는 다수의 방책 대안을 빠르게 산출하고, 지휘관은 정치·외교 요인, 장비 사기, 예비전력 등 정량화가 어려운 요소를 종합해 최종 결심을 내리는 구조가 바람직하다. 결국 AI는 지휘관을 대체하는 수단이 아니라, 지휘관이 본질적 임무에 집중하도록 판단 여유를 제공하는 협력자로 기능해야 하며, 이는 임무형 지휘를 약화시키기 보다 오히려 강화시킬 수 있다.

AI 기반 화력체계가 독자적으로 발전하더라도 합동·연합 작전에서 상호 운용성을 확보하지 못하면 그 가치는 제한적이다. 한국군은 연합작전을 수행하므로 데이터 표준화와 상호운용성은 기술적 선택이 아니라 전략적 필수조건이다. NATO는 공용 데이터링크와 표적정보 프로토콜로 합동성을 확보했고, 미군도 CJADC2 개념 아래 동맹국과의 데이터 공유를 핵심 목표로 삼고 있다 [70]. 반면 한국군은 KJCCS 등 합동지휘통제체계를 보유하고 있으나 전술

수준의 실시간 데이터 공유와 통합적 결심이 원활하지 않다. 따라서 한국군의 AI 화력체계는 KVMF와 같은 표준화된 데이터 구조를 바탕으로 합참 및 미군 C2 체계와 연동되어야 하며, 그렇지 않으면 AI 결심의 비공유로 인한 지휘 혼란과 정보 불일치 위험이 발생할 수 있다[15].

## 2) 기술적 고려요소

AI 화력체계는 표적 탐지와 식별이 핵심 기능이다. UAV, 위성, 레이더 등에서 수집된 방대한 데이터를 실시간으로 처리하지 못하면 오히려 정보 과부하로 지휘결심이 지연될 수 있다. AI의 자동 표적탐지 알고리즘은 이 문제를 해결할 수 있지만, 정확성이 확보되지 않으면 오인식과 과잉 타격이라는 심각한 위험을 초래한다. 지휘관은 AI가 제시한 표적의 신뢰도, 탐지 근거, 가능한 대안까지 명확히 이해해야 하며, 그렇지 않으면 AI는 현장에서 신뢰를 얻기 어렵다[13].

AI 결심지원의 실효성은 무엇보다 데이터 통합이 전제되어야 한다. 한국군은 각 군별로 서로 다른 C2 체계와 데이터 형식 때문에 상호 연계가 제한되어 정교한 AI 방책이 합동작전에서 제대로 기능하기 어렵다. 따라서 NATO식 공통 프로토콜과 유사한 표준을 채택해 데이터 표준화와 UAV, 위성, 레이더 등 이기종 정보를 단일 공통작전상황도로 융합하는 센서 통합을 우선 추진해야 한다. 그래야만 AI 기반 결심지원이 실시간 공유, 즉시 타격, 신속 피드백의 선순환으로 연결될 수 있다[16].

[그림 4-5]에서 보듯이, NATO는 ASCA<sup>99)</sup> 프로토콜을 기반으로 다국적 포병 체계 간 상호운용성을 실험했다. 국가별로 상이한 ASCA 버전을 사용하거나, 보안 분류 차이 때문에 네트워크를 직접 연결하지 못하는 문제가 빈번히 발생했다. 그 결과, ‘swivel chair’ 방식(사람이 정보를 수동으로 옮기는 절차)에 의존해야 하는 한계가 드러났다[71]. 이러한 경험은 데이터 표준화가 단순한

99) ASCA: Artillery Systems Cooperation Activities의 약어임. ASCA는 NATO 및 파트너 다국적 포병 운용시 상호운용성을 확보하기 위해 개발한 전술 데이터 연동 체계임. 핵심 목적은 각국의 포병 지휘통제체계 간에 표적정보·사격요청·사격통제 메시지를 자동화·표준화된 데이터 형식으로 실시간 교환할 수 있도록 하는 것임.

기술 과제를 넘어 다국적 및 합동작전의 효과를 좌우하는 전략적 요인임을 보여준다. 따라서 한국군은 AI 화력체계 구축 시 KVMF 기반의 공통 데이터 구조 확립과 더불어 다국적 작전 환경을 고려한 상호운용성 전략을 병행해야 한다.



[그림 4-5] Dynamic Front 22: NATO 다국적 포병 실사격 훈련<sup>100)</sup>

하지만 AI 기반 화력체계의 최대 취약점은 사이버·전자전 위협이다. 북한의 전자전(GPS 재밍, 위성통신 교란, 전술 데이터링크 방해 등) 위협은 AI 체계의 운용에 치명적이다. 통신은 다중 경로로 설계하고, 일부 노드가 파괴되어도 전체 기능을 유지할 수 있는 자가복구 네트워크를 구축하며, 내부 침입을 전제로 한 Zero Trust 보안 모델을 적용해야 한다. 궁극적으로 체계 생존성은 단순한 기술적 방어만으로 보장되기 어렵기 때문에 분산형 C2와 임무형 지휘체계의 결합을 통해 운영 회복력을 확보해야 한다.

### 3) 법·윤리적 고려요소

AI가 표적을 빠르고 정확히 식별하더라도 최종 발사 결정은 반드시 사람 내려야 한다는 원칙은 Army TIGER 체계의 핵심적이지자 민감한 사항이다. 한반도는 민간인 혼재와 DMZ 인근의 모호한 상황 등으로 AI 단독 판단이 오판을 초래할 위험이 크므로 사람의 최종 검증이 필수적이다. 예컨대 표적으로

100) <https://www.fieldartillery.org/news/dynamic-front-22-artillery-systems-cooperation-activities-asca>(검색일: 2025. 9. 25.)

보이는 대상이 실제로는 탈북자나 민간인일 가능성을 항상 염두에 두어야 한다.

Human-in/on-the-Loop 원칙은 AI의 속도 이점과 사람의 윤리적 책임 사이의 균형을 뜻한다. 하지만 실전에서는 딜레마가 생긴다. AI가 0.1초 만에 표적을 제시하더라도 지휘관 판단에 10초가 걸리면 기회를 놓칠 수 있기 때문이다. 결국 Army TIGER는 기술적 우위, 국제법상 책임, 작전 효과성을 동시에 만족시키는 해법을 마련해야 한다.

기술 및 제도적 측면에서 XAI 기반 의사결정 투명성, 데이터 표준화, 센서 융합, 사이버 및 전자전 환경에서도 회복력 확보가 필요하다. 법·윤리적으로는 국제인도법 준수와 Human-in/on-the-Loop 원칙의 엄격한 적용이 중요하다.

결론적으로 한국군은 AI 화력체계를 단순 장비 도입 아니라 지휘문화, 법제, 정책을 아우르는 전면적 혁신 과제로 보아야 한다. 전장의 요구(속도, 정확성, 합동성)와 사회적 요구(법, 윤리, 정당성)를 동시에 달성하는 것을 목표로 해야 한다.

## 제 4 절 최적화된 AI 화력운용체계 적용 및 향후 발전방안

### 1) 적용 방안

AI 기반 화력운용체계는 한 번에 완성되는 완제품이 아니다. 기술 성숙도와 작전환경에 맞춰 단계적으로 도입하고 확장해야 한다. 우선적으로 결심 소요 시간 단축과 정보의 일관된 확보를 목표로 삼아야 한다. 현재 센서 - 지휘통제 - 타격자산은 연동되어 있으나 여전히 사람의 판독과 수동 입력이 남아 있어, F2T2EA 전 과정에 지연이 발생하여 전투력 손실로 이어질 수 있다. 따라서 초기에는 레거시 구조<sup>101)</sup>를 유지하면서 AI로 성능을 보완하고, 운용 안정성이 확인되면 AI의 역할을 단계적으로 넓혀가는 방식이 바람직하다. 이러한 순차적

101) 레거시 구조(legacy system/architecture): 오래된 기술 기반으로 구축되어 표준화·확장성·상호운용성이 낮고, 최신 체계와의 연동·개선이 어려운 기존 정보체계·소프트웨어·네트워크 구조를 의미한다. 운영은 가능하나 기술적 부채를 축적하며 현대화의 주요 제약 요인이 된다.

도입은 기술 위험을 낮추고 실전 운용 경험 및 제도·조직의 수용성을 함께 높인다. 본 절은 [표 4-1]과 같이 Add-on, 결심지원, Kill Web의 세 단계로 구성된 발전 경로를 제시하였다.

[표 4-1] 단계별 전략 모델

단 계	개 념	주요 기능	기대효과
1단계 (Add-on)	기존 체계 + 외부 AI 모듈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표적 자동식별</li> <li>• 전장정보 자동입력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지연 최소화</li> <li>• 기존 체계 유지하면서 현실적 개선</li> </ul>
2단계 (결심지원형)	AI 결심지원 구조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화력자산 작전 변수 실시간 분석</li> <li>• 표적 우선순위 자동 산출</li> <li>• 사격 결심안 제시</li> <li>• LLM·XAI 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 판단 속도·정확성 향상</li> <li>• 지휘부하 완화</li> <li>• 투명성·설명 가능성 확보</li> </ul>
3단계 (Kill Web 자동화)	Kill Web 기반 완전 자동화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서~사격체계 실시간 연동</li> <li>• 부수적 피해 예측</li> <li>• 제한사격 판단</li> <li>• 다수 표적 동시대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전술 수준 Edgr AI 적용</li> <li>• 분산 지휘통제 실현</li> <li>• 인간 결심 보완 및 부분 위임</li> </ul>

가) 1단계: Add-on 방식

Add-on 방식은 기존 화력운용체계 외부에 독립형 AI 모듈을 탑재해 표적 자동식별과 전장정보 자동입력을 실현하는 접근이다. EO/IR·SAR·SIGINT 등 대규모 원시 데이터를 AI가 실시간 분석하여 전차, 다련장, 항공기 등 위협을 자동 분류·식별한다. 이는 미군의 Project Maven 사례와 유사하며, 드론 영상을 활용해 인원·차량·장비를 자동 탐지함으로써 전장판독 시간을 단축한 바 있다. 카타르 알 우데이드 공군기지의 합동항공작전본부(CAOC) ISR 부서는 전역 차원의 항공우주작전을 계획·수행하여 공통 위협 및 표적 상황도를 제공함으로써 이러한 자동화 체계의 실효성을 뒷받침했다.

Add-on 모듈은 표적 위치, 위협 정도, 예상 이동경로 등 핵심 정보를 자동으로 산출해 전장관리체계로 전송한다. 현재 KVMF 기반 메시지 체계가 수작업 입력에 의존해 오입력과 지연을 초래하지만, AI 자동 입력은 사람 판독에 소요되던 시간을 줄여 다중 위협 상황에서 지휘관과 참모의 부담을 크게 낮출 수 있다.

이러한 Add-on 방식의 기술적 기반은 Edge AI 연산, 멀티모달 센서 정합, 실시간 표준화 파이프라인, 자동표적탐지(ATR) 알고리즘 등이 핵심 구성요소를 이룬다. [표 4-2]는 Add-on 단계의 핵심 기술들을 체계적으로 정리한 것으로 초기 단계에서 한국군이 우선 확보해야 할 기술적 요건을 한눈에 보여준다. 결과적으로 [그림 4-6]에서 보듯이 Add-on 방식은 대규모 무기체계 교체나 지휘통제 구조 전면 개편 없이도 성능 향상을 달성할 수 있는 저위험·저비용 전략으로, 한정된 예산과 단기간 성과가 요구되는 한국군의 초기 도입 단계에 적합하다.

[표 4-2] 1단계(Add-on) 핵심기술<sup>102)</sup>

핵심기술	기능	주요 성능지표 (예시)	구현 핵심요소
온디바이스 (Edge) 경량 AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>포병-UAV 등 현장 단말이 표적 탐지·좌표 산출 → 통신 단절 시 자체 판단 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>추론속도 ≤ ○ ms</li> <li>모델용량 ≤ ○ MB</li> <li>→ ○초 이내 표적식별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저전력 NPU, 모델 압축, 보안부팅</li> </ul>
멀티모달 데이터 파이프라인	<ul style="list-style-type: none"> <li>서로 다른 센서(EO/IR/SAR/SIGINT) 정보를 자동 정합하여 정확한 표적정보 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정합률 ≥ ○ %</li> <li>데이터처리 ≤ ○ ms</li> <li>→ 센서간 오판 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동 라벨링, 잡음 제거, KVMF/Link-K 변환기</li> </ul>
자동 표적탐지·추적·재식별 (ATR & Re-ID)	<ul style="list-style-type: none"> <li>다수 표적을 동시에 추적하고 동일 표적을 재식별 → 지휘관의 전장 판독 부담 경감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>탐지 F1 ≥ ○</li> <li>재식별 성공률 ≥ ○ %</li> <li>→ 실시간 다중 위협 관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중객체추적, 센서 융합 기법, 가림 보정</li> </ul>
전술데이터링크 (TDL) 기본 연동	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 탐지결과를 지휘 통제체계로 자동전송, 수작업 입력 시간 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전송지연 ≤ ○ ms</li> <li>데이터 누락 ≤ ○ %</li> <li>→ 즉시 결심자료 반영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>QoS 라우팅, KVMF 호환 API, 기초 네트워크 보안 암호화</li> </ul>

102) '25-'39 국방기술기획서 일반본



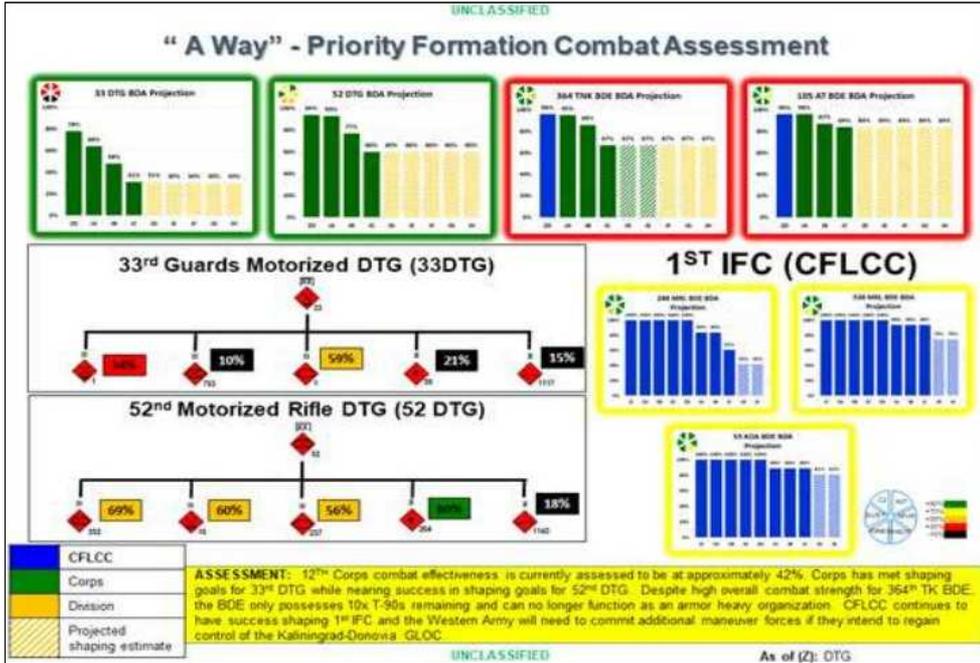
[그림 4-6] ATCIS Add-on 방식<sup>103)</sup>

#### 나) 2단계: 결심지원 구조

Add-on 단계가 탐지 및 식별 정보를 자동 입력하는 체계를 중심으로 발전했다면, 다음 단계는 AI가 직접 지휘결심에 기여하는 결심지원 구조이다. 이 단계에서 AI는 사거리, 탄종, 기상, 잔여 탄약량, 표적의 이동, 주변 아군 위치 등을 종합 분석해 최적의 화력 자산을 제시한다. 이는 미군의 FIRESTORM과 유사한 방식으로 센서 데이터를 통합·분석해 표적과 사격자산을 자동 매칭하는 기능을 수행한다. 동시다발적 표적 상황에서는 AI가 전술적 가치, 예상 효과, 부수적 피해 등을 계산해 우선순위를 자동 산출하고, 지휘관은 이를 바탕으로 신속한 결심을 내릴 수 있다.

예를 들어, Field Artillery Professional Bulletin에 소개된 “Enhancing Tactical Level Targeting with AI”는 AI 기반 전술 표적처리 체계가 처리 시간을 평균 70%까지 단축시켜, 속도 향상이 전술적 결심에 유의미한 영향을 준다고 지적한다. [그림 4-7]은 이러한 AI 기반 표적 피해평가(BDA) 데이터가 어떻게 시각화되어 결심 속도를 향상시키는지를 예시적으로 보여준다.

103) <https://funzin.co.kr/business/iot> (검색일: 2025. 9. 30.)



[그림 4-7] 표적 피해평가(BDA) 데이터 가시화(예)104)

결심지원의 핵심은 AI를 단순한 보조 도구로 쓰는 것이 아니라, 결정 과정에 실질적으로 참여시키되 최종 책임은 사람이 갖는 구조를 유지하는 데 있다. 예컨대 AI는 “① 1순위 표적: 300mm 방사포, ② 권장 자산: K239, ③ 예상 교전 시간: 30초”와 같은 대안을 제시하고, 지휘관은 위협범위, 성공확률, 부수적 피해 등 판단 근거를 검토해 결심을 확정한다. 이 단계의 중심에는 설명 가능한 AI(XAI)와 모델 관리 플랫폼(MLOps)이 있으며, XAI는 판단 근거를 시각적으로 제시해 신뢰를 높이고, MLOps는 모델 버전, 학습 데이터, 성능 변화를 체계적으로 관리하며 안정성을 보장한다. 또한 분석 결과가 실시간으로 지휘소에 전달되기 위해서는 전술 데이터링크의 고도화가 필수적이다.

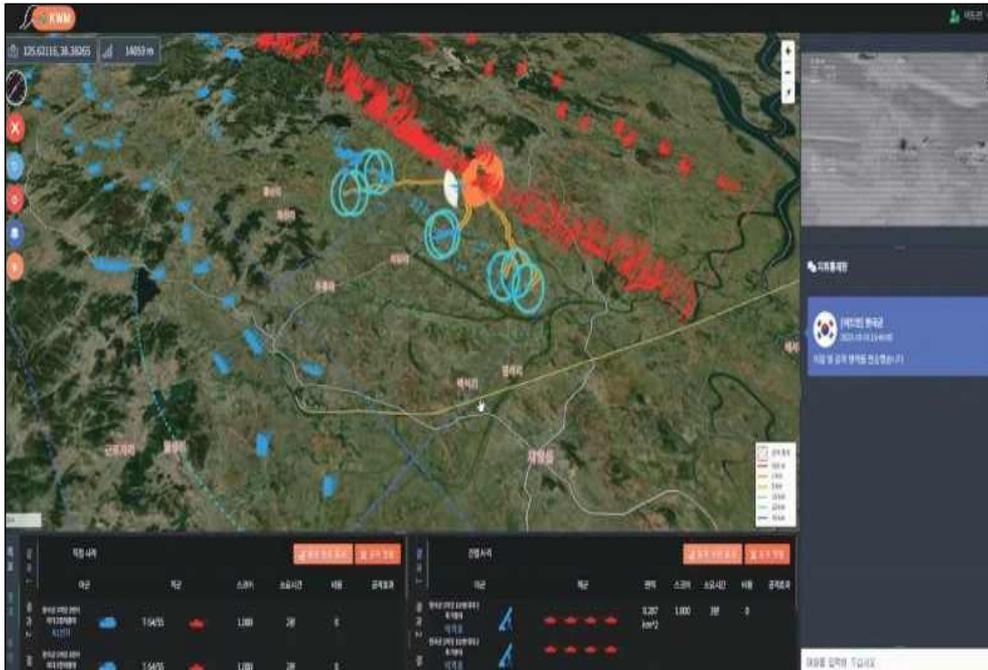
[표 4-3]은 이러한 결심지원 구조를 가능하게 하는 핵심 기술(센서 융합, 표적 분류 알고리즘, 부수적 피해 예측, XAI, MLOps, 전술 데이터 연동 기술)을 체계적으로 정리한 것으로, 결심지원 단계가 어떤 기술 기반 위에서 작동하는지를 설명하는 참고 자료이다. [그림 4-8]은 이러한 핵심 기술들이 실제 결심지원 절차 내에서 어떻게 상호 연동하는지를 시각적으로 보여주는 도식으로 AI의

104) U.S.Army

표적 분석-우선순위 산출-지휘관 승인-사격 명령에 이르는 흐름을 명확히 제시한다.

[표 4-3] 2단계 핵심기술<sup>105)</sup>

핵심기술	기능	주요 성능지표 (예시)	구현 핵심요소
지능형 결심지원 + XAI	• AI 판단 근거 시각화로 지휘관 신뢰 확보	• 결심시간 단축 $\geq 0\%$ , 신뢰도(0~1) 표기	• 설명가능 강화학습, HMI 시각화 모듈
AI 모델관리· 거버넌스(MLOps)	• 모델 버전·데이터·성능 통합 관리 및 자동 검증	• 드리프트 탐지 $\geq 0\%$ , 버전 추적 $0\%$	• 모델서명, 무결성 검증, 자동 배포 체계
전술데이터링크 (TDL) 고도화	• 센서-AI-사격 간 실시간 우선전송 보장	• RTT $\leq 0ms$ , 손실률 $\leq 0\%$	• QoS 라우팅, 멀티경로 Mesh, KVMF 호환
HMI 및 결심로그 저장	• 결심 근거와 대안을 기록· 검증 가능하도록 지원	• 로그 완전성 $\geq 0\%$	• 결심 데이터베이스, 법적 검증 기록 모듈



[그림 4-8] 최적 무기 / 방책 추천 AI 참모<sup>106)</sup>

105) '25-39 국방기술기획서 일반본

106) <https://funzin.co.kr/business/iot>(검색일: 2025. 9. 30.)

### 다) 3단계: Kill Web 기반 완전 자동화

AI 화력운용체계의 최종 단계는 Kill Web 기반의 완전 자동화다. 이 단계는 전술급 분산형 Edge AI와 자율형 지휘통제 구조가 결합되어 센서에서 타격체계까지 실시간으로 자동 연동된다. UAV, 무인차량, 레이더 등에 탑재된 Edge AI는 현장에서 데이터를 즉시 처리해 상황을 판단하며, 중앙집권적 의사결정으로 인한 네트워크 지연을 최소화해 전술 제대의 신속한 결심과 타격을 가능하게 한다. 예를 들어 UAV가 적 장사정보를 탐지하면 좌표와 신뢰도 지표가 자동 산출되고, 가장 적합한 사격 자산에게 임무가 즉시 배정되며 필요시 사격 명령까지 연동될 수 있다. 이러한 운영 개념은 미군의 CJADC2가 추구하는 ‘시간 우세(Time Advantage)’와 동일한 목표를 지닌다[72].

완전 자동화 단계에서는 명령 전달을 넘어 작전적, 법적 제약을 고려한 판단 수행 능력이 요구된다. 사격 전 AI는 표적 주변 민간시설, 아군 위치, 지형, 기상요소 등을 교차 점검해 부수적 피해를 예측하고, 필요시 제한사격이나 사격 보류를 권고한다. 이를 위해 고도의 상황인식과 설명 가능성(XAI), 결심 과정의 기록 및 검증 기능이 필수이며, AI 권고에 대한 책임 추적이 가능해야 한다.

다수 표적 동시 대응 능력은 분산형 AI 네트워크와 MUM-T 체계의 협업을 통해 실현된다. 유·무인 자산은 공통 임무 인터페이스로 분산된 임무를 수행하며, 임무 실패나 교란 발생 시 실시간 재계획을 통해 자원을 재배치한다. 이 과정에서 전자전·사이버 공격 등 비정상적 환경에서도 임무를 지속할 수 있는 강건성(resilience)<sup>107)</sup>이 요구되며, 입력 데이터 이상을 자율적으로 탐지하고 통신 단절 상황에서도 지역 단위 판단과 복원을 수행하는 Resilient AI가 핵심 기반으로 요구된다. [표 4-4]는 이러한 완전 자동화 단계에서 요구되는 핵심 기술(Edge AI, Resilient AI<sup>108)</sup>, 자율 교전 알고리즘, 분산 인공지능 아키텍처, 다중센서 융합, 법·윤리 기반 결심지원)의 정의를 정리하여 기술적 요건을 체계적으로 제시한다.

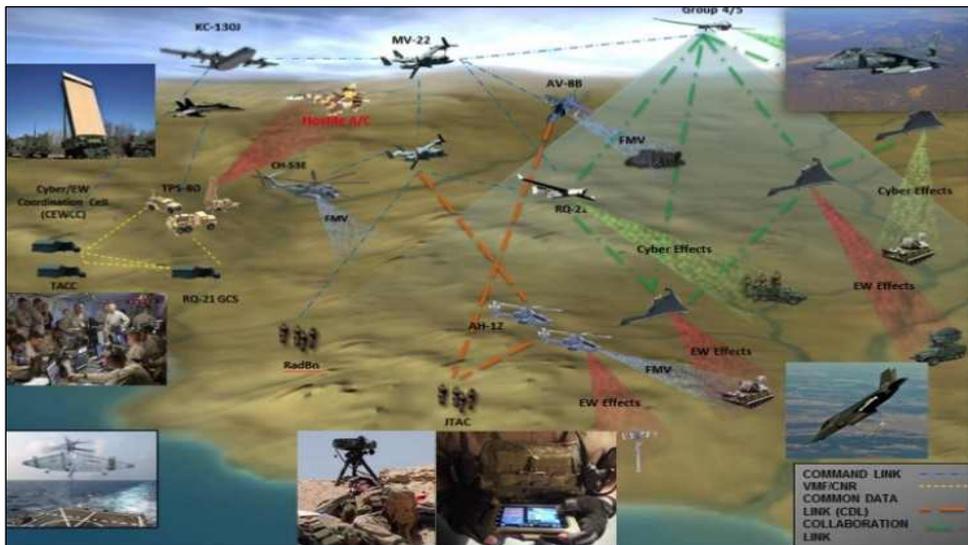
107) 강건성(resilience): 시스템이 전자전, 사이버 공격, 통신 두절, GPS 교란 등 비정상적 전장 환경에서도 기능을 유지하거나 신속히 복구하는 능력이다.

108) Resilient AI는 교란·공격 상황에서도 오판을 최소화하고 체계의 임무 지속성과 신뢰성을 유지하는 핵심 기술로서, Kill Web 기반 자동화 체계의 안정성을 보장한다.

[표 4-4] 3단계 핵심기술<sup>109)</sup>

핵심기술	기능	주요 성능지표 (예시)	구현 핵심요소
Resilient AI / 예측정비	• 전자전·사이버 공격 시 자율 복원·임무 지속	• 오작동 ≤ 0%, 복구 ≤ 0s	• 적대공격 방어, Fail-safe 전환, 예측 정비 알고리즘
MUM-T 자율협업 AI	• 유·무인 자산 간 임무분담·재계획 자율 운용	• 임무성공 ≥ 0%, 재계획 ≤ 0s	• 분산 강화학습, 공통 임무 API
디지털 트윈 기반 검증·시험평가	• LVC 가상전장 시뮬레이션으로 통합시험 수행	• 검증 커버리지 ≥ 0%	• 고정밀 시뮬레이터, 자동화 시나리오
AI 거버넌스 및 ROE 연동	• 자율결정의 법적 정합성·책임 추적 체계화	• 책임추적 0%, 로그 자동저장	• 결심 추적 DB, 법·윤리 모듈 내장

또한 [그림 4-9]는 Kill Web 기반 완전 자동화 체계의 작동 구조를 시각적으로 나타낸 것으로, 센서 탐지-AI 판단-자산 자동 배분-사격 실행-전장 상황 반영의 순환 구조가 어떻게 실시간으로 폐쇄 루프 형태로 구현되는지를 구체적으로 보여준다. 이는 완전 자동화 단계에서 기술, 지휘통제, 전술 운용이 통합된 구조를 이해하는 데 중요한 개념적 도식이다.

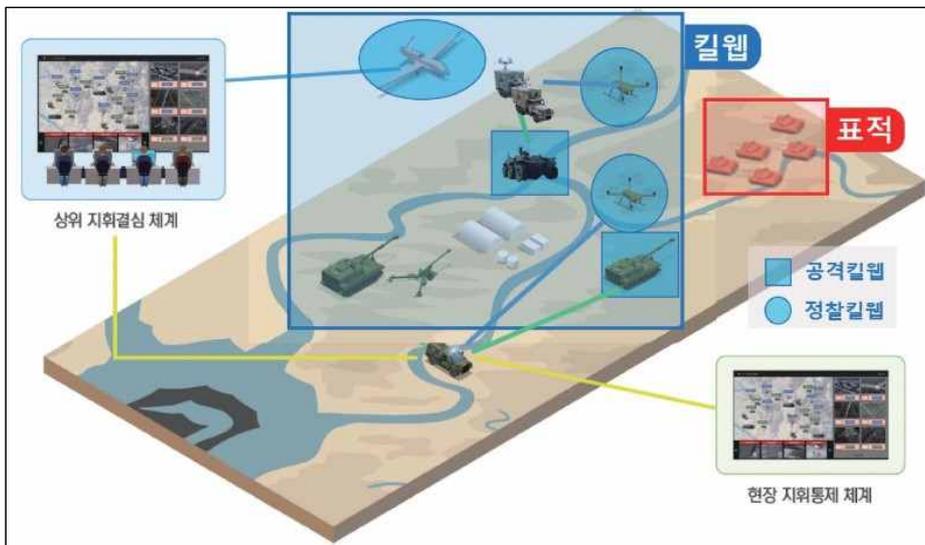


[그림 4-9] Kill Web 개념도: 센서·사격·EW 통합<sup>110)</sup>

109) '25-'39 국방기술기획서 일반본

110) Laird, R. (2016, 3. 18.). The Deputy Commandant of Aviation Down Under: Plan Jericho Marine Corps Style. SLInfo.

Kill Web 전력화는 기술적 완성만으로는 불충분하다. 분산형 자율결정의 법적·윤리적 수용을 위해서는 AI 거버넌스, 교전규칙과의 연동, 인간 통제권의 명확화가 함께 추진되어야 한다. 설명 가능성, 검증성, 책임성은 시스템 아키텍처 전반에 내장되어야 하며, 이러한 요소가 결합될 때 Kill Web은 TIGER Army 4.0 및 한국형 JADC2와 연동되어 실전에서 실질적 전투효과를 발휘하는 전략적 전장관리 모델로 자리 잡을 수 있다. [그림 4-10]은 이러한 Kill Web 전력화의 제도, 기술, 지휘통제 요건이 어떻게 통합되어야 하는지를 구조적으로 제시한 도식으로 Human-on/off-the-loop, AI 거버넌스, 윤리·법적 기준, 자동화된 결심 흐름이 단일 체계로 결합되는 과정을 시각적으로 보여준다.



[그림 4-10] Kill Web Matching 운용개념<sup>111)</sup>

## 2) 발전방안

AI 화력운용체계 전력화의 핵심은 기술 성숙도의 단계적 제고다. 현재 한국군의 AI 응용 기술 상당수는 여전히 TRL 3~4(실험실 수준)에 머물러 있고, 제한된 데이터셋이 우수하여도 실제 전장 환경의 전자전, 재머, 기상 등 변수에는 불안정할 수 있다. 따라서 실험실-시범환경-야전시험-실전운용으로

111) <https://funzin.co.kr/business/iot>(검색일: 2025. 9. 30.)

이어지는 단계별로 검증하는 절차가 필요하다.

미 국방부는 Project Maven을 통해 UAV 영상에서 인원, 장비, 차량 등 객체를 자동으로 탐지 및 식별하는 AI 알고리즘을 개발하였다. 이 프로젝트는 초기 실험적 접근을 넘어, 실제 전장 지역에서 수집한 Full Motion Video (FMV)<sup>112)</sup>를 반복 학습용 데이터로 활용해 AI의 실전 적합성을 크게 높였다[73].

한국군은 실험실 수준의 AI 모듈을 신속히 TRL 5~6까지 끌어올려 모의 전장 환경에서 성능을 확인하고, TRL 7~8 단계에서는 제한적 야전 배치를 통해 운용 신뢰성을 확보해야 한다. 최종적으로 TRL 9에 도달해야 실질적 전력화가 가능하다. 이를 위해 각 단계별 평가 기준을 명확히 해야 한다. 단순 탐지 정확도를 넘어서 오인식률, 통신 지연, 네트워크 단절 시 복원력, 사이버 대응 능력까지 종합적으로 다뤄야 한다. 이를 위해 국방과학연구소, 국방기술진흥연구소와 민간 AI 기업의 긴밀한 협력이 필수다.

기술 검증은 구체적인 전력 소요제기와 연계되어야 한다. [표 4-5]에서 보듯이 군은 다섯 가지의 핵심 기술군을 중점 확보해야 하며, 이 기술은 탐지, 결심, 타격의 전 과정을 유기적으로 연결하는 핵심 생태계를 구성한다[4].

[표 4-5] AI 화력운용체계 전력화를 위한 핵심 기술군

핵심기술군	기술 개요 및 운용 효과
Edge AI 및 분산 연산 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서에서 직접 연산하여 전송 지연을 최소화하고, 통신 두절 시에도 자율 판단을 통해 임무 지속이 가능해야 함.</li> <li>→ 전장 대응속도 향상 및 독립 운용성 확보</li> </ul>
XAI 및 MLOps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 판단 근거를 시각화하여 지휘관 신뢰성 확보(XAI), 모델 버전·학습 데이터·성능 통합 관리(MLOps).</li> <li>→ 투명한 결심지원과 모델 일관성 확보</li> </ul>
Resilient AI (강건형 AI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전자전·사이버 공격·데이터 손상 등 비정상 환경에서 오류를 감지 및 복원하여 체계 기능을 유지.</li> <li>→ 체계 생존성과 작전 지속성 강화</li> </ul>
멀티모달 센서 융합 및 데이터 파이프라인 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EO/IR·SAR·SIGINT 등 이기종 센서 데이터를 실시간 표준화하여 정확한 표적정보를 산출.</li> <li>→ 정밀 표적 식별 및 센서 통합 운용 기반 확립</li> </ul>
디지털 트윈 기반 AI 검증·시험평가 체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가상전장(LVC) 환경에서 알고리즘 성능과 신뢰성을 검증하여 실전 적용 위험 최소화.</li> <li>→ 전력화 이전 단계의 신뢰성 확보</li> </ul>

112) Full Motion Video(FMV): 항공기·UAV 등에서 실시간으로 전송되는 연속 영상 스트림으로 위치, 시간, 센서 메타데이터가 함께 붙어 상황인식, 지휘결심 지원에 쓰인다.

따라서 단순 연구 과제가 아니라 실전 전투효과를 좌우하는 전력소요 항목으로 인식하여 중·장기 핵심소요로 반영하고, 국방과학연구소, 국방기술진흥연구소, 민간 연구기관과의 협업체계를 통해 통합적 개발·검증을 추진해야 한다.

전력화 추진은 단계적 시범사업부터 시작해야 한다. 초기 시범사업 단계에서는 제한된 부대·장비에 AI 모듈을 설치해 운용 가능성을 검증(예: UAV, 드론, 포병대대, 지휘소)하고, 실험훈련 단계에서는 과학화전투훈련단, 도시작전 훈련장 등 통제된 복합 환경에서 다중 센서 및 화력자산의 동시 운용을 통해 효과와 한계를 검증한다. 이 과정은 [그림 4-11]에서 보듯이 미군 GIDE 프로그램과 유사하게 합동작전 환경에서 AI 결심지원체계의 통합 효과를 시험하는 데 초점을 둔다[74].



[그림 4-11] GIDE 운용<sup>113)</sup>

마지막으로 대규모 확산 적용 단계에서는 육·해·공군 및 해병대 등 전군 단위로 AI 화력운용체계를 확대 적용한다. 이 단계는 합동 및 연합 작전환경을 고려하여 상호운용성을 보장해야 하며, 단순 무기 성능개선이 아닌 작전개념 자체의 혁신으로 이어져야 한다.

AI 기반 화력운용체계는 초기 단계에서 가시적 성과를 내기 어렵다. 알고리즘 학습과 데이터 축적, 시험평가에는 수년간의 투자가 필요해 단기적으로는 기존

113) <https://www.af.mil/News/Features/Article/2703548/norad-usnorthcom-lead-3rd-global-information-dominance-experiment/>(검색일: 2025. 8. 20.)

무기체계보다 “효과가 보이지 않는 사업”으로 인식될 수 있다. 따라서 국방 예산 편성시 전통적 무기체계와 AI 기반 지휘 및 화력체계 간 균형을 신중히 조정해야 한다. 특히 북한의 장사정포, 단거리 탄도미사일, 무인기 등은 단일 자산으로 대응하기 어려워 장기적 관점에서 AI 기반 분산형 화력운용체계가 비용 대비 효율성 측면에서 우위를 가진다. 이에 따라 국방부는 AI 체계의 개발 및 운용을 중장기 핵심 우선 사업으로 지정하고, 단계적으로 예산 확대를 통해 체계적 전력화를 추진해야 한다.

합동·연합작전에서는 상호운용성이 필수다. 현재 한국군은 KVMF를 통해 데이터 교환을 수행하고 있으나, 연합작전에서는 Link-16, VMF, J-series 메시지<sup>114)</sup> 등 다양한 표준으로 혼용된다. 한국형 AI 기반 화력운용체계는 연합 표준과의 호환성 확보를 전제로 설계되어야 한다. 중·장기적으로는 NATO 및 미군의 데이터 표준과의 상호운용성을 달성해야 하며, 기술적 호환을 넘어, 연합작전에서 AI 결심지원 결과를 상호 및 교차 검증할 수 있는 운영체계를 마련해야 한다.

AI 화력운용체계의 성공적 전력화는 기술만으로 달성되지 않는다. 무엇보다 지휘문화의 혁신이 병행되지 않으면 실전 운용에서 효과를 거두기 어렵다. 기존 중앙집권형 결심구조에서 벗어나 AI 결심지원을 토대로 한 임무형 지휘결심 체계의 전환이 요구된다. 상급부대는 목표와 방향을 제시하고, 세부 결심과 실행은 예하 지휘관과 AI가 전담한다. 지휘관은 AI 결심안에 대한 검증·보완 권한을 유지하되, 자동화의 속도와 정확성을 적극 활용한다.

결론적으로 AI 화력운용체계는 단순한 기술 보조가 아닌 전장 패러다임의 바꾸는 전력 요소이다. 성공적인 전력화를 위해서는 기술 성숙도 향상, 단계적 시범사업, 연합 표준과의 상호운용성 확보, 지휘문화 혁신과 더불어, 핵심기술 중심의 명확한 소요 제안과 정책적 투자 의지가 함께 뒷받침되어야 한다.

---

114) J-series Messages: 미군과 NATO가 사용하는 Link-16 전술데이터링크의 표준화된 메시지 형식으로, MIL-STD-6016 및 STANAG 5516에 정의되어 있다. 각 메시지는 기능에 따라 J3(위치보고), J4(상태보고), J9(지휘명령) 등으로 구분되며, 연합작전 시 공통 데이터 교환 규격으로 활용된다.

## 제 5 장 결 론

본 연구는 AI 기반 화력운용통제체계의 개념을 정립하고, 이를 육군 Army TIGER 화력운용체계 관점에서 사단급 이하 전술 제대에서 적용 가능한 기술적·작전적 방향을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 AI 기반 지휘 통제체계와 Sensor to Shooter의 핵심 구성 요소를 분석하고, ATCIS와 BTCS 등 한국군 현행 지휘통제체계의 구조적·절차적 한계를 검토하였다. 나아가 우크라이나의 GIS Arta, 미국의 TITAN, 이스라엘의 Fire Weaver 사례를 분석함으로써 실시간 표적획득과 자동화된 결심지원, 분산형 지휘통제, 데이터 융합 기반 타격 연계 등 AI 기반 체계가 공통적으로 갖는 특성과 작전 효과를 도출하였다. 이러한 분석결과를 기반으로, 한국군이 향후 구축해야 할 AI 기반 화력운용통제체계의 발전 방향을 제시하였다.

분석 결과, AI를 활용한 화력운용체계는 기존의 지휘·통제 절차를 단순히 자동화하는 수준을 넘어, 정보의 흐름과 결심 구조를 근본적으로 재설계하는 방향으로 발전하고 있음을 확인하였다. 특히 센서 - 지휘소 - 타격자산 간의 연결을 실시간으로 최적화하는 AI 기반 결심지원체계는 전장 시간축을 단축시키고, 다중 위협 환경에서의 대응 속도와 정확도를 크게 향상시키는 것으로 나타났다. 또한 해외 사례는 전력 구조나 교리와 관계없이 공통적으로 데이터 융합, 알고리즘 기반 우선순위 결정, 자동화된 사격 연계 기능을 핵심 요소로 발전시키고 있음을 보여주었다.

이와 같은 특성은 Army TIGER 화력운용체계의 향후 발전 방향을 구체화하는 데 중요한 시사점을 제공한다. Army TIGER는 이미 TICN, KVMF, ATCIS, BTCS 등 네트워크 기반 전장관리 인프라를 갖추고 있어 AI 기반 결심 지원 기능을 통합할 수 있는 구조적 기반을 확보하고 있다. 그러나 현재의 Army TIGER 화력운용체계는 여전히 사람 중심의 단계적 절차에 의존하고 있으며, 실시간 표적 처리와 다수 표적 동시 대응 측면에서는 한계를 보인다. 따라서 Army TIGER는 기존 체계를 전면 대체하기보다, AI 기반 표적 처리 및 우선 순위 산정, 자산 배분 기능을 단계적으로 결합하는 방향으로 발전하는 것이

현실적이며 효과적인 접근이라 판단된다.

그럼에도 본 연구는 몇 가지 한계를 지닌다. 첫째, AI 기반 화력운용통제 체계는 아직 한국군에서 실전적으로 운용된 사례가 없기 때문에, 본 연구는 해외 공개자료와 이론적 고찰에 기반하여 분석을 수행하였다. 이에 따라 실증 자료 기반의 평가가 이루어지지 못하였다. 둘째, ATCIS와 BTCIS의 향후 발전 방향과 Army TIGER 및 한국형 JADC2 구축 과정은 조직·예산·기술 여건에 따라 변동 가능성이 크며, 본 연구의 일부 전망은 이러한 불확실성을 내포한다. 셋째, GIS Arta, TITAN, Fire Weaver 등 해외 체계는 기밀성이 높아 공개 정보에 한계가 존재하며, 본 연구가 제시한 분석 역시 공개된 범위 안에서만 수행될 수밖에 없었다. 넷째, AI와 자율성 기술은 빠르게 변화하는 특성상, 본 연구에서 도출한 분석과 적용 가능성은 기술 발전 속도에 따라 수정이 필요할 수 있다. 마지막으로, 한국군 적용방안은 조직·제도적 요인을 충분히 반영하기 위해 더 심층적인 실증 연구와 현장 기반 검증이 필요하다.

이러한 한계에도 불구하고, 본 연구는 AI 기반 화력운용통제체계의 개념적 구조를 정립하고, 해외 사례 분석을 통해 도출된 핵심 특징을 바탕으로 한국군의 발전 방향을 제시하였다는 점에서 의의를 갖는다. 특히 AI 기반 결심지원, 데이터 융합 구조, 실시간 타격 연계의 중요성을 강조함으로써, 한국군이 향후 지휘통제체계를 구축하는 과정에서 고려해야 할 기초적 기준을 제시하였다. 본 연구가 제시한 분석과 시사점은 한국군 화력운용체계의 미래 발전 방향을 탐색하는 데 유용한 기반이 될 것이며, 향후 실증 연구와 기술 기반 검증을 통해 보다 구체적인 발전 전략으로 확장될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

### 1. 국내문헌

- [1] 조상근, Zhytko, A., 김기원, 손인근, 박상혁. (2023). 군사혁신(RMA) 측면에서 바라본 우크라이나군의 지능화 전투사례 연구. 『로봇학회 논문지』, 18(3), 308-315.
- [2] 김동영, & 이수현. (2024). 복잡한 환경에서의 군용 표적 탐지를 위한 YOLO 및 트랜스포머 기반 AI 모델의 적용. 『국방기술연구』, 28(3), 100-115.
- [3] 김진형, 박지훈, 조정은. (2023). 『무기를 넘어선 인공지능: 군사 분야에서의 AI 적용과 영향』. 서울: 과학기술정책연구원.
- [4] 국방기술진흥연구소. (2024). 『국방기술기획서: 2025~2039 국방기술기획 로드맵(총서)』. 서울: 국방기술진흥연구소.
- [5] 조상근, 신의철, 김준우, 김인찬, 김기원, 박상혁 (2023). 유·무인 복합 체계의 함정 탐지 능력 향상 연구. 『국방과 첨단기술』, 12(3), 45-58.
- [6] 정기석. (2025). 유·무인 복합전투체계 화력운용 발전방안: 최근 전쟁·분쟁의 화력운용 사례를 중심으로. 한성대학교 국방과학대학원 석사학위논문.
- [7] 구은희. (2024). 미군의 JADC2에서 AI의 군사적 운용과 한계. 국방대학교 석사학위논문.
- [8] 김중희, 최영찬. (2023). 한국군 합동전영역지휘통제(JADC2) 전략: 미 JADC2 전략 분석을 중심으로. 『한국군사학논집』, 79(3), 197-230.
- [9] 김동일. (2024). 국방기술 한국형 합동 전 영역 지휘통제체계(JADC2) 구축, 무엇을 준비해야 하는가?. 『국방과 기술』, (547), 118-131.
- [10] 김동일. (2025). JADC2(합동 전 영역 지휘·통제) 추진이 미군에 미치는 영향과 시사점. 『국방과 기술』, (551), 70-81.
- [11] 안병준, 조수연. (2019). 육군의 Army TIGER 시스템 4.0 환경 지휘통제 통신체계 발전방안 연구(I). 『국방과 기술』, (479), 76-83.
- [12] 안병준, 조수연. (2019). 육군의 Army TIGER 시스템 4.0 환경 지휘통제 통신체계 발전방안 연구(II). 『국방과 기술』, (480), 92-97.

- [13] 윤영삼, 유동훈, 김현호. (2024). 지상무기효과분석모델(AWAM)을 활용한 Army TIGER 대대급 전투효과 분석연구. 『한국산학기술학회 논문지』, 25(5), 413-421.
- [14] 김성표, 박삼준, 유이주, 정다현. (2025). 거대언어모델(LLM)을 활용한 전장 지능화 방향. 『한국통신학회지(정보와통신)』, 42(4), 32-45.
- [15] 임석민. (2021). 합동성 및 상호운용성 확보를 위한 연동통제 및 표준 메시지에 대한 고찰. 『한국국방기술학회 논문지』, 3(1), 7-10.
- [16] 김수립, 나승학. (2021). AI 기반 지휘결심 지원체계 구축 방향에 관한 연구 -기술적 한계와 환경적 한계를 중심으로. 『안보군사학연구』, 18(2), 120-152.
- [17] 안명환, 지재경, 조현호, 신철수, 박영우, 이특수, 김태영. (2010). 대대급 화력(포병 부대)의 지휘통제(C2)를 위한 전술적 사격지휘 자동화 절차. 『한국통신학회논문지』, 35(11), 1738-1747.
- [18] 한국산업연구원. (2023). 『우크라이나 전쟁과 드론, 한국 산업에 대한 시사점』, 서울: 한국산업연구원.
- [19] 도웅준, 이기성, 박현만. (2021). 알고리즘전을 향한 경쟁: 중국의 체계 대항과 미국의 시스템전 분석, 『전략연구』, 84(3), 50-60.

## 2. 국외문헌

- [20] Watling, J., & Reynolds, N. (2022). Ukraine at War: Paving the Road from Survival to Victory. London: Royal United Services Institute.
- [21] IDST. (2024). AI in warfare: Israel's integration of advanced military technologies in conflict and its legal and ethical implications. Tel Aviv: Institute for Defense and Strategic Technologies.
- [22] Gilpin, L. H., Paley, A. R., Alam, M. A., Spurlock, S., Hammond, K. J., Por, J. (2022). Explanation is not a technical term: The problem of ambiguity in XAI. Proceedings of the ACM Conference on Intelligent User Interfaces, 123-135.

- [23] Karathanasis, T. (2025). AI-Enabled LAWS: From the Target Recognition Principle to Adaptive Legal Reviews. SSRN Working Paper Series.
- [24] Cotton, S. (2023). Understanding North Korea's Missile Tests. Monterey, CA: James Martin Center for Nonproliferation Studies, Nuclear Threat Initiative.
- [25] Center for Strategic and International Studies. (2024). KN-25: Missile Threat. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies.
- [26] Korea JoongAng Daily. (2023). Military admits North Korean drone got near president's office. Seoul: Korea JoongAng Daily.
- [27] U.S. Army PEO IEW&S. (2024). Army Tactical Intelligence Targeting Access Node (TITAN) Ground Station Prototype Award. Aberdeen Proving Ground, MD: U.S. Army.
- [28] Watling, J., Reynolds, N. (2024). Tactical Lessons from Israel Defense Forces Operations in Gaza, 2023. London: Royal United Services Institute.
- [29] Department of Defense. (2022). Summary of the Joint All-Domain Command and Control (JADC2) Strategy. Washington, D.C.: U.S. Department of Defense.
- [30] Schmitt, M. N. (2024). The Gospel, Lavender, and the Law of Armed Conflict. West Point, NY: Lieber Institute at West Point.
- [31] Davies, H., McKernan, B., Sabbagh, D. (2024). Israel used AI to identify Hamas targets. London: The Guardian.
- [32] UNIDIR. (2023). Artificial Intelligence Beyond Weapons: Interrogating the Role of AI in Military Decision Making. Geneva: United Nations Institute for Disarmament Research.
- [33] Defense Advanced Research Projects Agency. (n.d.). Explainable Artificial Intelligence (XAI). Arlington, VA: Defense Advanced Research Projects Agency.
- [34] Freedberg, S. J., Jr. (2020). Target gone in 20 seconds: Army sensor-shooter test. Washington, D.C.: Breaking Defense.

- [35] U.S. Army Fires Center of Excellence. (2021). Artificial intelligence in fires: Special issue. Fort Sill, OK: Fires Bulletin.
- [36] U.S. Army. (2025). Predictive logistics: Reimagining sustainment on the 2040 battlefield. Washington, D.C.: Department of the Army.
- [37] U.S. Department of Defense, Director, Operational Test and Evaluation. (2024). Synthetic Training Environment Live Training Systems (STE-LTS). Washington, D.C.: U.S. Department of Defense.
- [38] Dang, Z., Sun, B., Li, C., Yuan, S., Huang, X., Zuo, Z. (2023). CA-LSTM: An improved LSTM trajectory prediction method based on infrared UAV target detection. *Electronics*, 12(19), 4081.
- [39] Gilpin, L. H., Testart, C., Fruchter, N., Adebayo, J. (2019). Explanations to Society. arXiv Working Paper.
- [40] U.S. Department of Defense. (2019). Artificial Intelligence for Military Decision Making (AD1083595). Fort Belvoir, VA: Defense Technical Information Center.
- [41] Frantzman, S. J. (2020). Israel finds an AI system to help fight in cities. Washington, D.C.: C4ISRNet.
- [42] Dickstein, C. (2021). At second Project Convergence, U.S. Army experiments with joint operations in the Arizona desert. Washington, D.C.: C4ISRNet.
- [43] Euro-SD. (2022). Sensor-to-shooter chains turn into kill webs. Munich: European Security & Defence.
- [44] Zikusoka, D. (2023). How Ukraine's Uber for artillery is leading the software war against Russia. Washington, D.C.: New America.
- [45] U.S. Army. (2025). Army Unified Network Plan 2.0. Washington, D.C.: Department of the Army.
- [46] Eshel, T. (2022). Sensor-to-shooter chains turn into kill webs. Munich: European Security & Defence.

- [47] U.S. Joint Chiefs of Staff. (2013). Joint Publication 2-0: Joint Intelligence. Washington, D.C.: Joint Chiefs of Staff.
- [48] Mazarr, M. J., Rhoads, C., Biousse, M., Casey, A., Doty, D., Li, S. (2019). The U.S. Department of Defense and Artificial Intelligence: The Strategy, Implementation, and Challenges. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- [49] Judson, J. (2020). The Army just conducted a massive test of its battlefield artificial intelligence in the desert. Washington, D.C.: C4ISRNet.
- [50] Ferguson, K. (2023). How Rainmaker, Prometheus, FIRESTORM, and SHOT AI algorithms enable the kill web. Milford, MA: Military Embedded Systems.
- [51] Gunning, D., Aha, D. W. (2019). DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program: A retrospective. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(1), 9577–9583.
- [52] Defense Innovation Unit. (2022). DIU FY2022 Year-in-Review. Mountain View, CA: Defense Innovation Unit.
- [53] U.S. Army. (n.d.). Development of the U.S. TITAN System and Artificial Intelligence. Washington, D.C.: U.S. Army.
- [54] Sprenger, S. (2022). Sensor-to-shooter chains turn into kill webs. Munich: European Security & Defence.
- [55] Gilpin, L. H., Bau, D., Zoran, B. (2019). Explaining explanations: An overview of interpretability of machine learning. Proceedings of the IEEE, 107(3), 43–61.
- [56] Wang, C. (2024). YOLOv8-based multimodal object detection for UAV applications. Sensors, 24(5), 1523.
- [57] Sun, Y. (2023). Fusion of EO/IR and SAR imagery using deep learning for target recognition. Remote Sensing, 15(12), 3105.
- [58] Johns Hopkins Applied Physics Laboratory. (2025). Wizard Warfare: Ukrainian Technological Developments Overview. Laurel, MD: Johns Hopkins Applied Physics Laboratory.

- [59] Sicular, S. (2024). Transforming tactical targeting: Unleashing the power of AI, ML and RPA through Project TITAN. *Field Artillery*, 2024(2).
- [60] Pap Tecnos. (2021). FIRE WEAVER: A Tactical Networked Sensor-to-Shooter Management System. Haifa: Pap Tecnos.
- [61] Shaw, J. (2024). Achieving Information Dominance in Military Applications through AI, Sensor Fusion, Networking, Precision Timing, and Advanced Computing. Trenton, NJ: Trenton Systems.
- [62] U.S. Army Field Artillery School. (2025). Project Convergence: Innovation in Large-Scale Combat Operations Targeting. Fort Sill, OK: U.S. Army Field Artillery School.
- [63] Ivanovic, B., Pavone, M. (2019). The Trajectron: Probabilistic multi-agent trajectory modeling with dynamic spatiotemporal graphs. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2556 – 2565.
- [64] Anduril Industries. (2023). Anduril and Aalyria Partner to Integrate Technologies to Enhance National Security Capabilities. Costa Mesa, CA: Anduril Industries.
- [65] Martin, D. (2025). AI in the military: Testing a new kind of air force. New York, NY: CBS News.
- [66] Rico, D. E., Jr. (2025). Project Convergence: Revolutionizing targeting in large-scale combat operations. *Field Artillery*, 2025(E-Edition).
- [67] Albon, C. (2022). Army developing TITAN system to improve sensor-to-shooter timeline. Washington, D.C.: Defense News.
- [68] Spanier, G. (2025). ChatIDF: The Israeli Army's new AI tools set to revolutionize decision-making on the battlefield. Tel Aviv: Haaretz.
- [69] Hoehn, J. R. (2022). Joint All-Domain Command and Control (JADC2): Overview and Challenges. Washington, D.C.: Congressional Research Service.

- [70] Kunkleman, K. B. (2024). Dynamic Front 22 artillery systems cooperation activities (ASCA). *Field Artillery*, 46–48.
- [71] Joint Air Power Competence Centre. (2021). *Human-On-the-Loop*. Kalkar: Joint Air Power Competence Centre.
- [72] Shultz, R. H., Clarke, R. A. (2020). *Big Data at War: Special Operations Forces, Project Maven, and Twenty-First Century Warfare*. West Point, NY: Modern War Institute at West Point.
- [73] NORAD and U.S. Northern Command. (2021). *NORAD and U.S. Northern Command Lead the Third Global Information Dominance Experiment (GIDE)*. Colorado Springs, CO: U.S. Northern Command Public Affairs.
- [74] Defense Advanced Research Projects Agency. (n.d.). *Resilient Synchronized Planning and Assessment for the Contested Environment (RSPACE)*. Arlington, VA: Defense Advanced Research Projects Agency.

# ABSTRACT

## Research on the Advancement of an AI-Based Fire Operations Control System: Focusing on the Army TIGER Fire Support Command and Control System

Kim, Mu-Sung

Major in Defence AI Convergence

Dept. of Defence Force Power

Graduate School of National Defense Science

Hansung University

This study aims to define the concept of an AI-enabled fire support command and control system and to derive operational and technical development directions applicable to tactical echelons at the division level and below. To this end, the core components and operating principles of AI-based command and control systems were examined through literature and theoretical analysis, and the structural and procedural limitations of current ROK Army fire support systems—such as ATCIS and BTCS—were identified. Additionally, three representative cases—Ukraine’s GIS Arta, the U.S. Army’s TITAN, and Israel’s Fire Weaver—were analyzed with respect to their Sensor-to-Shooter automation mechanisms, AI-based targeting and asset allocation methods, and real-time decision support procedures.

The findings indicate that AI-enabled fire support C2 systems can

automate and optimize the entire kill chain—detect, identify, decide, and strike—thereby eliminating temporal bottlenecks in current command procedures and significantly improving response speed and decision accuracy in multi-threat environments. In particular, real-time sensor fusion, algorithm-driven prioritization, intelligent targeting, and fire allocation functions were derived as key elements that the ROK Army must reinforce within its existing system architecture. The foreign cases demonstrate a shift from traditional command-post-centric structures toward distributed, data-centric mission command, suggesting a critical direction that should be considered in the development of a Korean-style JADC2 framework.

Accordingly, this study proposes technological and organizational tasks required for the ROK Army's transition to an AI-enabled fire support C2 system. The major tasks include integrating sensor-shooter-C2 linkages, establishing data processing standards, improving procedures for the application of AI-based decision-support algorithms, and developing automation systems scalable to small tactical units. These development measures provide foundational guidance for enabling the ROK Army to secure a rapid and precise strike capability in future operational environments.

However, the study has certain limitations: the ROK Army currently lacks real operational cases of AI-based fire support C2 employment; the analysis of foreign cases is constrained by publicly available sources; and the rapid evolution of AI technology introduces temporal variability to some findings. Nevertheless, the study is meaningful in that it systematizes the conceptual structure of AI-enabled fire support C2 systems and demonstrates their applicability to the ROK Army through international case analysis. Future research should expand toward empirically validated evaluations and technology performance assessments, ultimately developing a more concrete system-level advancement model.

**【Keywords】** AI-Enabled Fire Control and Coordination System, Army TIGER, Sensor to Shooter, Targeting, JADC2.