

Combat experiment analysis of common situational understanding operation and weapon recommendation performance in AI command decision support systems

Kim, Deukhwa* · Kim, Jeonghun** · Jun, Jihoon*** · Kim Jongoh**** ·
Yang, Hojin***** · Kim, Duho***** · Kang, Hanna*****

ABSTRACT

This study empirically examines the application of an AI-enabled decision support system for command and control by integrating AI-based weapon recommendation functions into the Common Operational Picture (COP) procedures of conventional C4I systems. The validation was conducted through battalion-level combat experiments under the Korean Army TIGER framework. The analysis focused on three key aspects: (1) a comparison between AI-generated recommendation time and the time required for human commanders to assess, decide, and issue orders across different target types; (2) a classification of adoption outcomes between AI-recommended weapons and actual fire commands into identical, similar, and non-identical categories; and (3) an evaluation of doctrinal consistency based on simplified tactical concepts (C1–C4) derived from METT-TC. The results indicate that in the initial decision-making phase following target input, human commanders required on average several hundred seconds, whereas the AI system generated recommendations within approximately 1–2 seconds, demonstrating significant time efficiency. Furthermore, AI-generated weapon recommendations showed a predominance of identical or similar adoption across multiple targets, and a high level of alignment was also observed in terms of tactical concept consistency. These findings suggest that AI-based recommendations maintain doctrinal coherence with predefined tactical criteria even under constrained conditions characterized by limited information and manually synchronized operational environments. To be end, our study reflects real-world operational constraints in which sensor and C4I data integration is not fully automated, and COP updates rely on manual input following staff verification and approval. By empirically analyzing AI-supported weapon recommendation and decision-making processes under such conditions, this research provides meaningful practical implications for the deployment of AI-driven decision support systems in operational military environments.

Keywords : command, control, communications, computers, and intelligence (C4I), common operational picture (COP), artificial intelligence based command decision support system, ai-based weapon recommendation, battalion-level combat experiment

* (First Author) Funzin, shirly@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0006-5197-1247>.

** (Co-Author) Funzin, Department of Defense Industry AI & Robot Convergence, Kwangwoon University, marc@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0005-2433-996X>.

*** (Co-Author) Funzin, Department of Defense AI & Robot Convergence, Kwangwoon University, jihoon.jun@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0003-4802-8942>.

**** (Co-Author) Funzin, Department of Defense AI & Robot Convergence, Kwangwoon University, john.jo.kim@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0003-4371-7116>.

***** (Co-Author) Funzin, atlas.hj.yang@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0008-6679-9771>.

***** (Co-Author) Funzin, mattew.dh.kim@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0007-2445-3249>.

***** (Corresponding author) Funzin, Department of Defense Industry AI & Robot Convergence, Kwangwoon University, hanna.kang@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0008-6421-7176>.

I. 서론

최근 전장 환경은 AI 기술을 적용한 무인 플랫폼과 센서 · 통신체계의 연계와 연동으로 전장 정보의 양 및 복잡성이 급격하게 증가하고 있다. 이런 다출처 정보가 동시다발적으로 유입되는 전술지휘체계(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, C4I) 환경의 변화로 인해 정보의 통합 · 분석 및 표적 처리를 통해 실시간으로 결심 지원을 제공하는 데 구조적 제약이 존재한다. 인간 지휘관과 참모는 전장의 변화 상황에 관한 정보의 분석, 판단, 결심 과정에서 인지적 부담이 높아지고, 판단 지연, 정보 누락, 결심 일관성 저하 등의 의사결정 관련 문제로 이어질 수 있다(Hindorf, Bäckström, Jonson, Jonsson, & Berggren, 2025; Zak, Parmet, & Oron-Gilad, 2023).¹⁾ 이런 점에서 현대전은 C2(Command & Control) 환경에서 전장 정보의 신속한 통합과 상황인식의 가시화를 지원할 수 있는 지휘결심체계가 중요하다(Chen, Guo, Ouyang, & Fang, 2025).

예를 들어 전투 상황에서 정찰드론을 통해 수집된 영상, 위치 · 좌표 및 관측 · 첩보 보고 등의 실시간 공통작전상황도(Common Operational Picture, COP)를 공유하고, 지휘관은 임무 완수를 위해 다출처 전장 정보를 토대로 제한된 시간 내에 상황을 인식하여 예하부대에 권한 · 지시 행사나 결심을 포함하는 지휘 통제에 관한 최적 의사결정을 수립해야 한다(Kim & Lee, 2024; Romei de Socio, Pozzato, & Merlo, 2026). 이런 전장관리의 지휘통제시스템은 C4I/COP의 상호운용성과 상황인식 지원(Jung & Lee, 2024)이 중요하며, 지휘 결심지원 측면에서 WTA 기반 무기할당 및 추천 알고리즘 설계가 필요하다. 그러나 선행연구는 주로 알고리즘의 계산 효율성과 최적화 성능에 초점을 두고 있어 실제 운용 환경에서 지휘결심 지원 가능성을 실증 분석한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 AI 지휘결심지원체계에서 AI 기반의 무기 추천의 실효성을 공학적 · 전술적 지표를 결합하여 실증적으로 분석하는 데 있다. 구체적으로 공학적 지표는 시간적 효율성(AI 무기 추천의 생성시간과 지휘관 판단 소요시간의 비교), 결심지원 활용도(AI 추천 결과와 실제 사격명령 간 채택 양상을 분석)로 검증하며, 전술적 지표는 교리적 정합성(표적 유형별 전술개념(C1~C4 기준)을 통해 검토한다.

II. 관련 연구

2.1 C4I 상호운용성과 COP 운용

C4I 체계는 지휘통제를 위한 정보 수집 · 가공 · 공유의 핵심으로 연합 · 합동 · 기관 간 다차원적

1) Dirks, C. M. (2025, March 20). Making decisions through data overload: It begins with commanders. Army Communicator. U.S. Army Line of Departure. <https://www.lineofdeparture.army.mil/Journals/Army-Communicator/Archive/Spring-2025/Decision-making-in-Data/>

상호운용성(interoperability)의 확보는 연합·합동의 작전효과에 직접적인 영향을 미친다(Paananen, 2026; Solli & Borrie, 2025). C4I 상호운용성은 COP의 화면 공유 수준을 넘어 기능과 훈련의 상호운용을 통합하는 연동이 중요해지고 있다. 최근 C2(Command & Control), ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 연구를 살펴보면, 공통작전상황도(Common Operational Picture, COP)를 전장 정보를 제공하는 시각적 산출물만이 아닌 다양한 ISR·네트워크·지휘통제 데이터와 융합하여 상황 인식과 의사결정을 매개하는 시스템으로 인식하고 있다(Tóth, 2025). 그래서 C4I 체계가 제공하는 COP를 통해 의사결정 이전 단계에서 아군·적군 위치, 작전 계획 등에 관한 단일하고 일관된 정보를 공유할 수 있어 효과적 협업에 필요한 분산 상황 인식(Situation Awareness, SA) 지원을 촉진할 수 있다(Steen-Tveit & Munkvold, 2021).

한편, 실제 운용 환경은 보안·체계 제약·절차적 요인으로 자동 연동이 제한되므로 COP 갱신 과정에서 수동 입력·수동 반영 절차가 병행된다. 그래서 COP 기반 결심지원의 효과 검증을 위한 설계·운용 조건은 정보 제공 여부가 아닌 정보의 선택·표현, 갱신 책임 및 역할·제대별 정보 요구(need-to-know)를 포함할 필요가 있다(Hwang & Yoon, 2020).

2.2 무기체계-표적 할당 및 최적화 기반 무기 추천

무기 추천은 전통적 무기체계-표적 할당(Weapon-Target Assignment, WTA)으로 제한된 자산을 활용하여 다수 표적의 효과적 할당을 추구하는 최적화 문제이다. 해당 문제 해결을 위한 최근 연구는 현실 전장 환경을 반영한 연구설계와 WTA의 확장성, 동적 재할당, 불확실성 대응, 제약 등을 통합적으로 고려하는 연구의 필요성을 제기하고 있다(Eom, Lee, & Kwon, 2025). 예를 들어, C2 의사결정 지원에서 실제 의사결정자의 요구를 반영하기 위해 자산 기반의 동적 할당 접근으로 동적 WTA를 Observe·Orient·Decide·Act(OODA 루프²⁾) 관점에서 모델링할 필요가 있다(Zhang, Zhou, Yang, Zhao, & Kong, 2020). 또한, 기존의 수리 최적화나 휴리스틱 관점에서 포인터 네트워크, 그래프 신경망, 트랜스포머, 다중에이전트 강화학습 등을 활용한 학습 기반 접근으로 확장하고 있다(Na, Ahn, & Moon, 2023; Wang, Wang, Xin, Wang, 2025).

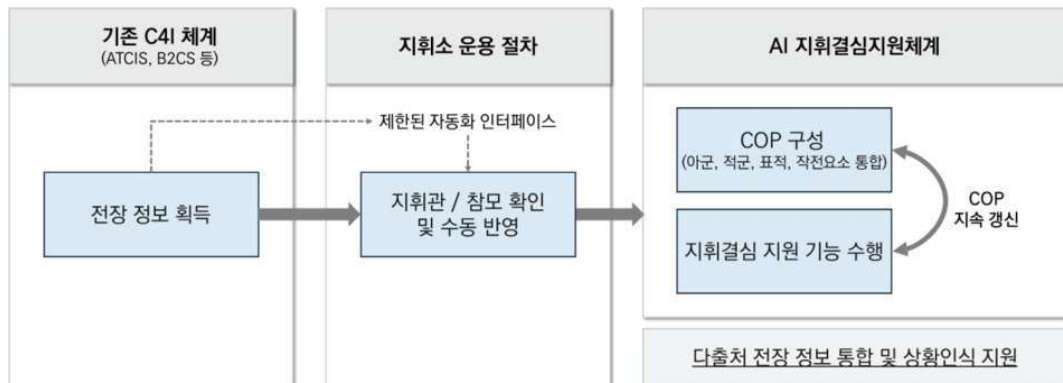
최근 무기 추천 관련 연구를 살펴보면, 주로 추천 알고리즘 성능 향상이나 현실 상황을 고려한 최적화에 초점을 두고 있다. 그러나 추천 결과의 제시 방식, 지휘관의 수용과 개입, 체계 연동 제약 및 설명가능성 등을 포함한 운용 환경 기반 검증이 상대적으로 제한적이다(Cheng, Su, Liu, & Chen, 2025; Oh et al., 2026). 이런 점에서 무기 추천의 후속 연구는 최적화 성능뿐 아니라 실제 운용 절차에서 C2 체계의 통합 가능성을 고려한 적용성을 평가하는 분석이 필요하며, 최근 AI 기반 의사결정 지원의 필요성을 반영하여 인간 의사결정자-AI 팀 협업의 상호작용 과정을 연구할 필요가 있다.

2) 관측·지향·결심·행동

III. 연구 방법

3.1 AI 지휘결심지원체계의 운영 설정

본 연구의 AI 지휘결심지원체계(Figure 1)는 기존 C4I 체계의 대체가 아닌 병행 운용을 설정하며, 구체적으로 운용 방식은 AI 지휘결심지원체계의 활용 가능성을 검증하기 위해 체계 간 인터페이스의 자동화 연계가 제한된 환경 조건을 적용한다. ATCIS(Army Tactical Command Information System), B2CS(Battalion Battle Command System) 등의 C4I 체계에서 획득된 상황 정보는 지휘소 운용 절차에 따라 정보 장교와 참모의 확인을 거쳐 AI 지휘결심지원체계에 수동으로 반영한다. 이 정보를 토대로 COP를 구성하여 지휘결심 지원 기능을 수행하고, COP는 다출처 전장 정보를 시간 · 공간적으로 통합하여 지휘관과 참모의 상황인식을 지원하기 위해 운영한다. 이에 본 연구는 전투실험에서 아군 · 적군 배치, 표적 위치, 주요 작전 요소를 COP 상에 통합 표시하였고, 수동 입력 기반 환경에서도 COP의 지속적인 갱신과 운용이 가능 여부를 검증한다.



〈Figure 1〉 Integration of AI-based command decision support into current C4I systems and current

3.2 전투실험 및 실험 시나리오 설계

본 연구는 AI 지휘결심지원체계의 활용을 검증하기 위해 지휘소 운용 절차와 연계하여 전투실험을 실시한다(Table 1). 이를 위해 대한민국 육군의 미래 전투체계 발전을 추구하는 군의 기동화 · 네트워크화 프로그램인 Army TIGER(A.T.) 대대급 전투실험 환경을 가정한다. 세부 실험 대상은 아미 타이거 체계에 관한 AI 기반 체계의 운용 개념과 절차를 숙지하고 선행기술을 적용한 지정 보병대대를 선정하여 총 3회(10/27, 10/30, 11/4) 참여하였다. 특히, 전투실험은 실제 전투 환경을 고려하여 쌍방 자유기동 운용 과정에서 AI 지휘결심지원체계를 적용하는 방식으로 수행되

었다. 반면, 기계화보병대대(기보대대)는 본 체계의 적용 대상 부대가 아니지만, 실험 과정에서 추가로 참여하였으며 아미 타이거 체계에 대한 사전 교육과 운용 준비 없이 실험에 임하였다.

〈Table 1〉 Experimental setup for simulation-based battle experimentation

Category	Setting
Environment	Set the Army TIGER battalion-level battlefield environment to an experimental scale at the KCTC training area
Devices	AI Command Decision Support System server, GPU server, etc
Interworking	Manual input and reflection based on C4I information procedures
Functioning	- COP operation - AI-based subordinate-unit recommendation [In-house Operational Experiment] Operation of unmanned platforms at the battalion level, including UAVs and UGVs [In-house Operational Experiment] Battalion-level RF signal collection [In-house Operational Experiment] Battalion-level MANET-based communication

본 연구의 실험 시나리오(Table 2)는 기존 지휘통제 체계와 AI 지휘결심지원체계가 병행 운용되는 상황에서 지휘관의 결심 과정에 기여 수준을 검증하기 위해 설계한다. 이를 검증하고자 대대급 전투 양상을 반영한 조건에서 AI 지휘결심지원체계의 적용성을 확인하기 위해 설정하였다. 구체적으로 대향군이 주방어지역 전방에서 방어 태세를 갖춘 상황에서 실험부대가 주방어지역 돌파를 위해 공격 대형을 전개하는 상황으로 구성하였다. 대향군은 보병 1개 대대(전투력 50%)를 중심으로 포병, 전차, 대전차 전력을 포함한 방어 전단으로 편성하였고, 실험부대는 아미 타이거 보병 1개 대대(전투력 90%)로 포병, 전차, 공병 전력을 포함한 공격 부대로 편성하였다.

〈Table 2〉 Configuration of Tactical scenarios in battle experimentation

Category	Opposing force	Friendly force(experimental unit)
Mission	Defense of the main defensive area	Mechanized attack to penetrate the main defensive area
Basic Assumption	One infantry battalion, centered on 50% of total combat power	One Army TIGER infantry battalion, centered on 90% of total combat power
Operational Forces	Infantry, tanks, and anti-tank weapons	Infantry, tanks, and engineers

3.3 AI 기반 무기 추천 기능의 정량화

본 연구의 전투실험에서 AI 지휘결심지원체계의 적용 가능성을 실증적으로 평가하기 위해 무기

추천의 점수화를 제안한다. 이를 통해 AI 기반 추천 결과는 실제 지휘결심 과정에서 활용 수준, 결심 속도 및 판단 효율성에 미치는 영향을 검증하는 데 활용한다. 특히, 본 연구에서 추천 결과는 결심의 최종 판단을 대체하는 기능이 아닌 참모 검토와 지휘관 판단의 정확성과 신속성을 지원하는 자료의 활용으로 가정한다. 그래서 이런 AI 기반 무기 추천 기능은 COP 상의 표적 정보와 가용 전력을 기반으로 지휘관이 결심하는 과정에서 참고 정보를 제공하는 역할로 운용될 수 있다.

AI 무기 추천은 복수의 무기 속성을 종합하여 규칙 기반 점수화 휴리스틱으로 수행되며, 추천 과정은 (1) 공격 가능 여부 판단, (2) 이동 점수 산출, (3) 사격 점수 산출, (4) 최종 점수 합산의 네 단계로 구성한다. 아군 무기체계의 공격력(A_{atk})이 적군의 방어력(E_{def})을 초과할 수 있는 경우를 추천 후보로 선정한다.

$$\text{공격 점수} = \begin{cases} 1,000 & (A_{atk} > E_{def} \text{인 경우}) \\ 0 & (\text{그외, 추천 제외}) \end{cases}$$

무기체계의 후보 선정 후에 아군과 적군 사이의 거리(d)가 사격 사거리(d_{range})에 포함되면 추가 이동 없이 즉각 사격할 수 있으므로 최대 이동점수를 부여한다. 사거리 밖이면 이동속도(v_{move})를 기반으로 이동 소요시간을 산출하여 이동점수를 감점 적용한다.

$$\text{이동 점수} = \begin{cases} S_{move,max} & (d < d_{range} \text{인 경우}) \\ S_{move,max} - f\left(\frac{d}{v_{move}}\right) & (d \geq d_{range}, v_{move} > 0) \\ 0 & (d \geq d_{range}, v_{move} = 0) \end{cases}$$

다음으로 사격 점수는 사격 준비시간(t_{prep})과 거리 · 탄속(v_{proj})을 반영한 비행시간을 합산하여 최대 사격점수($S_{fire,max}$)에서 차감하는 방식으로 산출한다.

$$\text{사격 점수} = S_{fire,max} - \left(2 \cdot t_{prep} + \frac{d}{v_{proj}}\right)$$

결과적으로 상기한 점수를 합산하여 최종 점수가 높은 무기체계를 우선 추천한다.

$$\text{최종 점수} = \text{공격 점수} + \text{이동 점수} + \text{사격 점수}$$

각 기호의 의미는 Table 3과 같다.

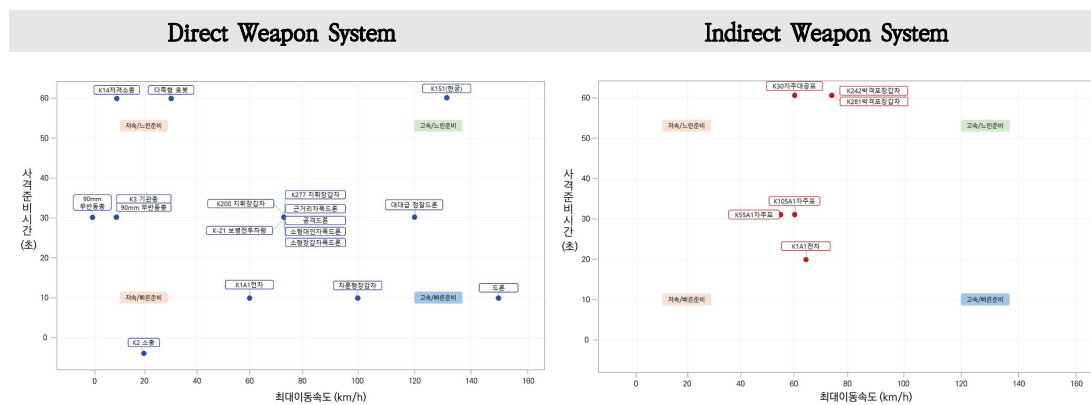
〈Table 3〉 Formula symbols for calculating weapon recommendation

Symbol	Definition	Symbol	Definition
A_{atk}	Friendly weapon system attack power	v_{proj}	Projectile speed
E_{def}	Enemy defensive power	t_{prep}	Firing preparation time
d	Distance between friendly and enemy forces	$S_{move,max}$	Maximum movement score
d_{range}	Engagement range of the friendly weapon system	$S_{fire,max}$	Maximum firing score
v_{move}	Maximum movement speed of the friendly weapon system		

IV. 연구 결과

4.1 AI 기반 무기 추천의 기준 및 입력 정보의 분석 결과

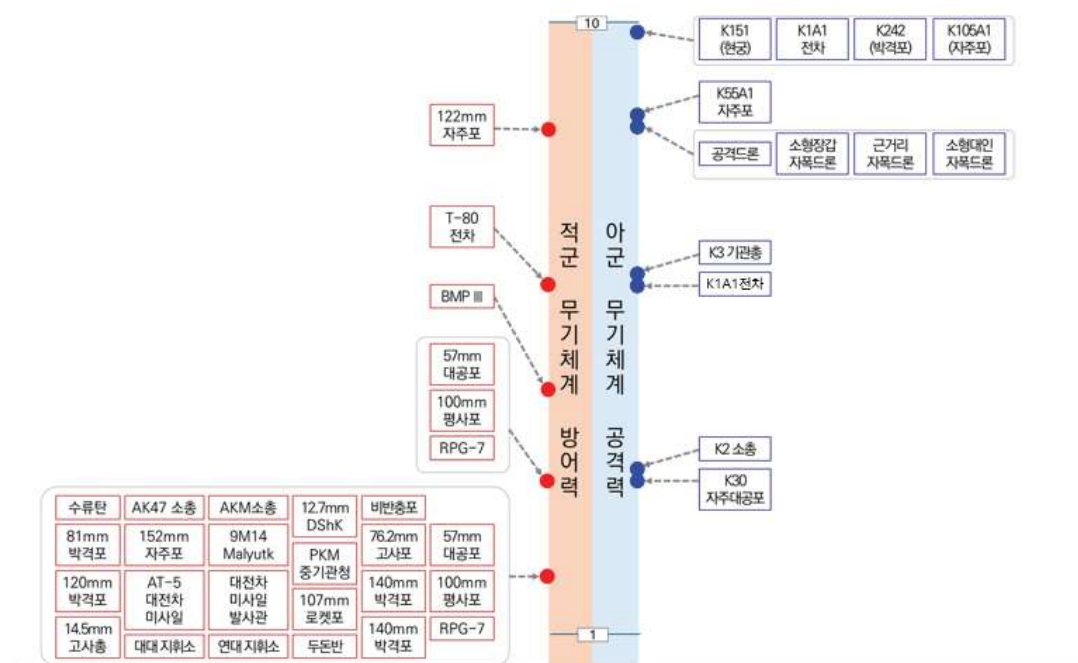
본 연구는 AI 지휘결심지원체계에서 AI 기반 무기 추천을 단일 성능 지표가 아닌 다수 무기 속성 항목을 종합적으로 선정한다. 이런 무기 추천은 AI가 표적 위치 및 유형 정보, 아군 가용 화력 자산 정보, C4I 체계를 통해 공유된 전장 상황 정보, 그리고 훈련 시나리오에 따라 설정된 운용 제약 조건을 통합하여 제시한다.



〈Figure 2〉 Weapon systems performance analysis of friendly force

이를 위해 실제 전투에서 신속 대응과 지속 화력이 요구되는 상황에서 무기 선택의 방향성을 제시하는 아군 무기체계의 성능 정보를 산출한다. 또한, 특정 표적 상황에서 다수의 무기 속성 중에 추천 결과가 도출되는 경향을 해석하기 위해 최대 이동속도와 사격 준비시간에 관한 요소를 고려한다. 이런 성능 분석은 아군 무기체계를 최대 이동속도와 사격 준비시간을 기준으로 무기체계의 기동성과 대응 특성을 직관적으로 비교한다(Figure 2).

또한, 무기 추천 과정의 적합성을 판단하기 위해 상기한 아군 무기 특성뿐만 아니라 적 전력의 위협 수준을 포함하여 분석하였다. 적 · 아군 전력의 공격 · 방어력 특성을 비교한 결과(Figure 3), 표적 유형과 방호 수준에 따라 적합한 화력 수단을 판단하는 참고 기준으로 활용하였다.



〈Figure 3〉 Comparative analysis of offensive and defensive capabilities in opposing and friendly force

4.2 AI 기반 무기 추천에 따른 지휘결심 지원의 분석 결과

본 연구는 AI 지휘결심지원체계를 통해 생성한 무기 추천 결과가 실제 지휘관의 결심 과정에서 전술 교리 부합성을 (1) 판단 소요시간 비교, (2) 지휘관 채택 양상을 분석하였다. 이런 분석은 KCTC 군의 훈련 현장에서 실시한 총 6회 전투실험 데이터로 간접적인 판단 자료로 활용한다.

지휘관의 판단 소요시간은 표적획득 시간과 타격지시 시간의 차이로 산출하였다. 단, 데이터 기록 오류로 음수값이 산출되거나 타격지시가 이루어지지 않은 경우는 분석에서 제외하였다. AI 추천 소요 시간은 전투실험 현장에서 별도 측정 후 기록하였으며, 표적 식별 후 AI 분석 결과가 1~2초 이내에 생성되었고 평균 1.5초로 나타났다. 보병대대 대상의 3회차(10/27, 10/30, 11/4) 데이터(n=34건)를 활용하여 지휘관 채택 양상과 교리 부합성의 분석결과,³⁾ 화력셀 미등록 등의 대응이 이루어지지 않은 표적을 제외하여 최종 분석 표본은 채택 양상 n=64건, 교리 부합성 n=67건으로 나타났다(Table 4). 기보 대대의 경우, 지휘관의 판단 소요시간 범위의 편차 폭(최소 540초, 최대 3,300초)이 높게 나타났다. 이는 체계 운용에 익숙하지 않은 조건에서 진행된 결과로 판단하여 소요시간 분석에서 제외하였다.

<Table 4> Frequency distribution by target types

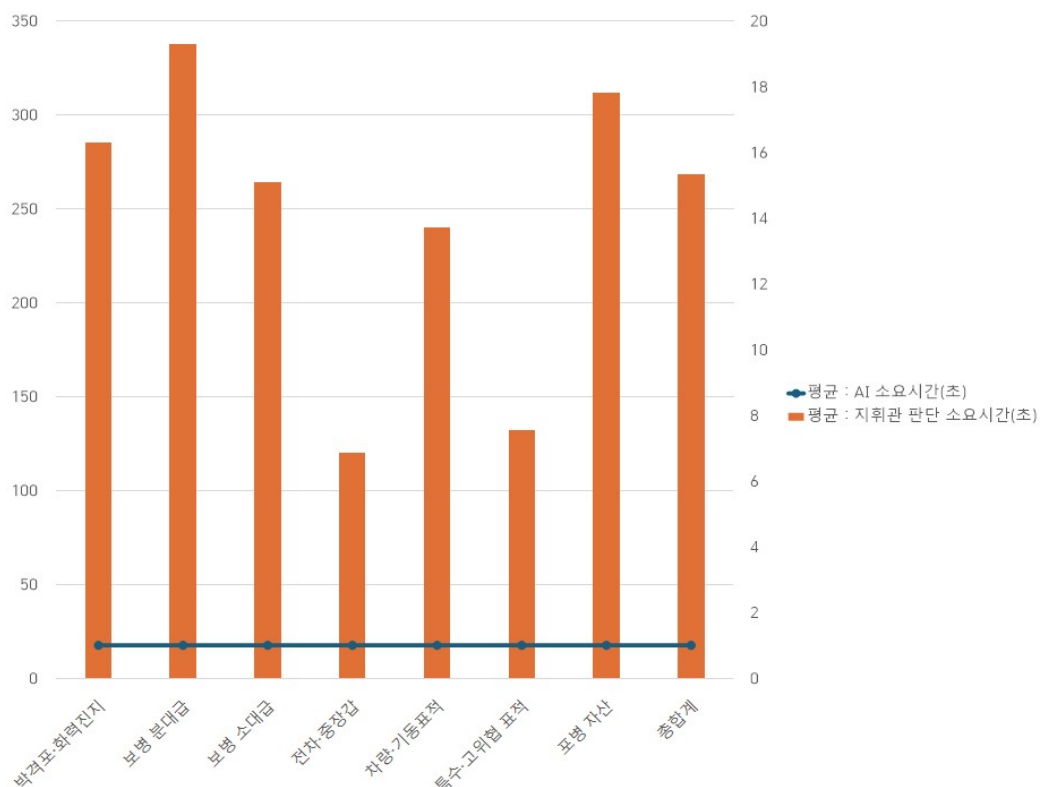
Target Types	Judgment Time	Force Augmentation	Fire Assignment
Infantry squad	8	25	25
Mortar and Fire Support Positions	8	14	14
Artillery Assets	5	8	8
Special and High-Threat Targets	5	7	9
Infantry Platoon-Level Units	5	4	4
Vehicle and Mobile Targets	2	3	3
Tanks and Heavily Armored Vehicles	1	1	2
Heavy Weapons and Firepower Targets	-	2	2
Total	34	64	67

4.2.1 AI 기반 무기 추천의 생성시간과 지휘관 판단 소요시간 비교

분석 결과, AI 지휘결심지원체계는 표적 정보 입력 후에 평균 1.5초 이내에 직·간접 사격 후보를 포함한 무기 추천 결과를 생성하였다(Figure 4). 반면 실제 지휘관의 판단 소요시간은 표적 유형과

3) 1회차(10/27)는 초기 운용 과정에서 별도 기록이 이루어지지 않아 제외함.

상황에 따라 편차가 컸으며, 전체 평균은 약 268초로 나타났다. 표적 유형별로는 특수 · 고위협 표적이 평균 132초로 가장 짧았으며, 보병 분대급 338초, 포병 자산 312초, 박격포 · 화력진지 285초, 보병 소대급 264초, 차량 · 기동표적 240초, 전차 · 중장갑 120초 순으로 나타났다. 특히 화력 자산 확인, 가용 탄약 파악, 상급 제대 지침 확인 등이 병행되는 경우 상대적으로 긴 시간이 소요되는 경향이 도출되었다. 이런 결과는 지휘관이 결심 이전 단계에서 AI 기반 무기 추천 결과를 참고 대안으로 고려하여 신속하게 전술적 판단에 집중할 수 있는 효과를 나타낸다.



〈Figure 4〉 Comparison of decision-making time between human commander judgment and AI-based weapon recommendation

4.2.2 AI 기반 무기 추천 결과의 지휘관 채택 및 전술 교리 부합성 비교

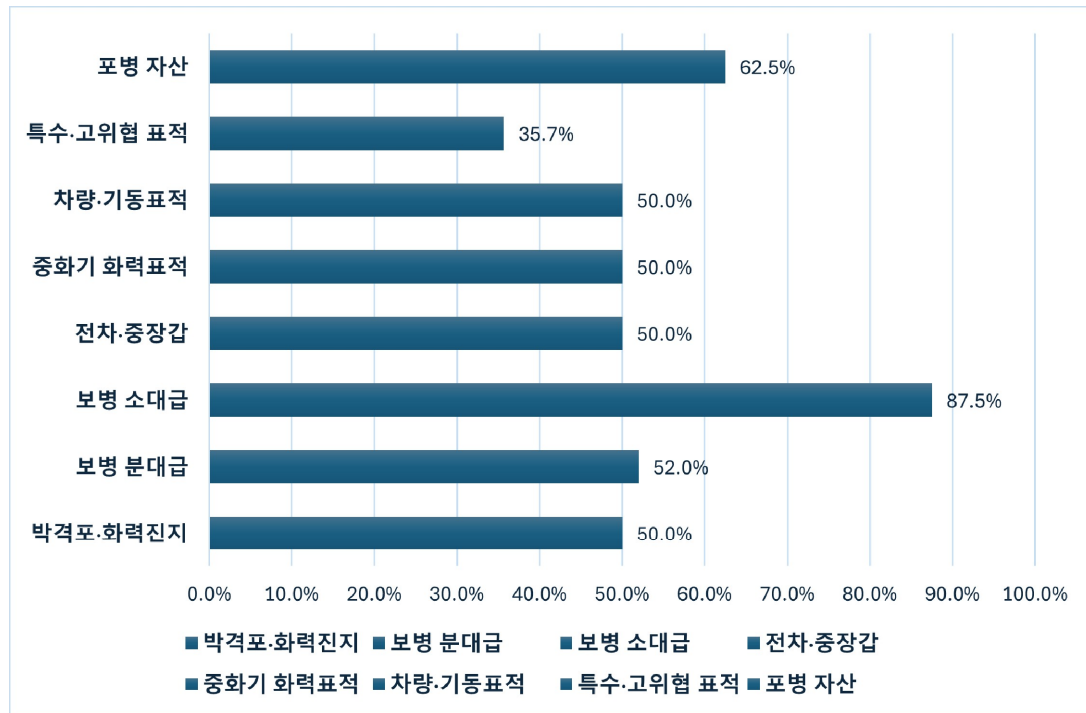
AI 기반 무기 추천이 실제 지휘결심 과정에서 활용가능성을 분석하기 위해 전술적 관점에서 표적의 유형(보병 분대급, 포병 자산, 차량 · 기동표적, 특수 · 고위협 표적 등)을 재분류하였다. 지휘관의 AI 추천 활용 양상은 AI 추천 무기와 실제 사격 수단 간의 전술적 관계를 기준으로 구분하였다. 이런 기준으로 토대로 AI 추천 결과와 실제 지휘관의 사격 명령 간의 관계를 비교하였다.

- 동일 채택: AI 추천 무기와 실제 사격 수단이 동일한 무기 계열인 경우로 명칭이 달라도 동일 계열로 판단한 경우를 포함한다(예: 155mm 자주포(K9) ↔ K55A1 자주포)
- 유사 채택: 무기 명칭은 다르나 전술적 역할과 운용 개념이 유사한 경우로 AI가 박격포·자주포를 추천하였으나 실제 타격이 드론으로 이루어진 경우 등이 해당한다.
- 비동일 채택: AI 추천과 다른 계열의 무기체계가 선택된 경우로, 부대 자체 처리나 우발 교전 등 별도 판단에 의한 경우가 이에 해당한다.

위 분류 기준에 의한 개별 표적의 판정 절차는 다음과 같다. 연구자가 실사격 기록과 AI 추천 결과를 대조하여 표적별 1차 판정을 수행하였다. 이후 군 전술 운용 경험을 보유한 전문가가 1차 판정 결과를 검토하였다. 판정이 모호하거나 이견이 발생한 케이스에 대해서는 해당 표적의 전술 상황, 운용 맥락, 무기체계의 역할을 재검토하여 합의된 최종 판정을 확정하였다. 비동일로 분류된 2건의 경우 AI 추천 무기와 실제 타격수단 간의 전술적 연결이 명확히 성립하지 않는 케이스로 부대 자체 처리 또는 별도 상황 판단에 의한 것으로 확인되었다.

분석 결과,⁴⁾ 다수 표적유형에서 AI 기반 추천 결과는 지휘관 결심에 동일하거나 유사한 형태로 반영되는 경향이 나타났다. 전체 64건 중 동일 채택 6건(9.4%), 유사 채택 56건(87.5%), 비동일 2건(3.1%)으로, 동일·유사 채택이 전체의 96.9%를 차지하였다(Figure 5). 표적 유형별로 보면, 보병 소대급은 동일 채택이 75.0%(4건 중 3건)로 가장 높으며, 박격포·화력진지, 차량·기동표적, 중화기 화력표적은 유사 채택이 100%로 나타났다. 비동일 채택은 특수·고위협 표적에서만 2건(28.6%) 확인되었으며, 해당 표적 상황에서 부대 자체 처리 또는 별도 상황 판단이 개입된 케이스에 해당한다. 이는 AI가 제시한 무기 조합이 지휘관의 전술적 판단 범위에서 제시되어 결심 과정에서 검토 가능한 대안으로 참고 정보가 제공되었다고 판단할 수 있다.

4) 표적 유형별 채택 양상을 정량적으로 비교하기 위해 동일=1점, 유사=0.5점, 비동일=0점으로 수치화 하여 일치 점수를 산출함.



〈Figure 5〉 Comparison of agreement rate between human commander judgment and AI-based weapon recommendations by target types

상기한 분석은 AI 추천 결과를 일치, 부분 일치, 비일치로 구분하여 비교하였으며, 표적 유형별로 요구되는 전술적 대응 개념을 판단하는 분석을 시행하였다. AI 기반의 무기 추천에 관한 전술적 타당성을 METT-TC 개념을 기반으로 전술 교리 관점에서 검토하였다. 특히, METT-TC의 복합적 판단 요소를 네 가지 전술개념(C1~C4)으로 정의하여⁵⁾ 전술적 타당성의 정량적 비교를 시도하였다. 이는 실제 지휘결심 과정에서 지휘관이 고려하는 전술적 의도를 ‘직접 정밀 타격’, ‘간접 화력 제압’, ‘고 가치 · 고위협 표적 제거’, ‘직 · 간접 화력의 조합 운용’이라는 대표적 대응 유형으로 추상화한 것이다. 그래서 AI가 제시한 무기 조합이 해당 전술적 의도와 개념적 부합 여부를 사후적 분류와 해석의 기준으로 활용하였다. 즉, 본 전술개념은 AI 추천 알고리즘의 학습이나 추론 과정에 직접 반영된 기준이 아니라, 전투실험 결과를 교리적 관점에서 해석하기 위해 정의된 참조 기준이다.

5) 본 연구에서 전술개념은 무기 수준의 우열을 판단하기 위한 것이 아니라, 지휘결심 과정에서 고려되는 전술적 의도를 대표적인 대응 유형으로 추상화한. 전술개념 분류는 AI 언어모델을 활용하여 초안을 도출한 후 군 출신 전문가 자문을 통해 방향성을 검증한. 각 전술개념(C1~C4)은 개별 무기체계의 세부 성능이나 알고리즘 내부 로직을 평가하기 위한 기준이 아니라 AI가 제시한 무기 조합이 특정 표적 유형에 대해 요구되는 전술적 대응 방향과 개념적으로 정합한지를 비교 · 분류하기 위한 참조 기준으로 설정함.

전술개념	설명
C1 정밀/근접 제압(Direct-Precision)	드론·전차·현궁·IFV 등 “직접 정밀 타격”을 핵심으로
C2 지역/제압 화력(Indirect-Suppress)	박격포·자주포 등 “간접 화력 제압”을 핵심으로
C3 고가치/고위협 무력화(High-Value Neutralize)	포병/방공/지휘소 등 “화력원/고가치” 우선 제거
C4 탐지-고정-격멸(Find-Fix-Finish)	직접(탐지/고정) + 간접(격멸) 조합 운용

이런 전술개념의 분류를 바탕으로 표적 유형별로 교리상 고려할 전술개념의 1·2순위를 지정하였다(Table 5). 일치는 AI 추천 조합이 해당 표적유형의 1순위 전술개념을 명확히 만족하는 경우, 부분일치는 2순위만 만족하거나 1순위를 약하게 만족하는 경우, 불일치는 1·2순위 모두와 어긋나는 경우로 정의하였다. 판정 결과의 정량적 비교를 위해 일치·부분일치·불일치를 각각 1점, 0.5점, 0점으로 수치화하여 표적 유형별 교리 일치율을 산출하였다. 교리 부합성의 개별 표적 판정은 연구자가 표적 유형별 전술개념 우선순위를 기준으로 AI 추천 무기 조합의 부합 여부를 1차 판정하였다. 그리고 군 출신 전문가를 통해 모호한 케이스를 합의로 확정하는 절차로 수행하였으며, 부분일치로 분류 케이스는 AI 추천 조합이 1순위 전술개념의 핵심 요소를 충족하되 수단의 적정성 또는 비례성 측면에서 완전한 부합으로 보기 어려운 경우에 해당한다.⁶⁾

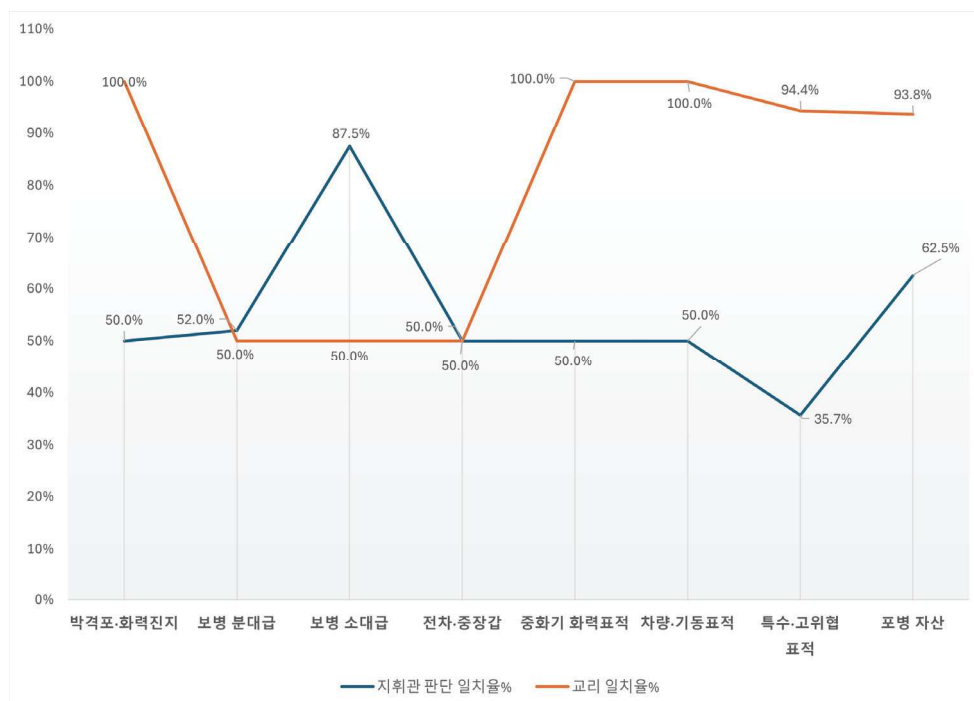
〈Table 5〉 Priorities of combat tactics by target types

Target types	1st	2nd	비고(핵심 의도)
Infantry Squad-Level Units	C1	C4	“Precision/accuracy” is prioritized; however, some simplification is acceptable
Infantry Platoon-Level Units	C2	C4	Suppression capability or combined engagement
Vehicle and Mobile Targets	C1	C4	Priority on mobile interdiction and precision strikes
Tanks and Heavily Armored Vehicles	C1	C4	Priority on anti-tank/direct fire; combined engagement is possible
Mortar and Fire Support Positions	C3	C2	Neutralization of firepower is the core intent; simplification is generally acceptable
Artillery Assets	C3	C2	Counter-battery concept: priority on neutralizing enemy firepower
Special and High-Threat Targets	C4	C3	Situation-dependent; sequencing/combination is important.
Heavy Weapons and Firepower Targets	C2	C3	Neutralization of command-and-control and firepower assets

종합적으로 AI를 통한 무기 추천은 다수의 표적유형에서 교리상 권장되는 타격 방식과 일치하거나

6) 이 과정에서 30mm 기관포 표적은 적 자산으로서 분류 기준 적용이 어려워 두 분석 모두에서 제외함.

부분적으로 부합하였다(Figure 6). 전체 67건 중 일치 34건(50.7%), 부분일치 33건(49.3%)으로 불일치 케이스는 나타나지 않았다. 표적 유형별로 보면, 박격포 · 화력진지(100%), 차량 · 기동표적(100%), 중화기 화력표적(100%)에 완전 일치로 나타났으며, 포병 자산(93.8%)과 특수 · 고위협 표적(94.4%)도 높은 일치율이 제시되었다. 반면, 보병 분대급, 보병 소대급, 전차 · 중장갑은 부분일치 비율이 100%로 AI 기반 추천 조합이 전술개념을 충족하나 수단 활용 측면에서 완전한 일치가 어려운 케이스가 포함되었다고 볼 수 있다. 이런 분석 결과는 제한된 정보와 C4I 체계와의 자동 연계가 이루어지지 않은 수동연계 환경에서도 AI 기반 무기 추천이 일정 수준의 전술적 타당성을 확보하는 데 기여한다는 점을 나타낸다.

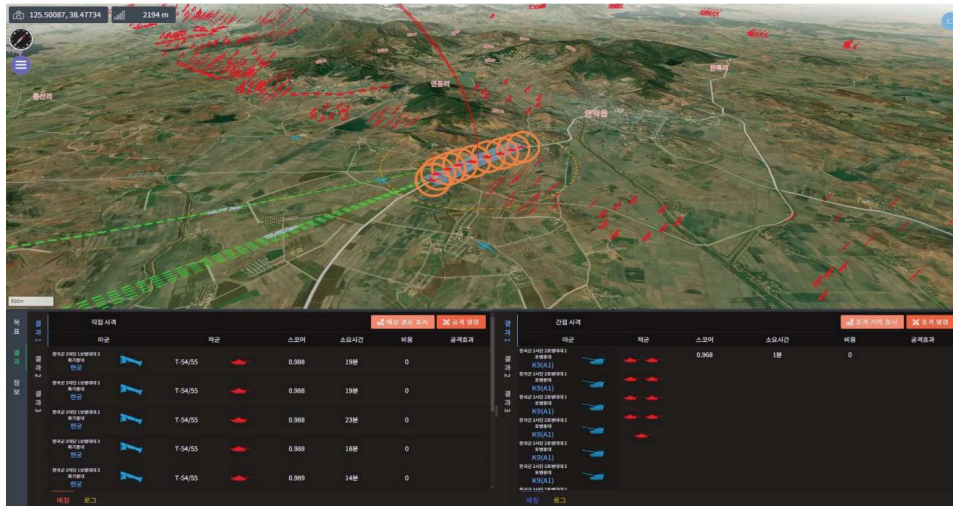


〈Figure 6〉 Profile plot for patterns between tactical doctrine conformity and human commander adoption in AI-based weapon recommendations by target types

V. 결론 및 논의점

최근 AI 기술을 활용한 현대전이 확대되면서 AI 기반 인지전에서 의사결정 우위를 선점하기 위한 결심지원 체계 구축이 필수적으로 요구되고 있다(Lee, S. G., 2025). 본 연구는 Army TIGER(A.T.) 대대급 전투실험 환경에서 지휘결심지원체계를 적용하여 C4I 체계와 수동연계를 기반으로 한 COP 운용과 AI 무기 추천 기능의 운용 결과를 분석하였다. 이를 통해 지휘관의 전술적 판단 과정에서 실제

무기 선택과 지휘결심을 지원할 수 있는 AI 무기 추천 기능을 제안하였다(Figure 7).



〈Figure 7〉 Screen capture example of COP and weapon recommendation in the AI-based command decision support system

분석 결과, AI 지휘결심지원체계의 무기 추천 기능은 지휘결심 과정의 시간 효율성과 판단 참고 가능성에 관한 정량적 성과를 달성하였다. 첫째, AI 기반 무기 추천은 지휘결심 초기 단계에서 보병 대대 지휘관의 판단 소요시간의 평균 대비 시간 단축의 효과가 나타났다. 무기 추천 생성 소요시간 측면에서 AI는 표적 단위당 평균 1~2초 이내에 직·간접 사격 무기 후보를 생성하였다. 둘째, AI 무기 추천과 실제 지휘관 사격 명령 간의 채택의 비교한 결과, 전체 표적 중 다수에서 AI의 추천 무기와 동일하거나 전술적으로 유사한 계열의 무기체계가 선택되는 것으로 나타났다. 셋째, 전술 교리 관점에서 AI 무기 추천은 표적 유형별로 설정한 전술개념(C1~C4) 기준에서 일치하거나 부분 일치 비율이 우세하게 나타났다. 이는 AI 기반 추천이 제한된 정보와 수동연계 환경에서 전술적·교리적 기대 수준과 정합성을 유지한다는 것을 의미한다.

본 연구는 AI를 통한 무기 추천과 지휘관의 결심 과정의 관계를 실제 전투실험 환경에서 실증하였다는 점에서 학술적 의의가 있다. AI의 무기 추천 기능은 표적별로 직·간접 사격 후보를 신속하게 생성하며, 지휘관이 전술적 판단을 수행하는 과정에서 고려해야 할 무기 선택 대안을 구조화하여 제시하는 역할을 수행할 수 있다. 특히, 이런 기능을 통해 시간과 인력 여건이 제한된 상황에서 표적 대응을 위한 무기 선택 범위를 신속하게 비교할 수 있는 정보를 제공함으로써 지휘관의 판단 부담을 경감하는 보조 수단으로 활용할 수 있을 것이다.

이런 연구의 시사점에도 몇 가지 한계점이 존재하며, 후속 연구 과제는 다음과 같다. 본 연구의 전투 실험은 A.T.(Army TIGER) 대대급 전술 환경을 가정하여 무기 속성값을 자체적으로 설정하여 분석에 활

용하였다. 그리고 무기 추천과 전술 교리 부합성을 관련 전문가 자문을 토대로 설정하여 추후 연구는 실제 군 원자료를 활용한 실증 분석이 필요하다. 즉, 향후에 ATCIS 및 B2CS 등 군 지휘통제체계와의 연계를 통해 전장 정보의 자동 수집 및 반영 수준을 향상하여 무기 · 표적 속성 데이터의 실재성(fidelity)을 확보하고 AI 기반 무기 추천 결과의 타당성을 높일 필요가 있다. 또한, 본 연구의 제안 시스템은 전투 상황정보를 분석한 객관적 기준의 판단 기준을 제시하는 평가 체계로 AI 중심 전장에서 지휘관의 전술적 판단을 지원하는 추천 시스템이다(Suh et al., 2024). 결국, AI 기반 무기 추천 시스템은 전장 상황정보 분석을 통해 객관적 판단 기준을 제공하여 지휘관의 전술적 의사결정을 지원하는 개념이며, 후속 연구는 전장 환경(battle environment) 설정의 현실화를 구현하는 연구 설계가 필요하다.

더 나아가 AI 기반 무기 할당 기능과 연계하여 전투 손실과 지속 가능성을 예측하는 판단 정보의 제공하는 알고리즘을 구현할 필요가 있다(e.g., Peng, Liu, Xu, & He, 2022). 특히, 전장의 불확실성 요소를 분석 모델에 반영하여 무기 추천의 우선순위 배정에 관한 확률 기반의 수학적 모델링이 필요하다. 예를 들어, 다수 표적에 대한 무기 할당에서 협업적 결심 지원을 위한 방안으로 사격 거리 및 발사 가능성을 융합하여 아군의 공격 가능성(feasibility), 지형지물에 의한 사격 제한 등에 따른 명중확률의 예측 모델(Jang et al., 2019) 연구로 확장할 필요가 있다.

Acknowledgements

이 연구는 2024년 정부(방위사업청, 국방기술진흥연구소의 방산혁신기업 100 프로젝트 기술개발 전용지원사업)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(R240203).

This work was supported by the Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement (KRIT) through the Defense Innovation Company 100 Project Technology Development Support Program, funded by the Government of the Republic of Korea in 2024, including the Defense Acquisition Program Administration (DAPA). (R240203).

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Author contributions

Conceptualization: KHA, Literature review: KDE and KJE, Resources and Data curation: KJE, JJI, KJO, and YHO, Investigation and Methodology: KDE, KDE, JJI, KJO, and YHO, Writing (Original Draft): KDE, KHA, JJI, KJO, YHO, and KHA, Project administration and Supervision: KHE, YHO, and KHA.

Reference

- Chen, Y., Guo, B., Ouyang, L., & Fang, W. (2025). Assessment of commanders' situation awareness: a study based on SEEV, QN-ACTR, and cognitive load. *Displays*, 103158. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.103158>
- Cheng, L., Su, J., Liu, H., & Chen, J. (2025). *Reinforcement Learning-Enhanced Large Language Model Approach for Intelligent Dynamic Weapon-Target Allocation Decision-Making*. Proceedings of the 2025 9th International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence, 602–609. <https://doi.org/10.1145/3788149.3788184>
- Eom, C., Lee, J., & Kwon, M. (2025). A survey on weapon-target assignment for realistic battlefield environments: From exact algorithm to deep reinforcement learning. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 50(2), 205-216. <https://doi.org/10.7840/kics.2025.50.2.205>
- Hindorf, M., Bäckström, D., Jonson, C. O., Jonsson, A., & Berggren, P. (2025). Decision-making during training of a Swedish navy command and control team: a quantitative study of workload effects. *Cognitive Processing*, 26(2), 303-318. <https://doi.org/10.1007/s10339-024-01242-9>
- Hwang, G. H., & Yoon, W. C. (2020). A new approach to requirement development for a common operational picture to support distributed situation awareness. *Safety Science*, 125, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104569>
- Jang, J., Yoon, H. G., Kim, J. C., & Kim, C. O. (2019). Adaptive weapon-to-target assignment model based on the real-time prediction of hit probability. *IEEE Access*, 7, 72210-72220. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919794>
- Jung, S. H., & Lee, J. (2024). A Study on the Standards Advancement of National Tactical Data Link(TDL). *Journal of the Korea Society for Naval Science and technology*, 7(3), 378-383. <https://doi.org/10.31818/JKNST.2024.9.7.3.378>
- Kim, A., & Lee, D. (2024). Dynamic Bayesian network-based situational awareness and course of action decision-making support model. *Expert Systems with Applications*, 252, 124093. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124093>
- Lee, S. G. (2025). A Study on the Decision-Making Advantage of the Korean Military in the Age of Artificial Intelligence (AI). *Military Research and Development*, 19(3), 193-222. <https://doi.org/10.70857/MRD.2025.19.3.193>
- Na, H., Ahn, J., & Moon, I. C. (2023). Weapon–target assignment by reinforcement learning with pointer network. *Journal of Aerospace Information Systems*, 20(1), 53-59. <https://doi.org/10.2514/1.1011150>

- Oh, S. H., Byeon, G. W., Cho, Y. I., Kwon, S., & Woo, J. H. (2026). Artificial Intelligence in Combat Decision-Making: Weapon Target Assignment via Reinforcement Learning and Graph Neural Networks. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 56(2), 631–643. <https://doi.org/10.1109/tcyb.2025.3610606>
- Paananen, S. (2026). Interoperability: An Intertwined Phenomenon Requiring Multidimensional and Multilevel Coordination and Cooperation. *Scandinavian Journal of Military Studies*, 9(1), 174–190. <https://doi.org/10.31374/sjms.364>
- Park, S. J., Kang, J. H., & Kim, S. D. (2025). AI Service Implementation Approach for the Intelligent C4I System of ROK Army. *Journal of convergence security*, 25(4), 127–141. <https://doi.org/10.33778/kcsa.2025.25.4.127>
- Peng, B., Liu, S., Xu, L., & He, Z. (2022). Combat process simulation and attrition forecasting based on system dynamics and multi-agent modeling. *Expert Systems with Applications*, 187, 115976. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115976>
- Romei de Socio, M., Pozzato, G. L., & Merlo, A. (2026). A scalable ontology-driven architecture for situational awareness and decision support in multi-domain operations. *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 15485129261435210. <https://doi.org/10.1177/15485129261435210>
- Solli, B.-E., & Borrie, A. (2025). Interoperability Challenges in NATO's Risk Management: Insights from Procedural and Conceptual Analysis. *Scandinavian Journal of Military Studies*, 8(1), 342–362. <https://doi.org/10.31374/sjms.328>
- Steen-Tveit, K., & Munkvold, B. E. (2021). From common operational picture to common situational understanding: An analysis based on practitioner perspectives. *Safety Science*, 142, 105381. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105381>
- Steen-Tveit, K., & Munkvold, B. E. (2021). From common operational picture to common situational understanding: An analysis based on practitioner perspectives. *Safety science*, 142, 105381. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105381>
- Suh, G. W., Suh, C. H., Yi, H. K., Kim, M. H., Kim, B. J., Lee, M. H., & Baek, J. W. (2024). Automated Course of Action Evaluation for Military Decision-Making. *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 27(4), 437–445. <https://doi.org/10.9766/KIMST.2024.27.4.437>
- Tóth, A. (2025). Enhancing Situational Awareness and Decision-Making: The Impact of Advanced ISR Solutions on Command and Control Systems. *Hadmérnök*, 20(2), 143–160. <https://doi.org/10.32567/hm.2025.2.9>
- Wang, H., Wang, Q., Xin, B., & Wang, Y. (2025). *Optimization of multi-platform dynamic weapon-target assignment based on multi-agent reinforcement learning*. In Proceedings of the 44th Chinese Control Conference. <https://doi.org/10.23919/CCC64809.2025.11179489>
- Yoon, C., Lee, J., & Cho, J. (2025). A transformer-based reinforcement learning approach for scalable

- weapon target assignment. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. <https://doi.org/10.1177/15485129251335043>
- Zak, Y., Parmet, Y., & Oron-Gilad, T. (2023). Facilitating the work of unmanned aerial vehicle operators using artificial intelligence: An intelligent filter for command-and-control maps to reduce cognitive workload. *Human Factors*, 65(7), 1345-1360. <https://doi.org/10.1177/00187208221081968>
- Zhang, K., Zhou, D., Yang, Z., Zhao, Y., & Kong, W. (2020). Efficient Decision Approaches for Asset-Based Dynamic Weapon Target Assignment by a Receding Horizon and Marginal Return Heuristic. *Electronics*, 9(9), 1511. <https://doi.org/10.3390/electronics9091511>

원 고 접 수 일 2026년 02월 27일
원 고 수 정 일 2026년 04월 15일
게 재 확 정 일 2026년 04월 30일

AI 지휘결심지원체계의 COP 운용과 무기 추천 성능의 전투실험 분석

김득화* · 김정훈** · 전지훈*** · 김종오**** · 양호진***** · 김두호***** · 강한나*****

국문초록

본 연구는 AI 지휘결심지원체계를 적용하여 기존 C4I 체계의 COP 운용 절차와 AI 무기 추천의 활용을 Army TIGER 대대급 전투실험을 통해 실증하였다. 상세 분석으로 다음 요소를 검증하였다. (1) 표적 유형별 추천 생성시간과 지휘관 판단 · 명령 소요시간 비교, (2) 추천 무기와 실제 사격명령 간 동일 · 유사 · 비동일 채택 분류, (3) METT-TC를 단순화한 전술개념(C1~C4) 기준의 교리적 정합성. 분석 결과, 표적 입력 후 초기 결심 단계에서 인간 지휘관은 평균 수백 초가 소요되었으나 AI는 평균 1~2초 내 추천하여 시간 효율성이 입증되었다. 게다가 AI 무기 추천 기능은 다수 표적에서 동일하거나 유사 채택이 우세했고, 전술개념 기준에서도 일치 · 부분 일치 비율이 높게 나타났다. 이런 AI 기반 추천은 제한된 정보와 수동연계 환경에서 표적 유형별로 설정한 전술개념 기준과 정합성을 유지한다고 볼 수 있다. 본 연구는 현실적으로 센서 · C4I 데이터의 자동 연동이 제한된 현장의 제약(참모 확인 · 승인 이후에 수동 입력 · 갱신되는 COP 운용)을 가정하여 AI 기반의 무기 추천과 결심 과정을 실증 분석하였다는 점에서 실무적 시사점이 크다고 볼 수 있다.

주제어 : 지휘통제체계, 공통작전상황도, AI지휘결심지원체계, AI 기반 무기 추천, 대대급 전투실험

* (제1저자) (✉)편진, shirly@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0006-5197-1247>.

** (공동저자) (✉)편진, 광운대학교 방산AI로봇융합학과, marc@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0005-2433-996X>.

*** (공동저자) (✉)편진, 광운대학교 국방AI로봇융합학과, jihoon.jun@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0003-4802-8942>.

**** (공동저자) (✉)편진, 광운대학교 국방AI로봇융합학과, john.jo.kim@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0003-4371-7116>.

***** (공동저자) (✉)편진, atlas.hj.yang@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0008-6679-9771>.

***** (공동저자) (✉)편진, matthew.dh.kim@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0007-2445-3249>.

***** (교신저자) (✉)편진, 광운대학교 방산AI로봇융합학과, hanna.kang@funzin.co.kr, <https://orcid.org/0009-0008-6421-7176>.