IDAP INSTITUTE OF DEFENSE ACQUISITION PROGRAM

JAMS JOURNAL OF ADVANCES IN MILITARY STUDIES

2026, Vol. 9, No. 2, 41-67.

https://doi.org/10.37944/advmil.9.2.202610.003

Development Directions for an AI-Based KCTC Training System: Focusing on the Identification and Prioritization of Key Development Factors for Next-Generation MILES and AI-Based Combat Analysis Systems

Kim Jang-Ryeol*

ABSTRACT

This study identifies and prioritizes key development factors for an AI-based KCTC training system and proposes future development directions. Based on an analysis of the current KCTC system and domestic and international trends, 16 candidate factors for next-generation MILES and AI-based combat analysis systems were derived. A modified Delphi survey and Analytic Hierarchy Process (AHP) were conducted with 17 experts. The Delphi analysis identified 14 key factors, and the AHP results showed that next-generation MILES (.693) had a higher relative weight than AI-based combat analysis (.307). The five highest-ranked factors were an open and modular multi-network communication system (.198), data-driven engagement and damage assessment (.183), precise positioning and time synchronization (.117), spatiotemporal reconstruction and visualization of combat situations (.103), and integrated collection and management of multi-source and multimodal combat data (.092). These results indicate that reliable combat-data production is essential for the reliability and effective use of AI-based analysis. Accordingly, this study proposes developing next-generation MILES as a reliable combat-data production foundation and AI-based combat analysis as an intelligent analysis and feedback system through three stages: foundation building and limited validation, brigade-level integration and AI application, and advancement toward an intelligent integrated training system.

www.kci.go.kr

Keywords : KCTC(Korea Combat Training Center) Scientific Combat Training System, Next-Generation MILES, AI-Based Combat Analysis System, Delphi-AHP Analysis

* (Sole author) Korea Institute for Military Capability Research, Director, ljin1170@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2878-1377.

www.kci.go.kr

Ⅰ. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

미래 전장은 유・무인 복합체계, 인공지능(AI), 정밀센서, 네트워크 및 데이터 기술의 발전으로 전투수행 방식이 빠르게 변화하고 있다. 이에 따라 과학화전투훈련도 단순한 교전결과 판정을 넘어 실제 전투과정을 데이터화하고, 이를 분석・평가하여 훈련과 전투발전에 환류할 수 있는 체계로의 발전이 요구된다.

KCTC(과학화전투훈련단)는 MILES(Multiple Integrated Laser Engagement System)를 기반으로 실기동 쌍방훈련의 교전 및 전투수행자료를 수집・분석하여 부대의 임무수행능력을 검증하고 AAR(After Action Review)에 활용하는 대표적인 과학화전투훈련체계이다. 그러나 현행 레이저 기반 MILES는 지형・기상・차폐 등에 따른 교전판정, 통신・측위 정확도 및 다양한 전투데이터의 통합・활용 측면에서 한계가 있다. 또한 영상・음성・위치・교전・행동 등 훈련과정에서 생성되는 데이터를 통합하여 전투상황을 재구성하고 주요 전투행동과 승패 영향요인을 분석하는 지능형 전투분석 기능의 발전도 요구되고 있다.

최근 KCTC에서 제시한 공개 연구과제와 국내외 과학화전투훈련체계의 발전동향에서도 현행 MILES의 제한을 보완하고 전투데이터의 생성・수집・분석・활용을 연계하는 차세대 훈련체계와 AI 기반 전투분석체계 구축의 필요성이 제기되고 있다. 그러나 기존 연구는 MILES, LVC・합성훈련환경, 통신・측위, AI・데이터 분석 등 개별 기술이나 체계의 발전방향을 중심으로 수행되었다. 그러므로 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계가 통합된 KCTC 훈련체계 관점에서 구조화하고 핵심 발전요소의 상대적 중요도와 우선순위를 실증적으로 분석한 연구는 제한적이다.

따라서 차세대 KCTC 훈련체계의 핵심 발전요소를 도출하고 상대적 중요도와 우선순위를 규명하여, 제한된 자원과 기술개발 여건에서 체계구축 및 투자 우선순위 설정을 위한 판단근거를 마련할 필요가 있다.

1.2 연구목적 및 연구문제

본 연구의 목적은 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계의 핵심 발전요소를 도출하고, 요소별 상대적 중요도와 우선순위를 분석하여 AI 기반 KCTC 훈련체계의 발전방향을 제시하는 데 있다.

이를 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

연구문제 1: AI 기반 KCTC 훈련체계 발전을 위해 요구되는 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계의 핵심 발전요소는 무엇인가?

연구문제 2: 도출된 핵심 발전요소의 상대적 중요도와 우선순위는 어떠한가?

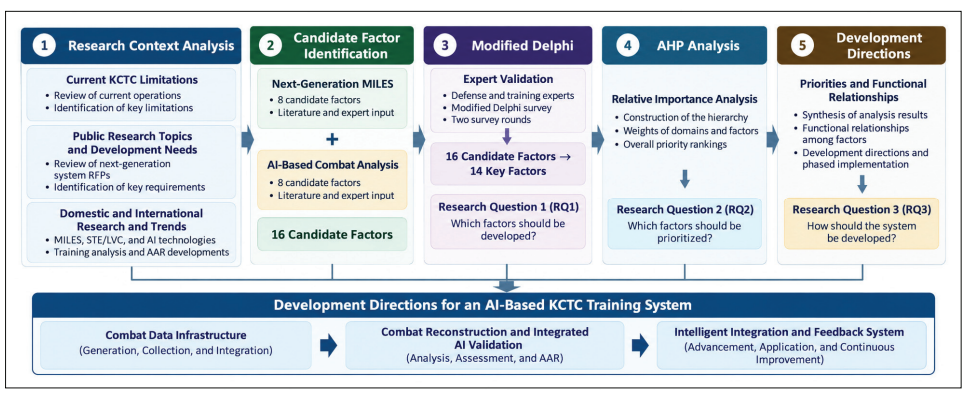
www.kci.go.kr

연구문제 3: 핵심 발전요소의 우선순위와 기능적 연계관계를 고려할 때 AI 기반 KCTC 훈련체계는 어떠한 방향으로 발전해야 하는가?

1.3 연구범위 및 연구절차

본 연구의 범위는 AI 기반 KCTC 훈련체계 발전을 위한 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계로 한정하였다. 차세대 MILES 체계는 신뢰성 있는 전투데이터를 생성・전송・처리하고 교전・피해결과를 판정하는 전투데이터 생산 기반체계로, AI 기반 전투분석체계는 생성된 데이터를 통합・관리하여 전투상황과 주요 전투행동을 재구성・분석하고 훈련평가・AAR 및 후속훈련에 환류하는 지능형 분석지원체계로 설정하였다. 두 체계는 독립된 영역이 아니라 전투데이터의 생성 - 수집 - 분석 - 평가 - 환류가 연계되는 하나의 훈련체계로 보았다.

연구절차는 현행체계・선행연구 및 발전동향 분석을 통한 후보 발전요소 도출 → 수정 Delphi를 통한 핵심 발전요소 선정 → AHP를 통한 상대적 중요도와 우선순위 분석 → 분석결과와 요소 간 기능적 연계관계를 고려한 발전방향 도출의 순으로 진행하였다. 구체적인 연구범위와 분석절차는 <그림 1>과 같다.



〈Figure 1〉 Research Scope and Procedure for the Study on Development Directions for an AI-Based KCTC Training System

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 KCTC 과학화전투훈련체계의 발전과 현행체계

KCTC(Korea Combat Training Center)는 실제 전장과 유사한 환경에서 실기동 쌍방훈련을 실시하

www.kci.go.kr

고, 훈련 중 생성되는 교전 및 전투수행자료를 수집・분석하여 부대의 전투수행능력을 평가하는 과학화전투훈련체계이다. 훈련 결과는 사후검토(After Action Review: AAR)에 활용된다. KCTC는 실전과 유사한 교전환경을 구현하고 교전결과를 판정하기 위해 MILES(Multiple Integrated Laser Engagement System)를 주요 훈련장비로 운용해 왔다.

MILES는 실제 무기체계의 교전효과를 모의하여 훈련 참가자와 장비의 교전결과를 판정하고, 관련 정보를 훈련통제・분석체계와 연계한다. 개인화기와 전차 등 직사화기에는 주로 레이저 발사기와 감지기를 적용하며, 레이저를 이용한 직접 교전이 제한되는 무기체계에는 위치・사격정보 등을 활용한 모의방식을 적용한다. 이렇게 생성된 교전・위치정보는 훈련통제와 AAR의 기초자료로 활용된다.



〈Figure 2〉 Conceptual Overview of the KCTC Scientific Combat Training System

KCTC는 훈련규모 확대에 따라 교전훈련장비뿐 아니라 훈련통제, 전투상황 감시, 자료수집・분석 기능을 발전시켜 왔다. 김장렬(2021)은 레이저 기반 MILES의 한계를 보완하기 위한 데이터통신 기반 교전훈련체계와 네트워크・증강현실(AR)・가상현실(VR)・인공지능(AI)의 활용, 전투행동・음성・생체・영상 등 다양한 훈련자료의 수집・분석 필요성을 제시하였다.[1] 이는 KCTC가 교전결과 중심의 자료수집을 넘어 다양한 전투데이터의 생성・수집・분석・활용이 연계되는 체계로 발전할 필요가 있음을 보여준다.

1) 김장렬(2021), 「KCTC 과학화 전투훈련장비 발전방안」, 『전투발전』 제162호, 육군교육사령부.

www.kci.go.kr

2.2 현행 KCTC 훈련체계의 제한사항과 차세대 발전 요구

KCTC는 실기동 쌍방훈련과 객관적인 교전판정 및 전투분석을 지원하는 체계로 발전해 왔으나, 미래 전장환경과 AI・데이터 기술의 발전에 따라 기술적・운용적 보완이 요구된다. 육군 과학화전투훈련단은 현행체계의 주요 문제로 MILES 기반 교전모의의 제한, 훈련분석・통제의 인력 의존성, 전투훈련데이터의 분산・파편화 등을 제시하고 있다.[2)]

레이저 기반 MILES는 탄도・장애물・비직선 화력과 다양한 피해효과를 현실적으로 구현하는 데 제한이 있으며, 전자전・드론・사이버전 등 변화된 전장 환경을 훈련에 반영하기 위한 보완이 필요하다. 또한 훈련분석과 통제는 분석관과 관찰통제관의 경험 및 수작업에 상당 부분 의존하고 있으며, 교전로그・영상・음성 등 전투훈련데이터의 통합관리와 AI 학습・분석을 위한 데이터 기반도 강화할 필요가 있다.

〈Table 1〉 Key Limitations of the Current KCTC Training System and Development Requirements for the Next-Generation System

Domain	Key Limitations of the Current System	Development Requirements for the Next-Generation System
Engagement Simulation	Limited ability of laser-based engagement simulation to represent ballistics, obstacles, indirect fire, and various damage effects	Improve the realism and accuracy of engagement and damage assessment
Future Battlefield	Limited representation of evolving battlefield conditions, including electronic warfare, drones, and cyber warfare	Incorporate future battlefield conditions and diverse combat elements into the training environment
Training Analysis	Analysis relies primarily on the experience and manual work of analysts and observer/controllers	Enhance analysis and assessment using data and AI
Training Control	Scenario development, training planning, and exercise control require substantial personnel and time	Improve the efficiency and intelligence of training planning, control, and assessment
Data	Engagement logs, video, and audio data are dispersed and fragmented, with insufficient data-processing tools	Systematically manage and use structured and unstructured combat training data
System Integration and Feedback	Greater integration among training systems and wider use of accumulated training data are needed	Integrate with other training systems and expand feedback to support policy, doctrine, and force development

* <표 1>은 KCTC 공개 발전개념 자료, 국내・외 관련 선행연구를 연구자가 종합・재구성한 것임.

따라서 차세대 KCTC에는 교전・피해판정의 정밀화, 미래 전장요소의 구현, 훈련체계 간 연계, 전

2) 육군과학화전투훈련단(2026), 「NEXT KCTC 과학화전투훈련체계」, KCTC 공개 발전개념 발표자료.

www.kci.go.kr

투훈련데이터의 통합・활용, AI 기반 분석・평가 및 AAR 지능화가 요구된다. 이는 특정 장비의 성능개량을 넘어 신뢰성 있는 전투데이터의 생성에서 분석・평가・환류까지 연계하는 데이터 중심 훈련체계로의 전환이 필요함을 의미한다. 현행체계의 주요 제한사항과 발전 요구는 <표 1>과 같다.

2.3 국내외 선행연구 및 발전동향

국내외 관련 연구와 발전동향은 교전모의와 실기동훈련체계의 고도화, 실기동・가상・구성훈련의 연계, 전투훈련데이터의 통합과 AI 기반 분석을 중심으로 검토할 수 있다. 이들 연구는 서로 다른 기술과 기능을 다루므로, 각 연구가 실제로 검증한 내용과 차세대 KCTC에 적용할 수 있는 시사점을 구분하여 살펴볼 필요가 있다.

국내에서는 김장렬(2021)이 레이저 기반 MILES의 제한을 보완하기 위한 데이터통신 기반 교전훈련체계와[3] 전투행동・음성・생체・영상 등 다양한 훈련데이터의 수집・분석 필요성을 제시하였다. 최재혁(2022),[4] 이승호・박은석(2023),[5] 유병주・이형민・김지호(2024),[6] 이승호 외(2025)[7]는 LVCG 및 한국군 합성훈련환경(STE)의 구축과 체계연동・상호운용성 발전을 논의하였다. 국내 연구는 개별 교전훈련장비의 성능개량뿐 아니라 훈련체계 사이의 연결과 데이터 공동 활용이 필요하다는 점을 제시한다. 다만 실기동훈련에서 데이터를 생산하는 체계와 생산된 데이터를 분석・평가하는 체계를 하나의 발전구조로 설정하여 핵심요소의 우선순위를 비교하는 문제는 추가 검토가 필요하다.

국외 발전동향에서는 미 육군의 합성훈련환경(STE)이 대표적이다. 미 육군은 STE-LTS(Synthetic Training Environment-Live Training System)를 통해 기존 실기동훈련에서 충분히 모의하기 어려웠던 무기 및 전장효과를 단계적으로 구현하고 있다(U.S. Army, 2025).[8] 또한 공통 지형・소프트웨어・데이터를 활용하여 실기동(Live)・가상(Virtual)・구성(Constructive) 훈련의 연계를 발전시키고 있다. 이는 차세대 KCTC에서도 개별 장비의 교체만이 아니라 교전・피해판정의 범위, 훈련데이터의 형식, 다른 훈련체계와의 연계방식을 함께 설계해야 함을 시사한다.

실기동훈련 데이터의 기초가 되는 병사 측위에 관해서는 Rantakokko 외(2012)의 연구가 참고된다.

3) 김장렬,「KCTC 과학화 전투훈련장비 발전방안」,『전투발전』 제162호, 육군교육사령부, 2021.

4) 최재혁,「메타버스 기반 통합가상훈련환경 플랫폼을 활용한 과학화훈련 발전방향 연구」,『한국산학기술학회논문지』 제23권 제9호, 2022, pp. 220-225.

5) 이승호・박은석,「한국군 합성훈련환경(STE) 정보체계 구축에 대한 연구」,『산업기술연구논문지』 제28권 제3호, 2023, pp. 97-105.

6) 유병주・이형민・김지호,「한국형 합성훈련환경체계 구조설계 제안과 개발 프로세스 개선」,『한국산학기술학회논문지』 제25권 제10호, 2024, pp. 190-198.

7) 이승호・국성수・최국철・허석행・유재관,「한국군 합성훈련환경(STE) 구축 요구사항 분석 및 설계」,『산업기술연구논문지』 제30권 제3호, 2025, pp. 11-28.

8) U.S. Army, “Synthetic Training Environment (STE): STE Live Training System,” FY 2026 Army Procurement Justification Book, Department of the Army, 2025.

www.kci.go.kr

이들은 위성항법 신호를 이용하기 어려운 환경에서 발 부착 관성센서와 다른 센서를 결합한 위치 추정 방식을 연구하고, 건물 수색을 가정한 시험 결과를 제시하였다. 그러나 제한된 시간과 환경에서 이루어진 측위 시험을 대규모 야외훈련의 성능으로 일반화할 수는 없다. KCTC에서 중요한 것은 특정 측위기술의 채택 여부보다 산악・건물・차폐 환경에서도 훈련자의 위치정보를 가능한 한 연속적으로 확보하고, 이를 사격・피격・이동 기록과 같은 시간 기준으로 연결하는 것이다. 따라서 이 연구는 정밀 측위 및 시간동기화(M2)의 필요성을 뒷받침하지만, 실제 KCTC 환경에서의 정확도와 운용성은 별도로 검증해야 한다.

훈련자의 행동을 식별하려는 연구도 이루어졌다. Papadakis 외(2023)는 군인에게 부착한 센서와 기계학습을 이용하여 기본적인 신체활동을 식별하는 시범연구를 수행하였다. 이 연구는 교전결과와 위치 외에 훈련자의 움직임을 데이터로 기록하고 분석할 가능성을 보여준다. 그러나 기본 신체활동의 분류는 엄폐, 분산, 협동, 사격 후 이동과 같은 전술적 행동의 적절성을 평가하는 일과 다르다. AI 기반 주요 전투행동 자동식별(A3)을 KCTC에 적용하려면 먼저 식별할 행동의 정의와 판정기준을 마련하고, 임무・지형・장비가 달라지는 상황에서 교관의 판정과 비교하여 오류의 유형과 수준을 확인해야 한다. 이러한 검증이 없으면 행동의 자동식별 결과를 훈련성과 평가로 바로 연결하기 어렵다.

서로 다른 형태의 자료를 결합하는 연구는 전투과정 분석에 또 다른 단서를 제공한다. Shaikh 외(2024)는 음성과 영상에서 추출한 특징을 결합하여 사람의 행동을 인식하는 방법을 제시하였다. 이 연구는 일반 행동인식 자료를 대상으로 하였으므로 군사훈련에서도 동일한 성능이 나타난다고 볼 수는 없다. 다만 KCTC의 교전・위치・영상・음성 자료를 각각 분리해 해석할 때 놓칠 수 있는 행동의 시간적・상황적 맥락을 함께 검토할 필요성은 보여준다. 이를 KCTC에 적용하는 방향으로 해석하면, 서로 다른 자료의 대상과 발생 시각을 맞추어 통합수집・관리(A1)하고, 전투상황을 동일한 시공간에서 재구성・가시화(A2)한 다음, 그 자료를 주요 전투행동 식별(A3)에 활용하는 구조가 가능하다. 이러한 연결은 Shaikh 외(2024)의 연구가 KCTC에서 직접 검증한 결과가 아니라 본 연구가 도출한 적용 방향이다.

사후검토에 대한 국외 연구도 분석자료의 범위를 넓혀 준다. Cates 외(2022)는 교육 설문과 서술형 자료에 자연어처리를 적용하는 방법을 검토하고, 음성의 문자 변환을 AAR 자료 분석에 활용할 가능성을 논의하였다. 이는 KCTC에서 사후검토 과정의 발언과 서술형 평가자료를 수집・정리하여 분석하는 연구방향에 시사점을 준다. KCTC에서도 교전결과와 이동경로에 더하여 지휘・통제 과정의 발언, 상황 판단 및 조치의 근거를 사후검토 자료로 활용할 수 있다. 다만 음성인식이나 자동 요약은 원자료의 의미와 당시 상황을 잘못 해석할 수 있으므로, 자동 생성 결과를 그대로 공식 평가로 확정해서는 안 된다. 맞춤형 지능형 AAR(A6)은 분석관과 교관이 원자료를 확인하고 분석결과를 검증한 뒤, 확인된 내용을 다음 훈련 준비와 수행에 환류하는 방식으로 발전시킬 필요가 있다.

www.kci.go.kr

〈Table 2〉 Domestic and International Prior Research and Development Trends and Their Implications for KCTC

Category	Key Research Findings and Development Trends	Key Implications for KCTC
Domestic Research: KCTC and MILES	Proposals for data communication-based combat training systems and the collection and analysis of diverse training data (Kim, 2021)	Enhance engagement and damage assessment and generate reliable combat data
Domestic Research: STE and LVC	Studies on LVCG and STE development, system integration, and interoperability (Choi, 2022; Lee & Park, 2023; Yoo et al., 2024; Lee et al., 2025)	Establish a common training environment, data integration mechanisms, and interoperability standards
International Development Trends: Live Training	Simulation of weapons and battlefield effects and expansion of live training capabilities through STE-LTS (U.S. Army, 2025)	Advance data-driven engagement and damage assessment (M4) and expand simulated training elements
International Development Trends: STE and LVC	Integration of training environments through common terrain, training software, and management tools (Durall, 2018)	Support combat data standardization, storage, and integration (M6) and integrated training environment interoperability (M8)
International Academic Research: Soldier Positioning	Soldier positioning using inertial sensors and other complementary sensors in GNSS-denied environments (Rantakokko et al., 2012)	Highlight the need for precise positioning and time synchronization (M2) and validation under field conditions
International Academic Research: Activity Recognition	A pilot study identifying basic physical activities of military personnel using body-fixed sensors and machine learning (Papadakis et al., 2023)	Explore automated combat behavior recognition (A3) and establish criteria for assessing tactical behavior
International Academic Research: Multimodal Analysis	Activity recognition by combining audio and visual features (Shaikh et al., 2024)	Inform research on multimodal data integration (A1), spatiotemporal reconstruction (A2), and combat behavior recognition (A3)
International Academic Research: AAR	Natural language processing of training surveys and narrative responses, and potential use of audio data in AAR (Cates et al., 2022)	Develop tailored intelligent AAR (A6), subject to verification against source data and instructor review
International Development Trends: AI and Training Analysis	Integration of instrumented data and observational assessments from combat training centers to support analysis (U.S. Army DEVCOM Army Research Laboratory, 2026)	Link quantitative and qualitative training data and feed analysis results back into training

* <표 2>는 국내외 학술연구와 미 육군 공개 발전자료를 연구자가 검토하여 재구성한 것임.
'KCTC 발전에 대한 주요 시사점'에는 인용 문헌의 직접적인 결과와 이를 KCTC에 적용하기 위한 본 연구의 해석을 구분하여 반영하였음.

www.kci.go.kr

미 육군 DEVCOM Army Research Laboratory(2026)[9]는 전투훈련센터의 계측자료와 교관의 관찰·평가자료를 통합하여 훈련성과 분석과 연구에 활용하는 데이터 기반을 소개하였다. 이는 정량적 기록과 정성적 평가를 연결하여 훈련과정을 해석할 필요성을 보여준다. 앞서 검토한 미 육군 공개자료는 체계개발과 데이터 활용의 방향을 보여주고, 국외 학술연구는 측위·행동식별·복합자료 분석·AAR에 적용할 수 있는 개별 방법의 가능성과 제한을 보여준다. 차세대 KCTC 발전방향을 도출하려면 두 종류의 자료를 함께 검토하되, 제한된 실험 결과를 완성된 군 훈련체계의 성능으로 확대 해석하지 않아야 한다. 주요 선행연구와 발전동향 및 KCTC 발전에 대한 시사점은 <표 2>와 같다.

이상의 연구를 종합하면, 기존 문헌은 교전모의, 측위, 훈련체계 연계, 행동식별 및 AAR 등 개별 영역에서 중요한 발전 가능성을 제시하였다. 그러나 본 연구에서 검토한 문헌의 범위에서는 차세대 MILES를 신뢰성 있는 전투데이터의 생산기반으로, AI 기반 전투분석체계를 그 데이터의 통합·재구성·분석·평가·환류체계로 연결하고, 두 영역의 핵심 발전요소를 동일한 분석틀에서 선정·비교한 연구를 확인하기 어려웠다. 이에 본 연구는 현행 KCTC의 제한사항과 국내외 연구·발전동향을 종합하여 후보요소를 구성하고, 수정 Delphi와 AHP를 통해 내용타당도와 상대적 중요도를 분석한다.

2.4 선행연구 종합 및 차세대 KCTC 후보 발전요소 도출

앞서 검토한 현행 KCTC 훈련체계의 제한사항과 차세대 발전 요구, 국내외 선행연구 및 발전동향을 종합하면 차세대 KCTC 훈련체계는 신뢰성 있는 전투데이터를 생성·전송·판정하는 기반체계와 생성된 데이터를 통합·재구성·분석·평가하여 훈련 및 전투발전에 환류하는 분석체계가 상호연계되는 방향으로 발전할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 후보 발전요소를 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계의 두 영역으로 구분하였다.

차세대 MILES 체계는 실기동훈련에서 신뢰성 있는 전투데이터를 생산하기 위한 기반영역으로 설정하였다. 현행체계의 교전모의·통신·측위 및 데이터 활용의 제한과 국내외 과학화전투훈련체계의 네트워크화·데이터화·상호운용성 발전동향을 고려하여 개방형·모듈형 다중통신체계(M1), 정밀 측위 및 시간동기화(M2), 엣지컴퓨팅 및 분산처리(M3), 데이터 기반 교전·피해판정체계(M4), 훈련장비 경량화 및 부착 최소화(M5), 전투데이터 표준화·저장·연계(M6), 사이버보안 및 전투데이터 보호(M7), 통합훈련환경 상호운용성(M8)의 8개 후보요소를 도출하였다. 이들 요소는 개별 장비의 성능개량보다 전투데이터의 정확성·신뢰성·연결성 및 활용성을 확보하기 위한 기반기능이라는 관점에서 구성하였다.

9) U.S. Army DEVCOM Army Research Laboratory Public Affairs, “Army Researchers Unlock the Power of Performance Data to Enhance Soldier Lethality and Readiness,” May 13, 2026.

www.kci.go.kr

〈Table 3〉 Candidate Development Factors for the Next-Generation KCTC Training System and the Key Bases for Their Identification

Domain	Code	Candidate Development Factor	Key Basis for Identification
Next-Generation MILES	M1	Open and modular multi-network communication system	Current communication limitations; network-based training systems and STE integration
	M2	Precise positioning and time synchronization	Requirements for accurate position and time information and synchronized combat data
	M3	Edge computing and distributed processing	Requirements for real-time processing of large-scale combat data
	M4	Data-driven engagement and damage assessment system	Limitations of laser-based engagement simulation; advances in data-driven assessment
	M5	Training equipment weight reduction and minimization of attached devices	Need to reduce equipment burden and minimize interference with actual combat behavior
	M6	Combat data standardization, storage, and integration	Limitations in data utilization; STE/LVC integration and interoperability
	M7	Cybersecurity and combat data protection	Security requirements for network- and data-centric systems
	M8	Integrated training environment interoperability	Requirements for integration with LVC, STE, and other training systems
AI-Based Combat Analysis	A1	Integrated collection and management of multi-source and multimodal combat data	Dispersed and fragmented combat data; requirements for heterogeneous data integration
	A2	Spatiotemporal reconstruction and visualization of combat situations	Requirements for reconstruction of combat processes and objective situational awareness
	A3	AI-based automated recognition of key combat behaviors	Advances in AI- and data-driven training analysis
	A4	Analysis of combat processes and factors influencing victory or defeat	Requirements for data-driven analysis of combat processes and outcomes
	A5	AI-based assessment of training proficiency and feedback	Requirements for objective assessment of training performance and feedback
	A6	Tailored intelligent AAR	Time and personnel constraints of analyst-led AAR; requirements for intelligent support
	A7	AI-based training scenario generation and difficulty adjustment	AI-based training support and intelligent exercise control
	A8	Continuous learning and enhancement of AI analysis models	Requirements for continued use of accumulated training data and improvement of analysis models

* 후보 발전요소는 현행 KCTC 훈련체계의 제한사항과 차세대 발전 요구, 국내외 관련 선행연구 및 발전동향을 종합하여 연구자가 구성한 것임.

www.kci.go.kr

AI 기반 전투분석체계는 차세대 MILES와 훈련과정에서 생성된 데이터를 통합하여 전투과정을 분석・평가하고 AAR 및 후속훈련에 활용하기 위한 분석영역으로 설정하였다. 전투훈련데이터의 분산・파편화, 분석관 중심의 수작업 분석 및 AAR의 시간적 제한과 AI・데이터 기반 훈련분석 발전동향을 고려하여 다원・멀티모달 전투데이터 통합수집・관리(A1), 전투상황의 시공간 재구성・가시화(A2), AI 기반 주요 전투행동 자동식별(A3), 전투수행과정 및 승패 영향요인 분석(A4), AI 기반 훈련수준 평가 및 피드백(A5), 맞춤형 지능형 AAR(A6), AI 기반 훈련 시나리오 생성 및 난이도 조정(A7), AI 분석모델 지속학습・고도화(A8)의 8개 후보요소를 도출하였다. 이들 요소는 데이터 통합 → 상황 재구성 → 행동 식별 → 분석・평가 → AAR・환류의 분석 흐름을 기준으로 구성하였다.

기존 연구가 MILES, STE・LVC, 통신・측위 및 AI 기반 훈련분석 등 개별 기술과 기능의 발전방향을 주로 제시하였다면, 본 연구는 차세대 MILES를「전투데이터 생산기반」, AI 기반 전투분석체계를「지능형 분석・환류체계」로 구조화하고 두 영역을 하나의 데이터 흐름으로 연계하였다는 점에서 차이가 있다. 또한 선행연구와 발전동향을 통해 도출한 후보요소에 대해 수정 Delphi로 내용타당도를 검증하고 AHP로 상대적 중요도와 우선순위를 분석함으로써 차세대 KCTC 체계발전을 위한 체계적 판단근거를 제시하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

3.1 연구설계 및 분석절차

본 연구는 AI 기반 KCTC 훈련체계의 핵심 발전요소를 도출하고 상대적 중요도와 우선순위 분석을 위해 문헌, 공개자료 분석 → 수정 Delphi → AHP → 발전방향 도출의 순으로 연구를 설계하였다.

먼저 현행체계의 제한사항과 국내외 선행연구 및 발전동향을 분석하여 차세대 MILES 체계 8개와 AI 기반 전투분석체계 8개 등 총 16개의 후보 발전요소를 도출하였다. 이후 전문가 대상 2차 수정 Delphi를 통해 내용타당도를 검증하여 핵심 발전요소를 선정하고, AHP를 적용하여 상대적 중요도와 우선순위를 분석하였다. 마지막으로 분석결과와 요소 간 기능적 연계관계를 종합하여 AI 기반 KCTC 훈련체계의 발전방향을 도출하였다.

3.2 전문가 패널 구성 및 조사방법

전문가 패널은 KCTC・과학화전투훈련, 군사・전력발전, 국방기술・AI 등 관련 연구・실무 경험을 보유한 전문가 17명으로 구성하였다. 전문가 선정에서는 KCTC 운용환경과 전투훈련, 체계발전

www.kci.go.kr

및 첨단기술의 군사적 활용에 대한 이해와 관련 분야 실무・연구경력을 종합적으로 고려하였다.

패널은 KCTC・과학화전투훈련 전문가를 중심으로 국방과학기술・방위사업, AI・데이터, 통신・네트워크・ICT, 교육훈련・교리・전투발전 및 전력발전・무기체계 분야 전문가가 참여하도록 구성하였다. 모든 전문가는 관련 분야에서 5년 이상의 연구・실무경력을 보유하였으며, 세부 구성은 <표 4>와 같다.

〈Table 4〉 Key Characteristics of the Expert Panel and Survey Participation

Category	Description
Panel Size	17 experts
Selection Criteria	At least 5 years of research or practical experience in relevant fields
Areas of Expertise	KCTC and scientific combat training: 8 (47.1%); defense science and technology and defense acquisition: 2 (11.8%); AI and data: 2 (11.8%); training, doctrine, and combat development: 2 (11.8%); force development and weapon systems: 2 (11.8%); communications, networks, and ICT: 1 (5.9%)
Relevant Experience	5 to less than 10 years: 11 (64.7%); 10 to less than 15 years: 5 (29.4%); 15 to less than 20 years: 1 (5.9%)
Modified Delphi	Assessment of the appropriateness and content validity of 16 candidate development factors and collection of expert opinions
AHP	Pairwise comparisons of key development factors selected through Delphi
Data Utilization	Analysis of Delphi responses for content validity and verification of the consistency of the aggregated AHP judgment matrices

전문가 조사는 수정 Delphi와 AHP로 구분하여 실시하였다. Delphi에서는 16개 후보 발전요소의 내용타당도와 수정・통합 및 추가요소에 대한 의견을 수렴하였으며, AHP에서는 Delphi를 통해 선정된 핵심 발전요소를 대상으로 쌍대비교를 실시하였다. 본 연구는 차세대 KCTC 훈련체계의 통합적 발전요소에 대한 전문가 집단의 판단을 도출하는 데 목적이 있으므로, 전문분야별 하위집단을 구분하기보다 전체 전문가 패널의 판단을 중심으로 분석하였다.

3.3 수정 Delphi 조사 및 분석방법

본 연구는 선행연구와 공개자료를 통해 사전에 도출한 후보 발전요소의 내용타당도를 검증하기 위해 수정 Delphi(Modified Delphi)를 적용하였다. 수정 Delphi는 선행연구 등을 통해 사전에 구성된 항목을 초기 조사에 활용하고, 반복적인 조사와 통제된 피드백을 통해 전문가 판단을 수렴하는 방법이다(Jünger et al., 2017).

내용타당도는 Lawshe(1975)의 내용타당도비율(Content Validity Ratio: CVR)을 이용하여 분석하였다.

www.kci.go.kr

$$\text{CVR} = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$

여기서 n_e는 해당 항목을 '핵심 발전요소로 반드시 포함해야 함(Essential)'으로 평가한 전문가 수이며, N은 해당 라운드의 유효 응답자 수이다. CVR의 임계값은 실제 유효 응답자 수를 기준으로 Ayre와 Scally(2014)가 제시한 정확 이항검정 기반 기준을 적용하였다.

1차 조사에서는 후보요소의 필요성과 수정・통합 및 추가의견을 수렴하였으며, 익명화된 집단결과와 의견을 피드백한 후 2차 조사를 실시하였다. 최종 CVR와 전문가 의견을 종합하여 핵심 발전요소를 선정하였다.

〈Table 5〉 Modified Delphi Survey and Analysis Criteria

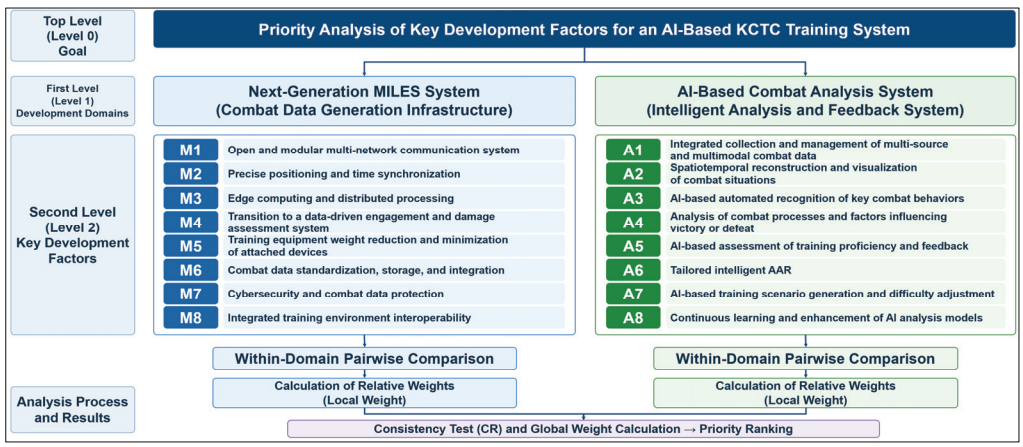
Category	Description
Expert Panel	17 experts
Evaluation Items	8 next-generation MILES factors + 8 AI-based combat analysis factors = 16 candidate factors
Survey Procedure	First-round assessment and collection of expert opinions → Item review → Second-round assessment
Primary Indicator	Content validity ratio (CVR)
Supplementary Indicators	Mean and standard deviation to examine rating levels and response variability
Qualitative Review	Review of item meanings, wording, and potential overlap based on expert opinions
Final Selection	Selection of key development factors through comprehensive consideration of content validity and expert opinions

3.4 AHP 계층모형 및 평가기준

수정 Delphi를 통해 선정된 핵심 발전요소의 상대적 중요도와 우선순위를 분석하기 위해 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 적용하였다(Saaty, 1980). AHP는 복합적인 의사결정문제를 계층구조로 구성하고, 동일 계층의 평가요소를 쌍대비교하여 상대적 중요도를 산출하는 방법이다.

본 연구의 AHP 계층모형은 3개 계층으로 구성하였다. 최상위 목표(Level 0)는 'AI 기반 KCTC 훈련체계 핵심 발전요소의 우선순위 분석'으로 설정하였으며, 제1계층(Level 1)은 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계의 두 발전영역으로 구성하였다. 제2계층(Level 2)은 수정 Delphi를 통해 최종 선정된 핵심 발전요소로 구성하였다. 이에 따라 제1계층에서는 두 발전영역 간 상대적 중요도를, 제2계층에서는 각 영역 내 핵심 발전요소 간 상대적 중요도를 분석하도록 계층구조를 설정하였다.

www.kci.go.kr



〈Figure 3〉 AHP Hierarchical Model of Key Development Factors for an AI-Based KCTC Training System

AHP 조사는 동일 계층에 위치한 요소 간 쌍대비교 방식으로 실시하였으며, Saaty(1980)의 1～9점 척도를 적용하였다. 전문가별 쌍대비교 결과는 동일 항목에 대한 응답값의 기하평균(geometric mean)을 이용하여 집단 판단행렬로 통합하였다. 집단 판단행렬의 논리적 일관성은 일관성비율(Consistency Ratio: CR)을 이용하여 검증하였으며, 본 연구에서는 CR≤.10을 일관성 확보 기준으로 적용하였다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \qquad CR = \frac{CI}{RI}$$

여기서 CI 는 일관성지수(Consistency Index), λ_{max}는 판단행렬의 최대고유값, n 은 평가요소의 수, RI 는 무작위일관성지수(Random Index)를 의미한다.

최종 우선순위는 제1계층의 영역 가중치와 제2계층의 영역 내 상대적 가중치(Local Weight)를 결합한 종합가중치(Global Weight)를 산출하여 비교하였다. 각 핵심 발전요소의 종합가중치는 해당 요소가 속한 영역의 가중치와 영역 내 상대적 가중치를 곱하여 산출하였으며, 이를 기준으로 전체 핵심 발전요소의 상대적 중요도와 우선순위를 분석하였다.

Ⅳ. 핵심 발전요소 선정 및 우선순위 분석

4.1 Delphi 분석 및 핵심 발전요소 선정

1차 수정 Delphi에서는 II장에서 도출한 16개 후보 발전요소를 대상으로 내용타당도를 검증하고

www.kci.go.kr

수정・통합 및 추가의견을 수렴하였다. 분석결과 대부분의 후보요소가 기준을 충족하였으나, 일부 요소는 상대적으로 낮은 내용타당도를 보이거나 다른 요소와 기능적 중복 가능성이 제기되었다.

〈Table 6〉 Results of the Second-Round Modified Delphi Analysis and Selection of Key Development Factors

Domain	Code	Candidate Development Factor	Essential, n (%)	CVR	Result
Next-Generation MILES	M1	Open and modular multi-network communication system	17 (100.0)	1	Selected
	M2	Precise positioning and time synchronization	17 (100.0)	1	Selected
	M3	Edge computing and distributed processing	14 (82.4)	0.647	Selected
	M4	Transition to a data-driven engagement and damage assessment system	17 (100.0)	1	Selected
	M5	Training equipment weight reduction and minimization of attached devices	15 (88.2)	0.765	Selected
	M6	Combat data standardization, storage, and integration	17 (100.0)	1	Selected
	M7	Cybersecurity and combat data protection	11 (64.7)	0.294	**Excluded**
	M8	Integrated training environment interoperability	16 (94.1)	0.882	Selected
AI-Based Combat Analysis	A1	Integrated collection and management of multi-source and multimodal combat data	17 (100.0)	1	Selected
	A2	Spatiotemporal reconstruction and visualization of combat situations	14 (82.4)	0.647	Selected
	A3	AI-based automated recognition of key combat behaviors	14 (82.4)	0.647	Selected
	A4	Analysis of combat processes and factors influencing victory or defeat	13 (76.5)	0.529	Selected
	A5	AI-based assessment of training proficiency and feedback	14 (82.4)	0.647	Selected
	A6	Tailored intelligent AAR	15 (88.2)	0.765	Selected
	A7	AI-based training scenario generation and difficulty adjustment	5 (29.4)	-0.412	**Excluded**
	A8	Continuous learning and enhancement of AI analysis models	16 (94.1)	0.882	Selected

* Essential은 '핵심 발전요소로 반드시 포함해야 함'으로 평가한 응답을 의미하며, 괄호 안은 응답비율(%)이다. N=17에서 CVR≥.529를 내용타당도 확보 기준으로 적용하였다.

전문가 의견에서는 차세대 MILES 체계가 단순한 장비 성능개량보다 신뢰성 있는 전투데이터의 생성・전송・판정 기반으로 발전해야 하며, AI 기반 전투분석체계 역시 개별 AI 기능보다 데이터 통합, 전투상황 재구성, 분석・평가, AAR・환류가 연계되는 구조로 발전해야 한다는 의견이 공통

www.kci.go.kr

적으로 나타났다. 이를 반영하여 후보요소의 표현과 범위를 보완하고, 1차 조사결과를 전문가에게 참고정보로 제공한 후 2차 조사를 실시하였다.

2차 수정 Delphi 결과 총 14개 요소가 내용타당도 기준을 충족하여 핵심 발전요소로 선정되었으며, M7 '사이버보안 및 전투데이터 보호'와 A7 'AI 기반 훈련 시나리오 생성 및 난이도 조정'은 기준을 충족하지 못해 제외되었다. 다만 이 결과는 해당 요소의 필요성이 낮다는 의미가 아니라, 본 연구에서 설정한 차세대 KCTC 핵심 발전요소로서 전문가 합의수준이 선정기준에 미달하였음을 의미한다.

4.2 AHP 조사결과 및 일관성 검증

최종 선정된 14개 핵심 발전요소를 AHP 계층모형의 하위 평가요소로 설정하여 상대적 중요도와 우선순위를 분석하였다. 전문가별 쌍대비교 결과는 기하평균을 이용하여 집단 판단행렬로 통합하였으며, 영역별 상대적 가중치를 산출하였다. 또한 집단 판단행렬의 논리적 일관성을 확인하기 위해 일관성비율(Consistency Ratio: CR)을 검증하였다.

분석결과 차세대 MILES 체계의 CR은 .099, AI 기반 전투분석체계의 CR은 .035로 나타나 모두 본 연구에서 설정한 기준인 CR≤.10을 충족하였다. 따라서 집단 판단행렬은 수용 가능한 수준의 일관성을 확보한 것으로 판단하였다. AHP 분석결과와 일관성 검증 결과는 <표 7>과 같다.

〈Table 7〉 AHP Survey and Consistency Test Results for the Group Judgment Matrices

Analysis Domain	Evaluation Elements	Pairwise Comparisons	CR
Upper Level	2 domains	1	—
Next-Generation MILES System	7 factors	21	0.099
AI-Based Combat Analysis System	7 factors	21	0.035

* 전문가 17명의 쌍대비교값을 기하평균하여 집단 판단행렬을 구성하였으며, CR≤.10을 일관성 판단기준으로 적용하였다. 상위계층은 2개 영역 간 단일 쌍대비교로 구성되어 별도의 CR을 산출하지 않았다.

4.3 AHP 분석결과 및 종합우선순위

AHP 분석에서는 수정 Delphi를 통해 선정된 14개 핵심 발전요소를 대상으로 상위 발전영역과 영역 내 핵심 발전요소의 상대적 중요도를 분석하였다.

상위계층 분석결과 차세대 MILES 체계(.693)가 AI 기반 전투분석체계(.307)보다 높은 중요도를 보였다. 이는 AI 분석기능의 고도화에 앞서 신뢰성 있는 전투데이터를 생성・전송・판정할 수 있는 기반체계 구축이 상대적으로 중요하게 평가되었음을 의미한다.

www.kci.go.kr

〈Table 8〉 AHP Weights and Overall Priority Rankings of Key Development Factors for an AI-Based KCTC Training System

Domain (Weight)	Code	Key Development Factor	Within-Domain Rank	Local Weight	Global Weight	Overall Rank
Next-Generation MILES (0.693)	M1	Open and modular multi-network communication system	1	0.285	0.198	1
	M4	Transition to a data-driven engagement and damage assessment system	2	0.264	0.183	2
	M2	Precise positioning and time synchronization	3	0.169	0.117	3
	M5	Training equipment weight reduction and minimization of attached devices	4	0.104	0.072	6
	M6	Combat data standardization, storage, and integration	5	0.064	0.044	7
	M3	Edge computing and distributed processing	6	0.058	0.040	8
	M8	Integrated training environment interoperability	7	0.056	0.039	9
AI-Based Combat Analysis (0.307)	A2	Spatiotemporal reconstruction and visualization of combat situations	1	0.336	0.103	4
	A1	Integrated collection and management of multi-source and multimodal combat data	2	0.300	0.092	5
	A3	AI-based automated recognition of key combat behaviors	3	0.106	0.033	10
	A8	Continuous learning and enhancement of AI analysis models	4	0.079	0.024	11
	A6	Tailored intelligent AAR	5	0.066	0.020	12
	A4	Analysis of combat processes and factors influencing victory or defeat	6	0.058	0.018	13
	A5	AI-based assessment of training proficiency and feedback	7	0.055	0.017	14

* Local Weight는 각 영역 내 핵심 발전요소의 상대적 중요도이며, Global Weight는 해당 요소의 Local Weight에 상위계층 영역가중치(차세대 MILES 체계 .693, AI 기반 전투분석체계 .307)를 곱하여 산출하였다. 표시된 수치는 소수 셋째 자리에서 반올림하였으므로 합계에 미세한 차이가 발생할 수 있다.

차세대 MILES 영역에서는 M1 개방형・모듈형 다중통신체계, M4 데이터 기반 교전・피해판정체계로의 전환, M2 정밀 측위 및 시간동기화 순으로 중요도가 높았다. AI 기반 전투분석 영역에서는 A2 전투상황의 시공간 재구성・가시화, A1 다원・멀티모달 전투데이터 통합수집・관리, A3 AI 기반 주요 전투행동 자동식별 순으로 나타났다.

각 영역 내 국지가중치(Local Weight)에 해당 영역의 가중치를 곱하여 종합가중치(Global Weight)를 산출한 결과, 전체 14개 요소 가운데 M1(.198), M4(.183), M2(.117), A2(.103), A1(.092) 순으로 높

www.kci.go.kr

은 종합우선순위를 보였다. 영역별 가중치, 영역 내 순위 및 전체 종합우선순위는 <표 8>과 같다.

4.4 분석결과의 종합 및 논의

Delphi와 AHP 분석결과는 차세대 KCTC 훈련체계 발전에서 AI 기능 자체의 고도화에 앞서 AI가 활용할 수 있는 신뢰성 있는 전투데이터의 생산・통합・재구성 기반을 확보하는 것이 중요함을 보여준다.

차세대 MILES에서는 M1 – M4 – M2가 상위 3개 요소로 나타났다. 이는 안정적인 데이터 연결・전송, 정확한 위치・시간정보, 신뢰성 있는 교전・피해판정이 상호 연계되어야 AI 분석에 활용할 수 있는 전투데이터를 생산할 수 있음을 의미한다. 특히 MILES 영역이 .693의 높은 가중치를 보인 것은 차세대 KCTC에서 데이터의 양보다 먼저 데이터의 정확성・신뢰성을 확보하는 기반체계 구축이 중요함을 시사한다.

AI 기반 전투분석에서는 A2 – A1 – A3 순으로 중요도가 높게 나타났다. 이는 개별 AI 분석기능을 우선적으로 확대하기보다, 다양한 전투데이터를 통합하고(A1) 이를 동일한 시간・공간축에서 재구성・가시화한 후(A2) 주요 전투행동을 자동식별(A3)하는 기반을 우선 구축해야 함을 의미한다. 이러한 기반이 확보된 이후 승패 영향요인 분석(A4), 훈련수준 평가(A5), 맞춤형 AAR(A6), 지속학습(A8)으로 기능을 고도화할 수 있다.

종합하면 차세대 KCTC는 '신뢰성 있는 전투데이터 생산 → 데이터 통합・시공간 재구성 → AI 기반 전투행동 식별・분석・평가 → AAR 및 훈련・전투발전 환류'가 연결되는 데이터 중심 훈련체계로 발전할 필요가 있다.

다만 AHP 종합우선순위는 핵심 발전요소 간 상대적 중요도를 의미하며, 기술개발이나 체계구축의 시간적 순서를 직접 의미하지 않는다. 따라서 실제 체계구축에서는 AHP 우선순위와 함께 요소 간 기능적 선후관계, 기술성숙도, 군 환경 실증 필요성, 현행체계와의 연계 및 확장 가능성을 종합적으로 고려해야 한다.

V. AI 기반 KCTC 훈련체계 발전방향

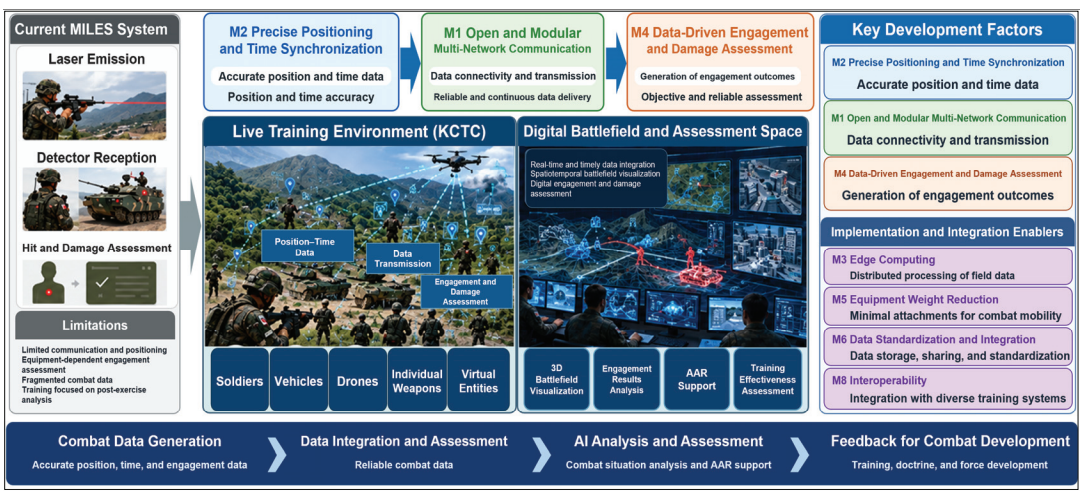
5.1 차세대 MILES 체계 발전방향

AHP 분석에서 차세대 MILES 체계는 .693의 영역가중치로 AI 기반 전투분석체계(.307)보다 높은 중요도를 보였으며, M1 개방형・모듈형 다중통신체계, M4 데이터 기반 교전・피해판정체계로의 전환, M2 정밀 측위 및 시간동기화가 상위 3개 요소로 나타났다. 이는 AI 기반 전투분석체계의 고도

www.kci.go.kr

화를 위해 먼저 정확하고 신뢰할 수 있는 전투데이터를 생산・전달하는 기반체계를 확보할 필요가 있음을 의미한다.

차세대 MILES는 기존의 레이저 송・수신 중심 교전판정을 보완하여 위치・시간・사격・피격 등 다양한 전투정보를 데이터화하고 이를 기반으로 교전・피해결과를 판정하는 체계로 발전할 필요가 있다. 이를 위해 정밀 측위와 시간동기화(M2)를 통해 전투개체의 위치・시간정보를 정확하게 생성하고, 개방형・모듈형 다중통신체계(M1)를 통해 이를 안정적으로 연결・전송하며, 데이터 기반 교전・피해판정체계(M4)를 통해 교전결과를 산출하는 기능적 연계가 요구된다.



* M1・M4・M2는 AHP 상위요소이며, M2→M1→M4는 개발 우선순위가 아닌 전투데이터의 생성 – 전송 – 판정이라는 기능적 연계관계를 나타낸다. M3・M5・M6・M8은 핵심기능의 구현・연계를 지원한다.

〈Figure 4〉 Conceptual Diagram of Development Directions for the Next-Generation MILES System

이때 AHP 중요도는 M1 - M4 - M2 순이지만, M2 → M1 → M4는 개발 우선순위가 아니라 전투데이터의 생성 - 전송 - 판정이라는 기능적 연계관계를 의미한다. 아울러 엣지컴퓨팅・분산처리(M3), 장비 경량화・부착 최소화(M5), 전투데이터 표준화・저장・연계(M6), 통합훈련환경 상호운용성(M8)은 핵심기능의 구현과 연계를 지원하고 향후 체계의 확장성을 확보하는 방향으로 발전할 필요가 있다.

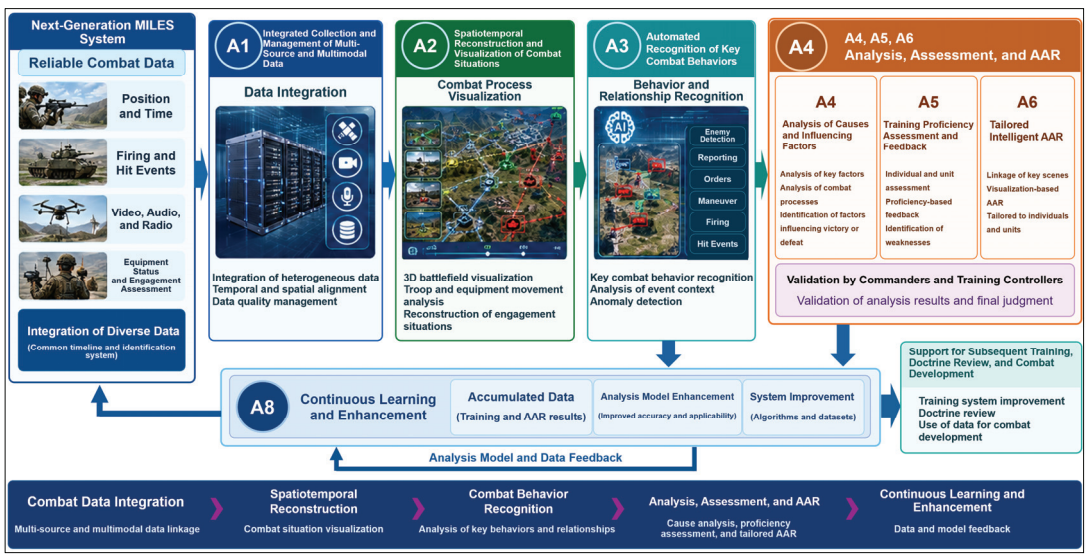
따라서 차세대 MILES는 기존의 교전결과 판정 중심 장비에서 AI 기반 전투분석에 필요한 신뢰성 있는 전투데이터를 지속적으로 생산・전달하는 '전투데이터 생산기반'으로 발전해야 한다.

5.2 AI 기반 전투분석체계 발전방향

AI 기반 전투분석체계에서는 A2 전투상황의 시공간 재구성・가시화, A1 다원・멀티모달 전투데

www.kci.go.kr

이터 통합수집・관리, A3 AI 기반 주요 전투행동 자동식별 순으로 중요도가 높게 나타났다. 이는 고도화된 AI 분석기능에 앞서 다양한 전투데이터를 통합하고 전투과정을 동일한 시공간에서 재구성할 수 있는 기반 확보가 중요함을 의미한다.



* AHP 중요도는 A2–A1–A3 순이나, 기능적 구현은 A1 데이터 통합 → A2 시공간 재구성 → A3 전투행동 식별 → A4・A5・A6 분석・평가・AAR → 전문가 검증 → A8 지속학습의 순환구조를 나타낸다.

〈Figure 5〉 Conceptual Diagram of Development Directions for an AI-Based Combat Analysis System

다만 AHP 중요도는 A2 - A1 - A3 순으로 나타났으나, 기능적 구현은 데이터 통합(A1)을 기반으로 시공간 재구성(A2)과 전투행동 식별(A3)로 확장되는 구조가 적절하다. 즉 차세대 MILES에서 생성된 교전・위치・시간정보와 영상・음성・무전 등 다양한 전투데이터를 통합관리(A1)하고, 이를 동일한 시간축과 공간에서 재구성・가시화(A2)한 후 주요 전투행동과 관계를 자동식별(A3)하는 구조이다.

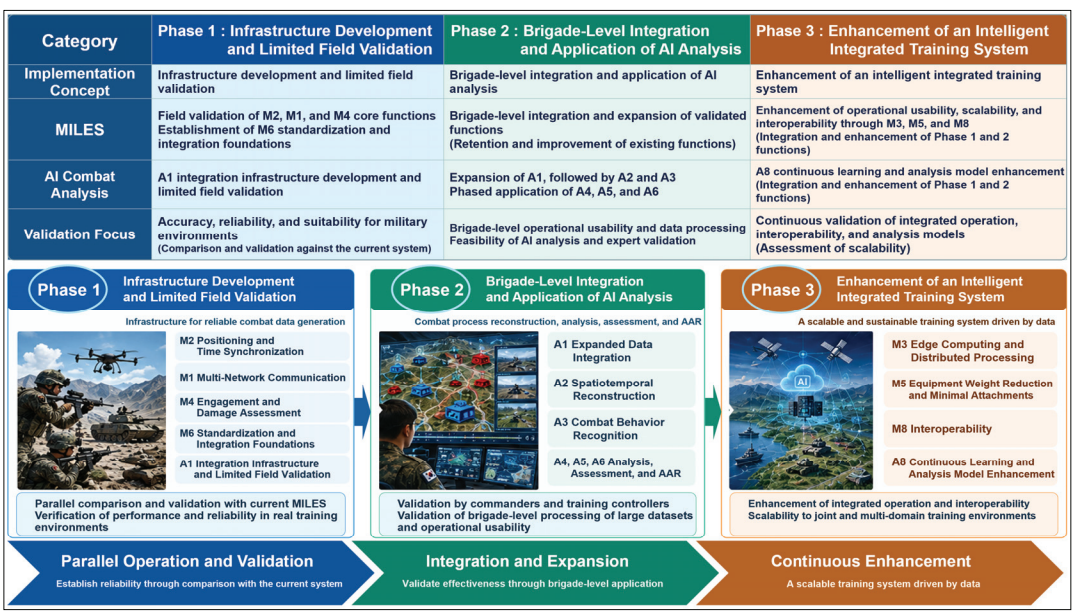
이러한 기반을 바탕으로 전투수행과정 및 승패 영향요인 분석(A4), 훈련수준 평가 및 피드백(A5), 맞춤형 지능형 AAR(A6)으로 분석기능을 확장할 필요가 있다. AI는 최종 판단을 독립적으로 수행하기보다 분석근거와 결과를 지휘관・훈련통제관에게 제시하고, 전문가가 이를 검토・검증하는 인간 중심의 분석체계로 운용하는 것이 적절하다. 검증된 분석결과와 전문가 피드백은 AI 분석모델의 지속학습・고도화(A8)에 활용하여 다음 훈련의 분석성능을 개선하는 순환구조로 발전시킬 필요가 있다.

따라서 AI 기반 전투분석체계는 단순한 자동분석 기능이 아니라 전투데이터 통합 - 시공간 재구성 - 전투행동 식별 - 분석・평가 - AAR - 전문가 검증 - 지속학습이 연결되는 지능형 분석・환류체계로 발전해야 한다.

www.kci.go.kr

5.3 단계별 체계구축 및 추진방향

AHP 결과는 핵심 발전요소의 상대적 중요도를 제시하지만 이를 기술개발 순서로 직접 적용할 수는 없다. 실제 체계구축에서는 요소 간 기능적 선후관계, 기술성숙도와 구현 가능성, 군 환경 실증 필요성, 현행체계와의 병행운용 및 확장·상호운용성을 함께 고려해야 한다. 이에 본 연구에서는 AI 기반 KCTC 훈련체계의 발전을 3단계의 누적적 발전과정으로 제안한다.



* 본 로드맵은 AHP 우선순위를 기술개발 순서로 직접 적용한 것이 아니라 요소 간 기능적 선후 관계, 기술성숙도와 구현 가능성, 군 환경 실증 필요성, 현행체계와의 병행운용 및 확장·상호운용성을 종합하여 구성하였다. 각 단계는 이전 단계에서 검증된 기능을 유지·확대·고 도화 하는 누적적 발전과정이다.

〈Figure 6〉 Phased Implementation and Development Roadmap for an AI-Based KCTC Training System

1단계는 '기반 구축·제한실증' 단계이다. 정밀 측위·시간동기화(M2), 다중통신(M1), 데이터 기반 교전·피해판정(M4), 데이터 표준·연계(M6)를 중심으로 차세대 MILES의 핵심기능을 구축하고, AI 전투분석에서는 데이터 통합기반(A1)을 마련한다. 현행 MILES와 병행운용하면서 교전판정 정확성, 데이터 신뢰성, 통신·측위 성능 및 군 환경 적합성을 실증한다.

2단계는 '여단급 통합·AI 분석 적용' 단계이다. 1단계에서 검증된 기능을 여단급 훈련환경으로 확대하고, 시공간 재구성(A2), 주요 전투행동 자동식별(A3), 승패 영향요인 분석·훈련평가·AAR(A4·A5·A6)을 단계적으로 적용한다. 이 단계에서는 지휘관·훈련통제관의 검증을 통해 AI

www.kci.go.kr

분석결과의 신뢰성과 실제 훈련 적용 가능성을 확인한다.

3단계는 '지능형 통합훈련체계 고도화' 단계이다. 엣지컴퓨팅(M3), 장비 경량화(M5), 상호운용성(M8)을 확대・고도화하고, AI 분석모델의 지속학습(A8)을 통해 분석성능을 개선한다. 나아가 다양한 과학화훈련체계와 연계하여 전투훈련데이터와 분석결과가 후속훈련뿐 아니라 교리・전력발전에도 활용될 수 있는 통합훈련환경으로 확장한다.

Ⅵ. 결 론

6.1 연구결과 및 시사점

본 연구는 미래 전장환경과 AI・데이터 기술의 발전에 대응하여 AI 기반 KCTC 훈련체계의 핵심 발전요소를 도출하고 우선순위를 분석하여 체계 발전방향을 제시하는 것을 목적으로 수행하였다. 현행 KCTC 훈련체계의 제한사항과 국내외 발전동향을 분석하여 16개의 후보 발전요소를 도출하고, 수정 Delphi와 AHP를 통해 핵심 발전요소와 우선순위를 분석하였다.

수정 Delphi 결과 차세대 MILES 체계 7개와 AI 기반 전투분석체계 7개 등 총 14개의 핵심 발전요소가 선정되었다. AHP 분석에서는 차세대 MILES 체계(.693)가 AI 기반 전투분석체계(.307)보다 높은 중요도를 보였다. 전체 종합우선순위에서는 개방형・모듈형 다중통신체계(M1), 데이터 기반 교전・피해판정체계로의 전환(M4), 정밀 측위 및 시간동기화(M2)가 높은 순위를 보였으며, AI 기반 전투분석 영역에서는 전투상황의 시공간 재구성・가시화(A2)와 다원・멀티모달 전투데이터 통합수집・관리(A1)의 중요성이 높게 나타났다.

이러한 결과는 AI 분석기능의 중요성을 낮게 평가한 것이 아니라, AI 분석의 신뢰성과 활용성을 확보하기 위해 정확하고 신뢰성 있는 전투데이터의 생산・전송・판정 기반을 우선적으로 확보할 필요가 있음을 보여준다. 이에 본 연구는 차세대 MILES를 단순한 교전훈련장비가 아닌 '신뢰성 있는 전투데이터 생산기반', AI 기반 전투분석체계를 '전투데이터 통합 - 시공간 재구성 - 전투행동 식별 - 분석・평가 - AAR - 전문가 검증 - 지속학습이 연결되는 지능형 분석・환류체계'로 발전시킬 것을 제안하였다.

또한 AHP 우선순위를 기술개발 순서로 직접 적용하지 않고 요소 간 기능적 선후관계, 기술성숙도, 군 환경 실증 필요성 및 현행체계와의 연계 가능성을 고려하여 '기반 구축・제한실증 → 여단급 통합・AI 분석 적용 → 지능형 통합훈련체계 고도화'의 3단계 발전방향을 제시하였다. 이는 현행체계를 일괄 대체하기보다 '병행운용・검증 → 통합・확대 → 지속적 고도화'하는 진화적 접근이 필요함을 의미한다.

본 연구는 차세대 KCTC 발전을 개별 장비나 AI 기능의 추가가 아니라 전투데이터 생산 - AI 분

www.kci.go.kr

석・평가 - AAR - 훈련 및 전투발전 환류가 연결되는 데이터 중심 훈련체계의 관점에서 제시하고, Delphi와 AHP를 통해 핵심 발전요소의 타당도와 상대적 우선순위를 분석하여 이를 단계적 발전 로드맵으로 구체화했다는 데 정책적・실무적 의의가 있다.

궁극적으로 차세대 KCTC는 단순히 훈련결과를 판정하는 체계를 넘어 훈련과정에서 생성되는 전투데이터를 축적・분석하여 후속훈련과 교리・전력발전에 지속적으로 환류하는 지능형 훈련체계로 발전할 필요가 있다.

6.2 연구의 한계 및 향후 연구

본 연구는 다음과 같은 한계를 갖는다. 첫째, 전문가 17명의 판단을 기반으로 핵심 발전요소와 우선순위를 도출하였으므로 전문가 구성과 경험에 따라 결과가 달라질 수 있다. 향후에는 KCTC 운용자, 전력・획득 전문가, AI・통신・센서 분야 기술전문가 등으로 참여범위를 확대하여 결과의 일반화 가능성을 검증할 필요가 있다.

둘째, 본 연구는 공개자료와 전문가 판단을 중심으로 수행되어 개별 기술의 성능・비용・기술성숙도(TRL) 및 군 환경에서의 실증결과를 정량적으로 검증하지 못하였다. 따라서 후속 연구에서는 통신・측위・교전판정・AI 분석 등 핵심기능에 대한 시험평가와 실증을 통해 성능지표와 요구수준을 구체화할 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서 제시한 3단계 발전방향은 핵심 발전요소 간 기능적 선후관계와 구현 가능성을 고려한 개념적 로드맵이다. 향후에는 현행 KCTC 체계와의 병행운용, 기존 장비 활용범위, 데이터 표준 및 인터페이스, 획득・전력화 일정과 비용 등을 반영하여 실행 가능한 체계구축 로드맵으로 구체화할 필요가 있다.

마지막으로 향후에는 실제 KCTC 훈련데이터를 활용한 제한실증과 여단급 적용연구를 통해 AI 분석의 정확성・신뢰성・설명가능성과 군사적 활용성을 검증하고, 전문가 검증 및 지속적인 모델 고도화 방안을 구체화할 필요가 있다.

www.kci.go.kr

Reference

Ayre, C., & Scally, A. J. (2014). Critical values for Lawshe's content validity ratio: Revisiting the original methods of calculation. Measurement and Evaluation in Counseling and Development, 47(1), 79–86.

Cates, K., Banghart, M., & Plant, A. (2022). Improving after action review (AAR): Applications of natural language processing and machine learning. Journal of Military Learning, 6(1), 3–14.

Choi, J. H. (2022). Study on the development direction of LVCG training system using a metaverse-based STE (Synthetic Training Environment) platform. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 23(9), 220–225.

Durall, D. (2018, October 3). Synthetic Training Environment and the digital revolution in the Army. U.S. Army.

Jünger, S., Payne, S. A., Brine, J., Radbruch, L., & Brearley, S. G. (2017). Guidance on conducting and reporting Delphi studies (CREDES) in palliative care: Recommendations based on a methodological systematic review. Palliative Medicine, 31(8), 684–706.

Kim, J.-R. (2021). Development measures for KCTC scientific combat training equipment. Combat Development, (162). Republic of Korea Army Training and Doctrine Command.

Korea Combat Training Center. (2026). NEXT KCTC scientific combat training system [Presentation slides].

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. Personnel Psychology, 28(4), 563–575.

Lee, S.-H., Kook, S.-S., Choi, G.-C., Heo, S.-H., & Ryu, J.-K. (2025). Requirements analysis and design for the development of a synthetic training environment for the Republic of Korea Armed Forces. Journal of Industrial Technology Research, 30(3), 11–28.

Lee, S.-H., & Park, E.-S. (2023). A study on the construction of synthetic training environment (STE) information system. Journal of Industrial Technology Research, 28(3), 97–105.

Papadakis, N., Havenetidis, K., Papadopoulos, D., & Bissas, A. (2023). Employing body-fixed sensors and machine learning to predict physical activity in military personnel. BMJ Military Health, 169(2), 152–156.

Rantakokko, J., Strömbäck, P., Emilsson, E., & Rydell, J. (2012). Soldier positioning in GNSS-denied operations. In Proceedings of the Sensors and Electronics Technology Panel Symposium (SET-168) on Navigation Sensors and Systems in GNSS Denied Environments (pp. 1–12).

Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill.

Shaikh, M. B., Chai, D., Islam, S. M. S., & Akhtar, N. (2024). Multimodal fusion for audio-image

www.kci.go.kr

and video action recognition. Neural Computing and Applications, 36, 5499–5513.

U.S. Army. (2025). Synthetic Training Environment (STE): STE Live Training System. In PB 2026 Army procurement justification book. Department of the Army.

U.S. Army DEVCOM Army Research Laboratory Public Affairs. (2026, May 13). Army researchers unlock the power of performance data to enhance Soldier lethality and readiness. U.S. Army.

Yoo, B. J., Lee, H. M., & Kim, J. H. (2024). The system architecture design proposal and development process improvement for the Korean synthetic training environment. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 25(10), 190–198.

원 고 접 수 일 2026년 09월 14일
원 고 수 정 일 2026년 09월 28일
게 재 확 정 일 2026년 10월 01일

www.kci.go.kr

IDAP 광운대학교 방위사업연구소 INSTITUTE OF DEFENSE ACQUISITION PROGRAM

JAMS JOURNAL OF ADVANCES IN MILITARY STUDIES

2026, Vol. 9, No. 2, 41-67.

https://doi.org/10.37944/advmil.9.2.202610.003

인공지능(AI) 기반 KCTC 훈련체계 발전방향 연구: 차세대 MILES와 AI 기반 전투분석체계 핵심 발전요소 도출 및 우선순위 분석 중심으로

김장렬*

국문초록

본 연구는 미래 전장환경과 AI · 데이터 기술 발전에 대응하여 AI 기반 KCTC 훈련체계의 핵심 발전요소를 도출하고 우선순위를 분석하여 발전방향을 제시하는 데 목적이 있다. 현행체계의 제한사항과 국내외 발전동향을 분석하여 차세대 MILES 체계와 AI 기반 전투분석체계의 16개 후보요소를 도출하고, 전문가 17명을 대상으로 수정 Delphi와 AHP 분석을 실시하였다. Delphi 결과 총 14개의 핵심 발전요소가 선정되었으며, AHP 분석에서는 차세대 MILES 체계(.693)가 AI 기반 전투분석체계(.307)보다 높은 중요도를 보였다. 종합우선순위는 개방형 · 모듈형 다중통신체계(.198), 데이터 기반 교전 · 피해판정체계(.183), 정밀 측위 및 시간동기화(.117), 전투상황의 시공간 재구성 · 가시화(.103), 다원 · 멀티모달 전투데이터 통합수집 · 관리(.092) 순으로 나타났다. 이는 AI 분석의 정확성과 활용성을 높이기 위해 신뢰성 있는 전투데이터 생산기반을 우선 확보할 필요가 있음을 보여준다. 이에 차세대 MILES를 전투데이터 생산기반으로, AI 기반 전투분석체계를 지능형 분석 · 환류체계로 발전시키고, 기반 구축 · 제한실증, 여단급 통합 · AI 분석 적용, 지능형 통합훈련체계 고도화의 3단계 발전방향을 제시하였다.

주제어 : KCTC 과학화전투훈련체계, 차세대 MILES, AI 기반 전투분석체계, Delphi · AHP

* (단독저자) 한국군사전력연구소, 연구소장, ljin1170@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2878-1377.

www.kci.go.kr