



Received: 2026/08/18
Revised: 2026/08/30
Accepted: 2026/09/07
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Jae-Hak Ryu

E-mail: rjh0303@hanmail.net

국방 GIS 기반 RAG-LLM을 활용한 AI COP 자동생성 기술 연구

Study on AI COP Automatic Generation Technology Using Defense GIS-Based RAG-LLM

류재학^{1*}, 오현규², 진유정³

¹해군 중령/(주)우진지앤에스 기업연수 중

²(주)우진지앤에스 기술연구소 수석연구원

³(주)서일엔지니어링 책임연구원

Jae-Hak Ryu^{1*}, Hyon-Gyu Oh², Yoo-Jyoung Jin³

¹CDR, ROK Navy/Executive trainee at Woojin GNS Co., Ltd.

²Principal researcher, R&D Center at Woojin G&S Co., Ltd.

³Principal researcher, Seoil Eng Co., Ltd.

Abstract

본 연구에서는 RAG-LLM과 국방 GIS를 결합한 AI 작전상황도(COP) 자동생성 프레임워크를 제안한다. 제안 프레임워크는 전장정보 전처리, AI 기반 전술추론, 공간정보 처리, AI COP 자동생성, 지휘관 검증의 5단계로 구성된다. RAG-LLM을 통해 비정형 군사정보에서 핵심 전술요소를 추출하고, 이를 GIS 공간객체와 표준 군대부호로 변환하여 COP에 자동 반영한다. 이를 통해 상황평가, 위협분석 및 상황전개 예측을 지원하며, 기존 수작업 중심의 COP 생성절차를 자동화하고 전장 상황인식과 지휘결정을 지원하기 위한 기술적 기반을 제시한다.

This paper proposes an AI-based common operational picture (AI-COP) generation framework integrating a retrieval-augmented generation-based large language model (RAG-LLM) with a defense geographic information system (GIS). The framework consists of battlefield data preprocessing, AI-based tactical reasoning, spatial information processing, AI COP generation, and human-in-the-loop validation. RAG-LLM extracts key tactical entities from unstructured military information, which are converted into GIS spatial objects and standardized military symbols. The generated information is integrated into the COP to support situation assessment, threat analysis, and situation projection. The proposed framework provides a technical foundation for automating COP generation and enhancing battlefield situational awareness and command decision support.

Keywords

공통작전상황도(Common Operational Picture), 검색증강생성 기반 대규모 언어모델(RAG-LLM), 전술추론(Tactical Reasoning), 국방 GIS(Defense GIS), 인간 참여형 검증(Human-in-the-Loop)

Acknowledgement

이 논문은 2026년도 한국해군과학기술학회 하계학술대회 발표자료를 기반으로 작성하였음.

1. 서론

현대전장은 ISR, 위성영상, 무인체계, 센서, C4I, 작전명령(OPORD) 및 상황보고(SITREP) 등 다양한 출처의 전장정보가 지속적으로 증가하는 데이터 중심 환경으로 전환되고 있다. 이러한 환경에서 지휘관 참모의 공통된 상황인식을 형성하는 공통작전상황도(이하, COP)의 중요성이 커지고 있으며, 국방관계관의 기대도 높아지고 있다[1,2]. 특히, 상황인식은 현재상황의 지각과 이해에서 향후 상태의 예측으로 발전이 기대되고 있다[3]. 그러나 기존 COP은 부대 위치, 작전구역, 기동축, 통제선, 군대부호 등을 참모가 수작업으로 입력·갱신함에 따라 정보 불일치, 실시간성 부족, 작성시간 지연, 체계 연계 제한 등의 문제가 발생한다[2,4].

본 연구는 이러한 한계를 해결하기 위해 국방 GIS 기반의 RAG-LLM을 활용한 AI COP 자동생성을 5단계 프레임워크를 제안한다. 제안하는 프레임워크는 ▲ 데이터 전처리 ▲ 전술추론 ▲ 공간정보 처리 ▲ AI COP 자동생성 ▲ 지휘관 검증 등 5단계로 구성된다. 특히 AI가 자연어 형태의 작전명령과 상황보고를 이해하여 부대, 위치, 임무, 위협요소 등의 전술 객체를 자동 추출하고, 이를 국방 GIS 공간객체(point, line, polygon)와 군 표준 부대부호로 변환하여 실시간 COP을 생성하도록 설계하였다.

또한 GraphRAG 기반 지식 표현과 공간관계 분석을 결합하여 현재 전장 상황뿐 아니라 적의 기동 가능성, 우회 위협, 화력 사각지대 등 상황을 예측할 수 있는 구조를 제안하였다. 특히 국방 GIS 환경에서는 민간지도와 달리 C4I 체계 연동, 국방 정보체계 상호운용성 표준, KVMF·표준전문 등 메시지 통합, MIL-STD-2525 계열 전술심볼 매핑, 보안·권한 통제 등이 선결 조건으로 요구되기 때문에 외국방산 기업의 COP 기술이나 민간분야 재난대응, 통합관계 관련 AI 상황판단 기술은 외형적으로는 혁신적일 수 있으나 실제 국방 C4I 적용은 매우 어려울 수 있다.

이에 본 연구는 한국의 국방 GIS 환경에서 AI COP이 전술적 상황에서 지휘관의 판단을 지원하는 의사결정 보조 도구로 활용될 수 있는 방안을 모색할 것이다.

2. 관련연구

2.1 AI COP 연구

COP 연구는 초기의 지도 기반 전장정보 표현에서 다출처 데이터 융합, 상황평가 및 미래 영향 예측을 지원하는 방향으로 발전해 왔다. Looney는 다중 센서에서 생성된 표적 항적과 식별정보를 융합하고, 퍼지 군집화와 분류기법을 이용하여 상황평가 및 위협평가를 지원하는 COP 융합 아키텍처를 제시하였다[2]. 이는 COP이 단순 시각화 체계에서 데이터 융합과 지능형 상황분석을 포함하는 구조로 확장되는 초기 연구에 해당한다.

Puuska et al.은 데이터 융합모델을 기반으로 이중 정보원의 데이터를 수집·통합하고, 현재 상태 분석과 미래 영향 예측 결과를 COP으로 제공하는 SACIN 프레임워크를 제안하였다[5]. 해당 연구는 데이터 수집과 객체 식별뿐 아니라 상황평가와 미래상태 예측을 하나의 COP 아키텍처에 포함하였다는 점에서 지능형 COP의 기술적 발전 방향을 보여준다.

최근 연구에서는 인공지능을 상황인식 과정에 적용하여 센서와 정보자원을 동적으로 운용하고, 현재 상황의 이해와 미래상태 예측을 지원하려는 접근이 확대되고 있다. Munir et al.은 AI와 동적 데이터 기반 시스템을 결합한 상황인식 모델을 제안하고, 전장·군사기지·국가안보 등의 분야에서 AI 기반 상황인

식 기술의 적용 가능성을 분석하였다[6].

또한 Kim et al.은 다수의 사이버 데이터를 통합·맥락화하여 지휘관의 사이버 상황인식을 지원하는 cyber COP 프레임워크와 평가기준을 제안하였다[7]. 이 연구는 AI COP이 물리적 전장뿐 아니라 사이버 영역으로 확대되고 있으며, 데이터의 통합, 시각화, 신속한 인지 및 의사결정 지원이 주요 연구요소를 보여준다.

2.2 RAG-LLM 기반 군사 인공지능

LLM은 자연어 기반 정보분석과 문서생성에 활용될 수 있으나, 학습되지 않은 군사 전문지식에 대한 부정확한 응답과 환각이 발생할 가능성이 있다. Lewis et al.은 외부 지식원에서 관련 문서를 검색한 뒤 이를 생성모델의 입력에 결합하는 RAG 구조를 제안하였다[8]. RAG는 모델을 다시 학습하지 않고도 최신 정보와 도메인 지식을 활용하고, 검색된 문서를 생성 결과의 근거로 제시할 수 있다는 점에서 군사 교범과 작전자료를 활용하는 국방 AI에 적합하다.

최근 국내에서는 RAG-LLM을 전장 상황분석에 직접 적용하는 연구가 수행되고 있다. 조원준 외는 RAG와 지도학습 미세조정(supervised fine-tuning)을 결합한 전장 상황분석 모델을 제안하고, 군 전문가와 구성한 합성 전장데이터를 활용하여 출처 추출 정확도와 응답 품질을 평가하였다[9]. 이 연구에서는 참조 문서를 포함하는 삼중 구조 학습을 적용한 8B급 경량 모델이 대규모 모델에 근접한 성능을 나타내어, 연산 자원이 제한된 폐쇄망 및 전술환경에서도 RAG 기반 소형 LLM의 활용 가능성을 제시하였다.

Lee et al.은 전장 상황분석용 RAG 시스템에서 소형 LLM의 안전성과 유용성을 개선하기 위한 선호도 정렬 학습을 적용하였으며, 특히 군사 분야에서 환각 감소와 응답 안전성 확보의 중요성을 제시하였다[10].

2.3 국방 GIS 기반 공간정보 처리

국방 GIS는 전장환경과 지형정보를 수집·관리하고, 이를 작전계획과 지휘결심에 필요한 공간정보로 변환하는 핵심 기술로 활용되고 있다. Liao는 군사 지리정보의 수집, 처리, 분석 및 배포를 지원하기 위해 사례기반 지식, 경험적 규칙 및 추론 기능을 결합한

군사 지리정보시스템 아키텍처를 제안하였다[11]. 이 연구는 국방 GIS가 단순한 지도관리 도구가 아니라 지형정보와 작전지식을 결합하여 상황분석과 계획 수립을 지원하는 지식기반 체계로 발전할 수 있음을 보여준다.

Kim과 Hoffmann은 대규모 전장 위치정보를 밀도, 군집 및 살상위험도 관점에서 공간적으로 분석하고 시각화하는 방법을 제시하였다[12]. 특히 기하학적 질의, Delaunay 삼각망 및 확률모델을 활용하여 부대 밀집지역과 위협수준을 도출하고, 이를 지휘관이 신속하게 인지할 수 있도록 시각화하였다. 이는 국방 GIS 기반 공간정보 처리가 단순한 객체 위치 표시를 넘어 전장상황의 패턴과 위협성을 분석하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다.

Sycara et al.은 다중 센서 정보와 지형정보를 융합하여 군사적으로 의미 있는 공간정보를 자동 생성하는 HiLIFE 프레임워크를 제안하였다[4]. 이 프레임워크는 산림, 하천, 경사도, 기상 등 저수준 지형정보를 결합하여 기동 가능지역, 기동 제한지역, 접근로 및 교전지역과 같은 고수준 전술정보로 변환하였다. 또한 지형분석 결과를 적의 배치와 의도 추론에 활용하여 국방 GIS의 공간분석 기능이 고수준 전술추론과 연결될 수 있음을 제시하였다.

최근에는 군사기동성 분석을 위한 자동화된 지형분류 연구도 수행되고 있다. Pokonieczny와 Mościcka는 표준 벡터 공간데이터와 수치표고자료를 이용하여 격자별 기동성 지수를 계산하고, 셀의 형태와 크기가 군사 통과성 지도 작성 결과에 미치는 영향을 분석하

였다[13]. 연구 결과는 작전제대와 분석 정밀도에 따라 적절한 공간해상도를 선택해야 함을 보여주며, 국방 GIS 기반 자동 지형분석과 기동로 평가의 기술적 근거를 제공한다.

3. AI COP 시스템 설계

3.1 시스템 아키텍처

본 연구에서 제안하는 시스템은 Table 1과 같이 데이터 전처리, 전술추론, 국방 GIS 기반 공간정보 처리, AI COP 자동생성, 지휘관 검증의 5단계로 구성된다. 각 단계는 전장 데이터를 수집·분석하여 전술적 의미를 도출하고, 이를 공간정보로 변환하여 작전상황도에 표현하는 일련의 처리과정으로 연계된다.

3.2 AI COP 자동생성 프로세스

전장 데이터 처리의 복잡성과 신속한 지휘결심의 요구 사이에서 신뢰할 수 있는 AI COP을 구축하기 위해 체계적인 ‘5단계 프로세스’를 채택하였다. AI의 높은 처리 속도와 지휘관의 유연한 판단력을 유기적으로 결합하는데 목적이 있다. 각 단계별 입력, 처리, 산출물은 Table 1과 같다.

3.2.1 1단계: 데이터 전처리

OPORD, SITREP, ISR 이미지, GIS 정보, 부대 DB,

Table 1. Five-stage AI COP automatic generation framework

Stage	Input	Core Processing	Major Outputs
1. Data Preprocessing	OPORD, SITREP, ISR, GIS, Unit DB, Sensors	Data cleansing, transformation, and standardization	RAG-LLM-optimized dataset, structured battlefield data
2. Tactical Reasoning	Operational orders, reports, doctrine, knowledge graph	RAG, NER, tactical analysis, LLM-based tactical element extraction	Structured tactical data, missions and movement directions
3. Defense GIS-Based Spatial Information Processing	Structured tactical data, coordinates, GIS DB	Coordinate transformation, military symbol mapping, GIS object generation	GIS objects, operational map layers
4. AI COP Automatic Generation	GIS objects, real-time observations, tactical elements	Automatic visualization, Integrated COP visualization and synchronization	Integrated COP, summary, report/order-linked data
5. Commander Validation	AI-generated COP, analysis results, draft documents	Confidence scoring, modification and approval, feedback	Final COP, SITREP/FRAGO, operational DB history

센서 데이터, C4I 데이터 등 이종 데이터를 통합 수집하고, 실시간 전장정보와 정적 데이터베이스를 함께 관리한다. 수집된 데이터는 오류, 중복, 결측값 제거, 형식 통일, 노이즈 필터링을 거쳐 데이터 품질을 확보한다. 이후 비정형 텍스트, 영상, 공간정보를 AI 처리에 적합한 구조화 형태로 변환한다. 자연어 문서는 임무, 위치, 시간, 부대, 위협요소 필드로 구조화하고, 영상·이미지는 객체와 좌표·시간 메타데이터를 추출하며, GIS 데이터는 ID, 좌표, 속성정보를 갖는 공간 객체로 정리한다.

3.2.2 2단계: 전술추론

자연어 기반 군사 명령과 작전문서를 해석하여 부대, 위치, 임무, 위협, 기동방향, 공격축, 방어선, 화력지원 범위와 같은 핵심 전술요소를 자동 식별·구조화하는 과정이다. RAG 기반 문맥 이해는 작전문서, 기존 명령서, 상황보고, GIS 정보, 부대 DB에서 관련 정보를 검색·결합하여 명령의 배경, 목적, 대상 부대, 예상 위협을 이해하는 데 사용된다.

개체명 인식(NER)은 부대명, 지명, 좌표, 시간, 장비, 위협요소를 추출하여 분석 가능한 정형 데이터로 변환한다. 전술 관계 분석은 추출된 부대·위치·임무·위협 간 공간적·시간적·작전적 관계를 분석하여 이동방향, 접근 위협, 공격축·방어선 연계를 입체적으로 해석한다. LLM은 자연어 명령에서 공격축, 방어선, 기동계획, 우회기동, 화력지원, 경계구역, 위험지역 등을 도출하고, 이를 상황도, SITREP, FRAGO, 지휘결심 정보로 활용 가능한 표준 전술데이터 구조로 변환한다.

AI 전술추론을 통해 추출된 전술요소는 속성정보만으로는 COP에 직접 표현하기 어렵기 때문에 공간적 특성에 따른 객체화 과정이 필요하다. 본 연구에서는 부대·시설 등 단일 위치를 갖는 전술요소는 point, 이동경로·기동축·방어선 등 방향성과 연속성을 갖는 요소는 line, 작전구역·위험지역·화력지원 범위 등 일정한 공간적 범위를 갖는 요소는 polygon으로 변환한다. 이 과정에서 서로 다른 출처의 좌표정보는 국방 GIS에서 활용 가능한 기준 좌표체계로 변환하고, 전술개체의 피아관계, 부대 유형 및 규모 등의 속성은 군 표준 군대부호와 연계한다.

공간객체로 변환된 전술요소는 단순한 지도 표시

뿐만 아니라 객체 간 거리, 방향, 포함, 인접 및 중첩 등의 공간관계 분석에 활용할 수 있다. 예를 들어 적 부대의 위치와 이동방향, 아군 방어선 및 지형정보를 결합하면 예상 접근방향과 방어 취약구간을 식별할 수 있으며, 화력지원 자산의 위치와 사거리 정보를 중첩하면 화력지원 가능지역과 공백지역을 도출할 수 있다. 이러한 공간분석 결과는 후속 AI COP 자동생성 단계에서 전술상황을 시각화하고 상황평가 및 지휘결심을 지원하기 위한 기초정보로 활용된다.

3.2.3 3단계: 국방 GIS 기반 공간정보 처리

3단계에서는 AI 전술추론 단계에서 추출된 부대, 위치, 활동, 임무, 이동방향 및 작전구역 등의 전술개체를 국방 GIS에서 활용 가능한 공간객체와 표준 군대부호로 변환한다. 먼저 추출된 위치정보를 지도 좌표체계와 연계하고, 전술개체의 유형과 작도 특성에 따라 점(point), 선(line), 면(polygon) 형태의 공간객체를 생성한다. 부대 위치와 같이 단일 좌표로 표현되는 개체는 point로, 기동로·통제선과 같이 방향성과 경로를 갖는 개체는 line으로, 작전구역·위험지역 등 일정 범위를 갖는 개체는 polygon으로 구조화한다.

군대부호는 MND-STD-2525C를 기준으로 전술개체의 피아관계, 군종, 부대종류 및 규모 등의 속성을 식별하여 군대표준부호를 매핑한다. 특히 작전활동부호는 작도 형태에 따라 단일 좌표를 이용하는 정형부호와 복수 좌표를 이용하는 비정형부호로 구분하고, 선·영역형 부호의 경우 AI가 추론한 위치·방향·범위정보를 좌표열로 변환하여 공간 형상을 생성한다. 또한 부호코드와 수식정보 등 작전에 필요한 속성정보를 조립문자열 형태로 구성하여 전술객체의 의미정보와 공간정보가 함께 유지되도록 한다.

생성된 공간객체는 GIS 공간분석을 통해 객체 간 거리, 방향, 포함·인접 관계 및 이동경로 등의 공간관계를 분석할 수 있도록 구성한다. 이를 통해 단순한 군대부호 배치를 넘어 적·아군의 위치관계, 예상 기동방향, 작전구역과의 중첩 등 후속 상황평가와 situation projection에 필요한 공간적 기반정보를 제공한다.

최종적으로 생성된 부호, 좌표, 공간형상 및 속성정보는 표준 투명도 스키마에 부합하는 데이터 구조

로 변환하여 AI COP 자동생성 단계로 전달한다. 이를 통해 ‘전술개체 추출 → 표준 군대부호 매핑 → 공간객체 생성 → 공간관계 분석 → 표준 투명도 데이터 생성’으로 이어지는 자동 공간정보 처리체계를 구성한다.

3.2.4 4단계: AI COP 자동생성

COP 자동생성 단계에서는 전 단계에서 구조화·공간정보화된 전술요소를 국방GIS 기반의 통합 작전화면에 자동 시각화하고 실시간으로 갱신하여 전장상황 인식과 지휘결심을 지원한다[14]. 부대 위치와 적 위협정보는 군 표준 좌표체계와 군대부호를 적용하여 도시하고, 공격축, 방어선, 통제선, 화력지원 범위, 위험지역 등의 전술요소는 point-line-polygon 형태의 공간객체로 변환하여 작전지도에 자동 표출한다.

국방GIS 기반 도식화는 군사지형정보와 전술정보를 공간적으로 결합하는 과정으로, 지형·지물, 표고, 도로망, 수계·하천, 행정구역, 좌표·격자 등의 공간정보와 부대 위치, 기동경로, 감시·타격범위 등의 전술정보를 중첩하여 표현한다. 이를 통해 단순한 부대 위치뿐만 아니라 부대와 지형, 적 위협, 기동로 및 작전구역 간의 공간적 관계를 COP상에서 직관적으로 파악할 수 있도록 한다.

또한 지휘소·지휘차량, 정찰·드론, 센서·레이더 및 통신보고 등에서 수집되는 현장정보를 COP과 연계하여 변화된 부대 위치와 위협정보를 지속적으로 갱신한다. 이를 통해 국방GIS 기반의 일관된 전술상황도 생성과 최신 전장상황 공유가 가능하며, 생성된 AI COP은 상황인식 향상, 지휘결심 지원, 작전협조 및 정보공유뿐만 아니라 후속 상황보고 및 명령 생성의 기초정보로 활용된다.

3.2.5 5단계: 지휘관 검증

5단계는 AI가 자동 생성한 COP와 전술분석 결과를 지휘관 또는 참모가 최종 검토·수정·승인하는 human-in-the-loop 기반 검증 단계이다. Parasuraman et al.은 자동화를 정보획득, 정보분석, 의사결정 및 행동수행 수준으로 구분하면서 자동화 수준에 따라 인간의 역할과 책임을 적절하게 설계해야 함을 제시하였다[15]. 불완전한 정보와 상충되는 보고, AI 추론의

불확실성이 존재할 수 있으므로 최종적인 작전 판단과 결과 확정에는 지휘관의 검증을 거치도록 구성한다.

먼저 지휘관 및 참모는 AI가 생성한 부대 위치, 적 위협, 기동로, 작전구역, 방어선, 화력지원 범위 등의 전술요소와 공간객체를 검토한다. 이때 각 분석 결과에는 원천정보와 판단근거, 신뢰도 점수(confidence score)를 함께 제공하여 AI가 어떠한 정보를 근거로 해당 결과를 생성하였는지 확인할 수 있도록 한다. 신뢰도가 낮거나 정보 간 충돌이 발생한 경우에는 해당 객체를 우선 검토 대상으로 제시함으로써 지휘관의 검증 부담을 줄일 수 있다.

검증 결과는 승인, 수정 후 승인, 반려·재검토로 구분한다. 생성 결과가 작전상황과 부합하면 승인하여 최종 COP에 반영하고, 부대 위치·규모·기동방향·작전구역 등의 수정이 필요한 경우에는 지휘관 또는 참모가 직접 보완한 후 승인한다. 반면 정보가 불충분하거나 분석 결과의 신뢰성이 낮은 경우에는 반려하여 추가 정보검색 또는 AI 재분석을 수행하도록 한다.

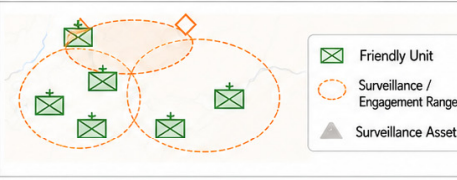
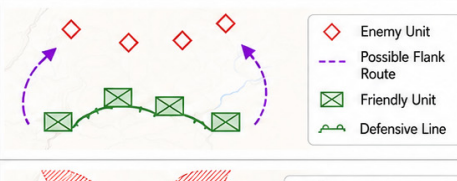
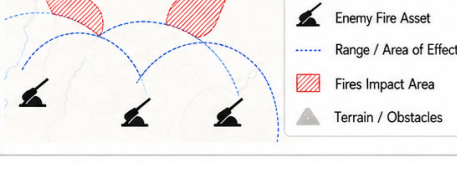
최종 승인된 결과는 COP에 반영하여 지휘관과 참모에게 공유하고, SITREP 및 작전 관련 보고자료 생성 등 후속 지휘통제 업무에 활용할 수 있다. 또한 지휘관의 승인·수정·반려 결과와 수정 이력을 추적하여 향후 RAG 검색, 전술추론 및 판단기준 개선에 활용할 수 있는 피드백 루프(feedback loop)를 구성한다. 이를 통해 AI가 지휘관의 판단을 대체하는 것이 아니라, AI가 생성한 분석 결과를 인간이 검증하고 최종 판단하는 협업형 지휘결심지원 구조를 구현한다.

4. AI COP의 전술적 활용

AI COP은 다양한 정보원에서 수집된 전장 정보를 통합·표준화하여 지휘관 및 참모가 동일한 상황인식을 공유할 수 있도록 지원하는 핵심 의사결정 지원체계이다. 본 연구에서 생성된 표준 군대부호 및 공간객체 기반 데이터는 AI COP의 핵심 입력 요소로 활용되며, 전장 상황을 실시간적으로 시각화하고 분석 가능한 형태로 제공한다.

이에 따라 단순한 지도 기반 시각화 도구를 넘어, 전술개체 간 관계 분석과 상황 변화 추적을 통해 전장 상황의 의미를 구조적으로 해석하는 기능을 수행할 수 있다. 아군 및 적군의 배치 상태, 기동 경로, 작전구역의 변화 등을 통합적으로 표현하며, 시간에 따른 상황

Table 2. Examples of AI COP-based tactical analysis

Analysis Type	Analysis Targets (Examples)	AI COP Visualization Example	Potential Insights Provided
 Enemy Penetration Analysis	- Enemy movement direction - Advance speed - Mobility axis - Enemy defensive line		- Identify probable penetration points - Estimate time to contact - Assess need to reinforce the defensive line
 Enemy Detection State Analysis	- Enemy location - Surveillance / engagement range - Elimination of surveillance assets		- Detect undetected enemy units - Need for unit repositioning - Propose use of terrain features
 Flank Threat Analysis	- Enemy movement direction - Potential envelopment - Feasible approach route		- Identify potential flank attack sectors - Need for blocking / surveillance - Identify vulnerable sectors
 Fires Impact Analysis	- Enemy fire support assets - Range / area of effect - Terrain / obstacles		- Identify fire impact sectors - Identify overlapping sectors - Identify priority target areas - Need for fire support reinforcement

변화까지 연속적으로 관리함으로써 전술적 판단에 필요한 분석 결과를 실시간적으로 제공할 수 있다.

결과적으로 AI COP은 지능형 작전환경 구현의 기반이 될 수 있다.

4.1 전술적 상황에서 지휘관 및 참모 권고

AI COP의 핵심은 단순한 위치정보 시각화가 아닌 실시간 전장 데이터를 분석하여 전술적 의미와 판단 단서를 지휘관 및 참모에게 제공하는 데 있다. Table 2와 같이 AI COP에 기반한 전술분석이 가능하다.

4.2 기대효과

AI COP 자동생성의 기대효과는 네 가지로 요약된다. 첫째, 수작업 중심 COP 작성과 갱신 절차를 자동화하여 참모의 반복 업무 부담을 줄일 수 있다. 둘째, 다출처 전장정보의 신속성, 정확성, 일관성을 향상시켜 지휘관의 상황인식과 의사결정을 지원할 수 있다. 셋째, 좌표계, 시간, 부대코드, 전술심볼, GIS 객체 표준화를 통해 부대·제대 간 정보 불일치를 줄이고 통합 지휘통제 기반을 강화할 수 있다. 넷째, 최종 승인과

피드백 절차를 통해 AI 분석 결과의 책임성과 추적성을 확보함으로써 안전한 AI 운용이 가능하다.

4.3 한계 및 향후 검증 과제

본 연구는 개념적 프레임워크와 개발방안 제시에 초점을 두고 있으므로, 실제 운용환경에서의 정량 검증이 추가로 필요하다. 향후 연구에서는 첫째, 실제 또는 모의 C4I 데이터셋을 활용한 전처리 정확도와 지연시간 평가, 둘째, 전술문서에서 부대·위치·임무·위협을 추출하는 NER 및 관계추출 성능 평가, 셋째, 좌표변환과 군대부호 자동매핑의 정확도 검증, 넷째, COP 자동생성에 따른 상황인지 시간 단축 효과 측정, 다섯째, 지휘관 검증 절차의 사용성 및 신뢰도 평가가 수행되어야 한다.

또한 국방 폐쇄망 환경에서는 모델 업데이트, 지식 베이스 최신화, 보안등급별 접근통제, 로그감사, 오프라인 추론성능, 적대적 데이터에 대한 견고성, 데이터 편향과 환각 방지 문제가 중요하다. AI COP이 실제 지휘통제체제로 확장되기 위해서는 기술적 성능뿐 아니라 교리·절차·보안·책임성 기준이 함께 마련되어야 한다.

5. 결론

본 연구는 국방 GIS 기반 RAG-LLM을 활용한 AI COP 자동생성 기술의 필요성과 개발방안을 프레임 워크로 정리하였다.

AI COP 자동생성 기술의 전략적 가치는 단순한 지도 자동화가 아니라, 전장정보의 통합, 전술요소의 구조화, 공간정보의 표준화, 지휘관 검증을 결합하여 지능형 작전환경 구현의 기반을 마련한다는 점에 있다. 특히 RAG-LLM과 지식그래프는 교리·작전문서·상황보고·GIS 정보를 근거로 전술적 판단단서를 생성할 수 있어, 지휘관의 상황인식과 의사결정 속도 향상에 기여할 수 있다.

향후 AI COP은 디지털 트윈, 멀티모달 AI, 실시간 C4I 연동, 3D 시뮬레이션, 자동 보고·명령 생성 기능과 결합하여 지능형 COP 플랫폼으로 확장될 수 있다. 다만 실전 적용을 위해서는 지휘관의 최종 승인, 근거 기반 설명가능성, 보안·권한통제, 표준 상호운용성, 실증 기반 성능평가가 반드시 병행되어야 한다. 결론적으로 AI COP은 지휘관을 대체하는 체계가 아니라, 지휘관이 더 빠르고 정확하게 판단하도록 지원하는 전술정보 자동화 플랫폼으로 발전해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Michael D. McNeese, Mark S. Pfaff, Erik S. Connors, Joaquin F. Obieta, Ivanna S. Terrell, & Marc A. Friedenberg, 'Multiple Vantage Points of the Common Operational Picture: Supporting International Teamwork,' *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, VOL. 50, NO. 3, 2006, pp. 467-471.

[2] Carl G. Looney, 'Exploring Fusion Architecture for a Common Operational Picture,' *Information Fusion*, VOL. 2, NO. 4, 2001, pp. 251-260.

[3] Mica R. Endsley, 'Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems,' *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, VOL. 37, NO. 1, 1995, pp. 32-64.

[4] Katia Sycara, Robin Ginton, Bin Yu, Joseph Giampapa, Sean Owens, Michael Lewis, & LTC Charles Grindle, 'An Integrated Approach to High-Level Information Fusion,' *Information Fusion*, VOL. 10, NO. 1, 2009, pp. 25-50.

[5] Samir Puuska, Lauri Rummukainen, Jussi Timonen, Lauri Lääperi, Markus Klemetti, Lauri Oksama, & Jouko Vankka, 'Nationwide Critical Infrastructure Monitoring Using a Common Operating Picture Framework,' *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, VOL. 20, 2018, pp. 28-47.

[6] Arslan Munir, Alexander Aved, & Erik Blasch, 'Situational Awareness: Techniques, Challenges, and Prospects,' *AI*, VOL. 3, NO. 1, 2022, pp. 55-77.

[7] Kookjin Kim, Jaepil Youn, Sukjoon Yoon, Jiwon Kang, Kyungshin Kim, & Dongkyoo Shin, 'Study on Cyber Common Operational Picture Framework for Cyber Situational Awareness,' *Applied Sciences*, VOL. 13, NO. 4, 2023, Article 2331.

[8] Patrick Lewis, Ethan Perez, Aleksandra Piktus, Fabio Petroni, Vladimir Karpukhin, Naman Goyal, Heinrich Küttler, Mike Lewis, Wen-tau Yih, Tim Rocktäschel et al., 'Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks,' *Advances in Neural Information Processing Systems*, VOL. 33, 2020, pp. 9459-9474.

[9] Wonjun Cho, Jaesung Yoo, Sang-Min Kim, & Jaeun Jang, 'RAG-Enhanced Small Large Language Models: Enhancing Battlefield Analysis Through Knowledge Distillation of Large Language Models,' *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, VOL. 30, NO. 3, 2025, pp. 43-57.

[10] Hamsle Lee, Dong-Hyun Kim, Hyoung-Seok Kim, & Jaesung Yoo, 'Preference-Aligned sLLM for Safe and Helpful RAG-Based Battlefield Analysis System,' *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, VOL. 30, NO. 6, 2025, pp. 31-46.

[11] Shu Hsien Liao, 'A Knowledge-Based Architecture for Implementing Military Geographical Intelligence System on Intranet,' *Expert Systems with Applications*, VOL. 20, NO. 4, 2001, pp. 313-324.

[12] Young J. Kim & Christoph M. Hoffmann, 'Enhanced Battlefield Visualization for Situation Awareness,' *Computers & Graphics*, VOL. 27, NO. 6, 2003, pp. 873-885.

[13] Krzysztof Pokonieczny & Albina Mościcka, 'The Influence of the Shape and Size of the Cell on Developing Military Passability Maps,' *ISPRS International Journal of Geo-Information*, VOL. 7, NO. 7, 2018, Article 261.

[14] S. Fleming, T. Jordan, M. Madden, E. L. Usery, & R. Welch, 'GIS Applications for Military Operations in Coastal Zones,' *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, VOL. 64, NO. 2, 2009, pp. 213-222.

[15] R. Parasuraman, T. B. Sheridan, & C. D. Wickens, 'A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation,' *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, VOL. 30, NO. 3, 2000, pp. 286-297.