



Received: 2025/07/10
Revised: 2025/07/24
Accepted: 2025/08/31
Published: 2025/09/30

***Corresponding Author:**

Yangkyu Lim

Dept. of VR Convergence, Duksung Women's University
33, Samyang-ro 144-gil, Dobong-gu, Seoul, 01369, Republic of Korea
Tel: +82-2-901-8717
E-mail: trumpetyk09@duksung.ac.kr

Multi-AI 모델 융합 기반 한반도 위협 실시간 분석 및 의사결정 지원 시스템 연구

A Study on Real-time Threat Analysis and Decision Support System for the Korean Peninsula Based on Multi-AI Model Fusion

오성일¹, 임양규^{2*}, 김동균³

¹아이디비에스 한국지사장

²덕성여자대학교 가상현실융합학과 조교수

³몽고디비코리아 수석엔지니어

Sungil Oh¹, Yangkyu Lim^{2*}, Dongkyun Kim³

¹Regional manager, IDBS Korea

²Assistant professor, Dept. of VR Convergence, Duksung Women's University

³Principal Engineer, MongoDB Korea

1. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

근래 한반도는 북한의 핵·미사일 위협, 중국의 군사력 증강, 러시아의 전략적 압박 등 복합적인 안보 위협에 직면하고 있다[1,2]. 특히 KADIZ(Korea Air Defense Identification Zone, 한국방공식별구역) 내에서는 군용기와 민간항공기가 혼재하는 가운데 예측 불가능한 위협 상황이 빈발하고 있어, 합동참모본부 차원의 신속하고 정확한 의사결정 지원 체계가 절실히 요구되고 있다[3].

기존의 단일 영역별 감시 시스템은 다중 도메인에서 동시다발적으로 발생하는 위협을 통합 분석하는 데 한계를 보이고 있다[4]. 주변 국가로부터의 항공기 및 무인기 위협 사례에서 확인할 수 있듯이, 기존 시스템은 저속·소형 비행체 탐지와 추적에 취약점을 보인다. 최근 GPT, Claude 등 대규모 언어모델의 발전으로 복잡한 위협 상황을 자연어로 분석하고 의사결정을 지원하는 시스템 구축이 가능해졌다[5].

Abstract

한반도는 북한 핵·미사일, 중국 군사력 증강, 사이버 공격 등 다중 도메인 복합 안보 위협에 직면하고 있다. 기존 단일 영역 감시 시스템은 동시 발생 위협의 통합 분석과 신속 대응에 한계를 보여 새로운 접근법이 요구된다. 본 연구는 다중 AI 모델 융합 기반 실시간 위협 분석 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 데이터 수집·전처리, AI 상황 분석, 의사결정 지원 계층으로 구성된 3계층 AI 아키텍처를 채택한다. GPT-5/Claude-4 Sonnet 기반 지능형 상황 분석 모듈로 4단계 위험도 분석과 시나리오별 대응 프로토콜을 제공한다. 실시간 민간 항공 데이터 성능 평가에서 KADIZ 경계 접근 탐지, 베이저안 행동 패턴 분류, 칼만 필터 예측 등 핵심 모듈의 우수한 성능을 확인하였고, 전체 시스템이 단일 모델 대비 향상된 성능을 검증하였다.

The Korean Peninsula faces complex security threats including North Korea's nuclear/missile threats, China's military buildup, and cyber attacks. Existing single-domain surveillance systems show limitations in analyzing simultaneous threats and responding swiftly, requiring new approaches. This study proposes a real-time threat analysis system based on multi-AI model fusion. The system adopts three-layered architecture: data collection/preprocessing, AI situation analysis, and decision support layers. An intelligent situation analysis module using GPT-5/Claude-4 Sonnet analyzes four-level risk assessment and provides response protocols for scenarios. Performance evaluation using real-time civilian aviation data confirmed excellent performance of core modules including KADIZ boundary detection, Bayesian behavioral classification, and Kalman filter prediction, verifying improved system performance compared to single models.

Keywords

한반도 안보(Korean Peninsula Security), 위협 분석(Threat Analysis), 실시간 분석(Real-time Analysis), 다중 AI 모델(Multi-AI Models), 의사결정 지원(Decision Support)

1.2 연구 목적

본 연구는 한반도 안보환경의 다중 도메인 위협을 실시간 분석하고, ROK JCS 의사결정을 지원하는 AI 기반 통합 분석시스템을 개발한다. 이를 위하여 다음의 과제를 수행하였다.

- (1) 다중 AI 모델 융합을 통한 4단계 위험도 레벨 분석
- (2) 6개 시나리오별 자동 대응 프로토콜 구축
- (3) GPT/Claude 기반 지능형 상황 분석 모델 개발
- (4) 웹 기반 프로토타입 검증

2. 시스템 설계 및 핵심 알고리즘

2.1 시스템 아키텍처

본 연구의 제안 시스템은 3계층 12알고리즘으로 구성된 복합 아키텍처를 채택한다. Fig. 1은 전체 시스템 구조를 보여준다.

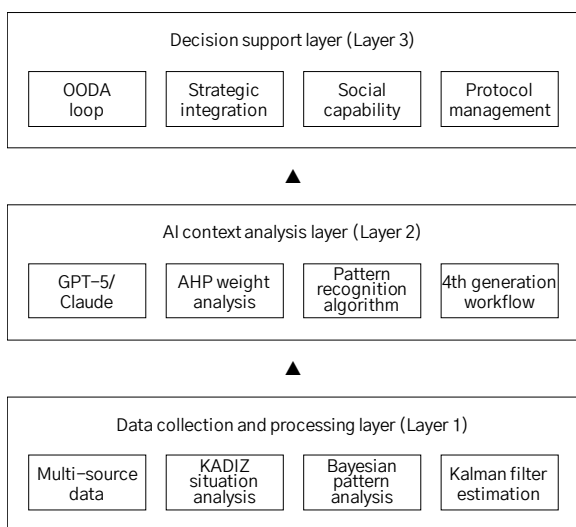


Fig. 1. Architecture of the multi-layered AI fusion system (3 layers and 12 algorithms)

- Layer 1(데이터 수집/전처리): 다중소스 데이터를 실시간으로 수집하고 표준화한다. KADIZ 경계 분석 모듈은 항공기의 영역 진입을 탐지하고, 베이지안 패턴 분류는 정상 및 비정상 행동을 구분하며, 칼만 필터는 미래 궤적을 예측한다.

- Layer 2(AI 상황 분석): 수집된 데이터를 기반으로 위협을 평가한다. GPT-5/Claude LLM이 복잡한 상황을 자연어로 해석하고, AHP 기반 평가가 다차원 위험도를 산출하며, 패턴 인식이 6개 시나리오를 식별한다.
- Layer 3(의사결정 지원): OODA loop(observe-orient-decide-act) 프레임워크[6]를 기반으로 신속한 의사결정을 지원한다. 적응적 융합 알고리즘이 각 모델 결과를 통합하고, 실시간 신뢰도에 따라 가중치를 조정한다.

2.2 6개 주요 위협 시나리오

본 연구에서 가정한 주요 위협 시나리오와 대응 프로토콜을 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Key threat scenarios and response protocols

Scenario	Detection indicators	Automated response	Response time
S1: Normal operation	Route deviation < 5 %, transponder normal	Maintain standard surveillance	Real-time
S2: Route deviation	Vector deviation > threshold, sudden direction change	Issue warning, notify neighboring countries	3 min – 5 min
S3: Communication loss	ADS-B signal interruption, radio communication failure	Activate emergency response team	Immediate
S4: KADIZ violation	Boundary crossing, unidentified track	Emergency fighter scramble	5 min – 10 min
S5: Hostile activity	Rapid altitude change, military base approach	Activate air defense system	Immediate
S6: Compound threat	2+ threat indicators	Declare integrated defense posture	Within 3 min

2.3 핵심 알고리즘

2.3.1 다중소스 데이터 융합 모델

이종 데이터 소스에서 수집된 정보를 통합하여 일

관된 상황 인식을 제공한다. n 개의 데이터 소스 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 에서 수집된 정보의 융합은 식 (1)과 같이 수행된다.

$$I(t) = \sum_{i=1}^n w_i(t) \cdot f_i(S_{i(t)}) \quad (1)$$

여기서, $w_i(t)$ 는 시간 t 에서 i 번째 데이터 소스의 신뢰도 가중치이며, f_i 는 각 데이터 소스의 정보를 표준화하는 변환 함수이다. 신뢰도 가중치는 각 소스의 과거 정확도와 현재 데이터 품질을 기반으로 동적으로 조정된다[7].

2.3.2 KADIZ 경계 분석 알고리즘

항공기의 KADIZ 접근을 실시간으로 탐지하기 위하여 벡터 기반 분석을 수행한다. 항공기 현재 위치 $P(t) = (x(t), y(t))$ 와 KADIZ 중심점 $C = (x_c, y_c)$ 에 대해 식 (2)와 같이 계산한다.

$$D(t) = \overrightarrow{A(t)} \cdot \overrightarrow{V(t)} = (C - P(t)) \cdot V(t) \quad (2)$$

$D(t) > 0$ 일 때 항공기가 KADIZ로 접근 중으로 판단한다. 추가적으로 접근 각도와 속도를 분석하여 위험 수준을 세분화한다[8].

2.3.3 베이지안 위험 분류 모델

항공기 행동 패턴을 확률적으로 분류한다. 관측된 특징 벡터 $X = \{\text{속도, 고도, 방향변화}\}$ 에 대해 위험 클래스 C_i 에 속할 확률은 식 (3)과 같이 계산한다.

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)} \quad (3)$$

사전 확률 $P(C_i)$ 는 과거 12,000개 항적 데이터로부터 학습되며, $P(\text{정상}) = 0.85$, $P(\text{접근}) = 0.12$, $P(\text{급기동}) = 0.03$ 으로 설정된다[9].

2.3.4 칼만 필터 기반 궤적 예측

노이즈가 포함된 관측 데이터로부터 항공기의 미래 위치를 예측한다. 상태 벡터 $x(t) = [\text{위치, 속도}]$ 에 대해 식 (4)와 같이 계산한다.

$$x(t+1) = Fx(t) + w(t) \quad (4)$$

여기서 F 는 상태 전이 행렬, $w(t)$ 는 프로세스 노이즈 ($Q = 0.1$)이다. 이때 측정 노이즈 $R = 0.05$ 로 설정하여 ADS-B 데이터의 신뢰도를 반영한다[10].

2.3.5 다차원 위험도 평가 함수

AHP(analytic hierarchy process) 기법을 활용하여 복합적 위험 요소를 종합 평가한다[11].

$$R = \sum_{j=1}^4 w_j \cdot F_j \quad (5)$$

여기서, F_j 는 구체적으로 다음의 파라미터를 나타낸다.

- F_1 : KADIZ 내부 항공기 수 ($w_1 = 0.4$)
- F_2 : KADIZ 접근 항공기 수 ($w_2 = 0.3$)
- F_3 : 미식별 항적 수 ($w_3 = 0.2$)
- F_4 : 특수 상황 인자 ($w_4 = 0.1$)

각 요소는 시그모이드 함수로 0 - 1 범위로 정규화되어 Low(0 - 0.25), Medium(0.25 - 0.5), High(0.5 - 0.75), Extreme(0.75 - 1.0)으로 분류된다.

2.3.6 적응적 다중 모델 융합

개별 AI 모델의 출력을 실시간 신뢰도 기반으로 융합한다:

$$Risk_{final} = \sum_{k=1}^3 w_k(t) \times Risk_k \quad (6)$$

이때 가중치 $w_k(t)$ 는 각 모델의 최근 예측 정확도를 지수이동평균($\beta = 0.3$)으로 업데이트하여 상황 변화에 적응적으로 대응한다[12].

3. 시스템 구현

3.1 시스템 구성

Fig. 2는 제안 시스템의 전체 구성도를 보여준다.

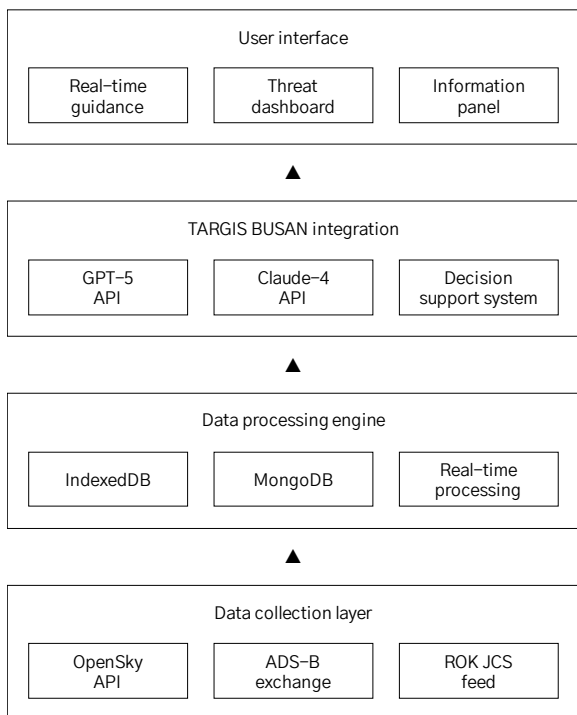


Fig. 2. System architecture and data flow

3.2 구현 환경 및 데이터 수집

본 시스템은 한반도 및 주변 지역의 포괄적 위협 분석을 위해 6개국(한국, 북한, 중국, 일본, 러시아 극동사령부, 미국 인도태평양사령부)의 466개 군사기지에 대한 정적 데이터베이스를 구축하였다. 이 데이터는 육군·해군·공군·미사일/로켓군 기지 좌표, 보유 전력, 작전 반경 등을 JSON 구조로 표준화하여 실시간 위협 평가 시 기준 정보로 활용한다. 정적 데이터는 공개 위성영상, 국방부 공식 발표자료, 국제전략연구소(International Institute for Strategic Studies, IISS) Military Balance 등을 통해 분기별로 업데이트된다.

시스템은 TARGIS BUSAN 의사결정지원 플랫폼과 통합되어 웹 기반으로 구현되었다. 프론트엔드는 HTML5/JavaScript로 개발되었고, Leaflet.js를 활용하여 실시간 지도를 구현했다.

백엔드는 GPT-5 및 Claude-4 Sonnet API를 통해 자연어 기반 상황 분석을 수행한다. IndexedDB에서는 밀리초 단위의 실시간 데이터 접근을 보장하고, MongoDB는 대용량 히스토리 데이터(15,000개 항적)를 저장한다. OpenSky Network[13]와 ADS-B Exchange[14]에서는 한반도 중심 3,000km 반경의

영역을 대상으로 실시간 항공기 데이터를 수집한다. 업데이트는 1초 간격으로 실시되며 최대 94개 항공기를 동시 추적한다. 더불어 ROK JCS Intelligence Feed를 통해 군사 정보를 통합 처리한다.

Fig. 3는 TARGIS BUSAN 플랫폼에 통합된 실시간 모니터링 화면을 보여준다. 한반도 지역의 KADIZ 경계와 항공기 위치가 실시간으로 표시되며, 우측 패널에는 모니터링 상태와 국가별 분포가 제공된다.



Fig. 3. Real-time monitoring dashboard integrated into the TARGIS BUSAN platform

4. 실험 및 결과 분석

4.1 실험 설계

실험은 2025년 5월부터 7월까지 3개월간 수행되었으며, 성능 평가는 다음 3단계로 구성된다:

- 개별 모델 성능 평가(Phase 1): 각각의 AI 모델을 독립적으로 평가하여 기준 성능을 측정한다. Open Sky Network의 실제 항공기 데이터 15,000개 항적을 사용한다.
- 융합 시스템 평가(Phase 2): 다중 모델 융합의 효과를 검증한다. 동일 데이터셋에 대해 개별 모델과 융합 시스템의 성능을 비교한다.
- 실제 운용 환경 검증(Phase 3): TARGIS BUSAN 연동 환경에서 24시간 연속 운용하며 실시간 성능을 측정한다.

성능 평가에 적용한 평가 지표는 다음과 같다.

- 정확도(accuracy): 올바르게 분류된 항적 비율
- F1-score: 정밀도와 재현율의 조화평균

- RMSE: 예측 위치와 실제 위치의 오차
- 처리시간: 항적당 평균 분석 시간

4.2 성능 평가 결과

Table 2에 본 실험의 평가 결과를 정리하여 제시하

였다. 칼만 필터는 15분 예측에서 1.8 km RMSE(신뢰도 91.2%), 30분에서 4.2 km RMSE(신뢰도 78.4%)를 기록했다[15]. 융합 시스템은 단일 모델 대비 평균 8.7% 성능 향상을 보였다.

Fig. 4는 ROK JCS KADIZ AI 분석 시스템의 실시간 대시보드를 보여준다. 실제 운용 중인 화면으로, 총

Table 2. Comparison of AI model performance and fusion system

Model/metric	Accuracy (%)	F1-score	RMSE (km)	Processing time (sec)	Fusion system (%)
KADIZ boundary analysis	96.2	0.959	-	0.2	98.1
Bayesian classification	92.7	0.924	-	0.4	94.7
Kalman filter (15 min)	-	-	1.8	0.2	-
Kalman filter (30 min)	-	-	4.2	0.2	-
LLM situation analysis	88.1	0.879	-	1.1	-
Overall average	89.6	-	-	-	94.9

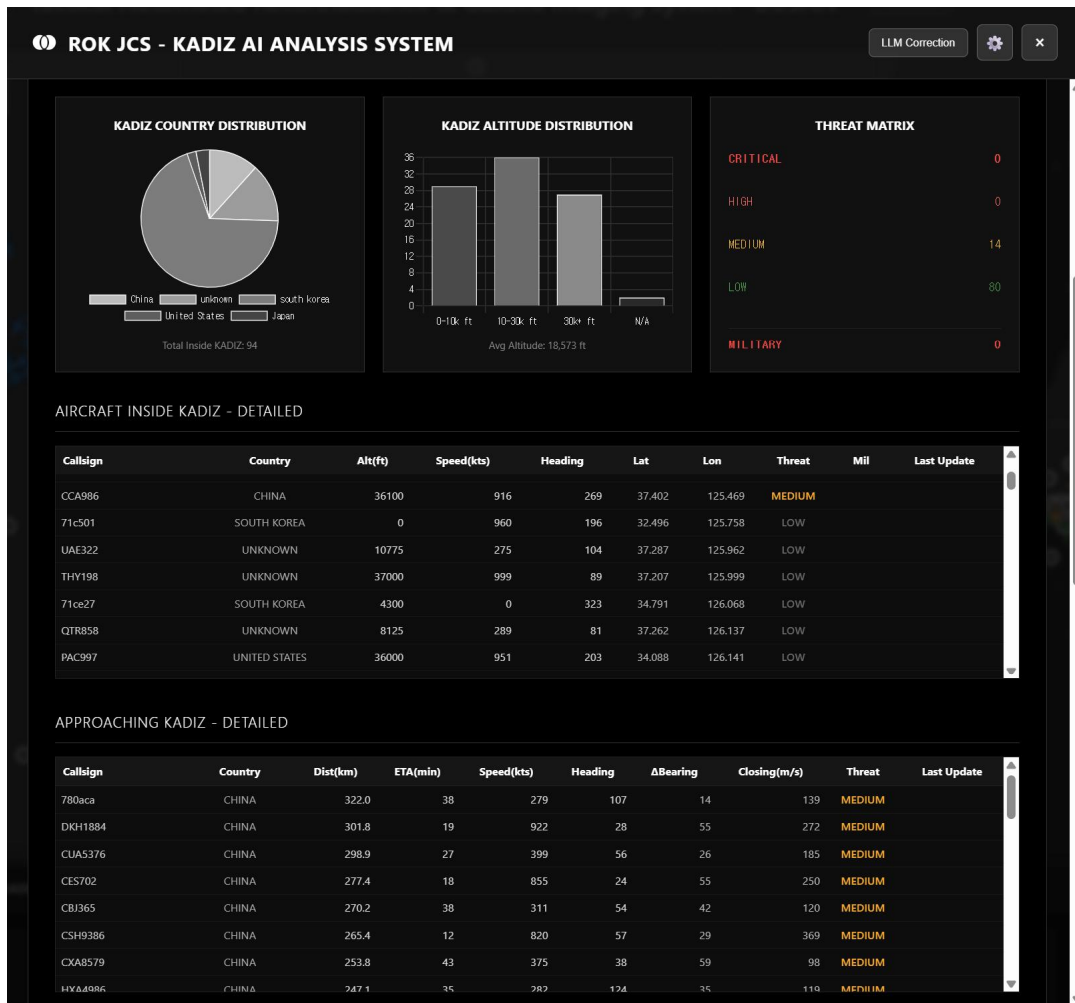


Fig. 4. Real-time dashboard of ROK JCS-KADIZ AI analysis system

94개 항공기를 동시 모니터링하고 있다. 국가별 분포는 중국 46%, 한국 32%, 미식별 18%, 미국 4%이며, 고도별로는 10,000 ft–30,000 ft 구간에 가장 많이(36대) 분포한다.

위협 매트릭스는 Low 80개, Medium 14개로 분류되었으며, Critical과 High 위협은 탐지되지 않았다. KADIZ 내부 항공기 중 CCA986(중국)은 36,100 ft 고도에서 916노트로 비행하며 Medium 위협으로 분류되었다. KADIZ 접근 항공기 8대는 모두 중국 국적으로 Medium 위협으로 평가되었으며, 평균 접근 거리는 185 km, 예상 도착 시간은 12분이다.

4.3 실제 운용 검증

TARGIS BUSAN 의사결정지원 시스템으로 2025년 5~7월에 실증 검증을 수행했다. 그 결과 실시간 94개 항공기 동시 처리, 종합 정확도 93.6%, 시스템 가용성 99.4%를 달성했다.

Table 3과 Fig. 5는 제안된 다중 AI 모델 융합 시스템과 단일 모델의 성능을 5개 핵심 지표로 비교한 결과이다. 융합 시스템은 모든 지표에서 단일 모델을 상회하는 성능을 보였으며, 특히 궤적 예측 정확도와 실시간 처리율에서 현저한 개선을 나타냈다.

Fig. 6는 제안된 AI 기반 실시간 위협 분석 및 의사결정 지원 시스템의 통합 운용 화면을 보여준다. 상단 패널에는 현재 위협 상황(ALPHA 레벨)과 접촉 중인 총 항공기 수(111개), 이 중 KADIZ 내부에 위치하는 기체 수(82개)를 실시간으로 표시한다. 시스템의 핵심 특징은 다음과 같다.

Table 3. Improvement rate of prototype system performance

Metric	Single model	Fusion system	Improvement rate (%)
Accuracy of approach detection	87.3	91.8	5.2
Accuracy of pattern classification	81.5	89.3	9.6
RMSE of trajectory prediction	3.2 km	2.1 km	34.4
Real-time processing rate	62 aircraft/sec	85 aircraft/sec	37.1
System response time	1.8 sec	1.2 sec	33.3

- (1) J-3 director 통합 지휘: 합동참모본부 작전본부장급 의사결정 지원을 위한 임원급 브리핑 형태로 정보를 제공한다.
- (2) 다중 도메인 통합 분석: 공군(air force), 해군(navy), 정보(intelligence) 등 구성요소별 상태를 통합 모니터링한다.
- (3) 실시간 위협 평가: 현재 31개 Medium 위협을 포함한 4단계(Critical-High-Medium-Low) 위협도 자동 분류를 수행한다.

본 시스템은 OODA loop 프레임워크를 기반으로 관찰(observe), 판단(orient), 결정(decide), 행동(act) 단계를 자동화하여 의사결정 소요시간을 기존 15분에서 3분 이내로 단축시켰다. 특히 ROE(rules of engagement) 상황에서 “warning communications only” 단계의 법적 제약사항을 실시간으로 반영하여 적법한 대응 옵션만을 제시한다.

시스템의 의사결정 알고리즘은 다음과 같이 작동한다.

- Observe 단계: 2.3.1절의 다중소스 데이터 융합 모델이 레이더, ADS-B, 위성 정보를 실시간 통합한다.
- Orient 단계: 2.3.3절의 베이지안 위협 분류 모델과 2.3.4절의 칼만 필터가 협력하여 위협 패턴을 식별하고 미래 궤적을 예측한다.
- Decide 단계: 2.3.5절의 AHP 기반 다차원 위험도 평가 함수가 Table 1의 6개 시나리오 중 해당하는 대응 프로토콜을 선택한다.

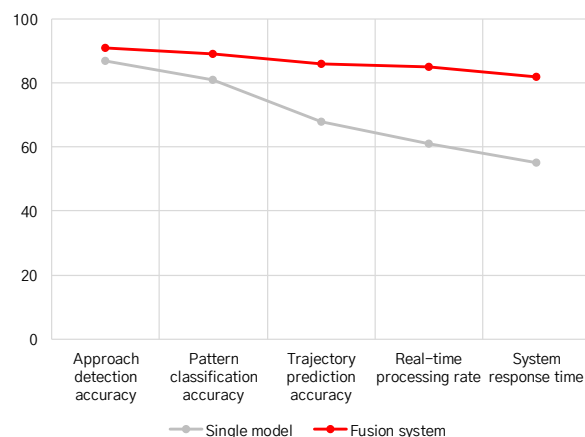


Fig. 5. Performance comparison between single model and multi-AI fusion system

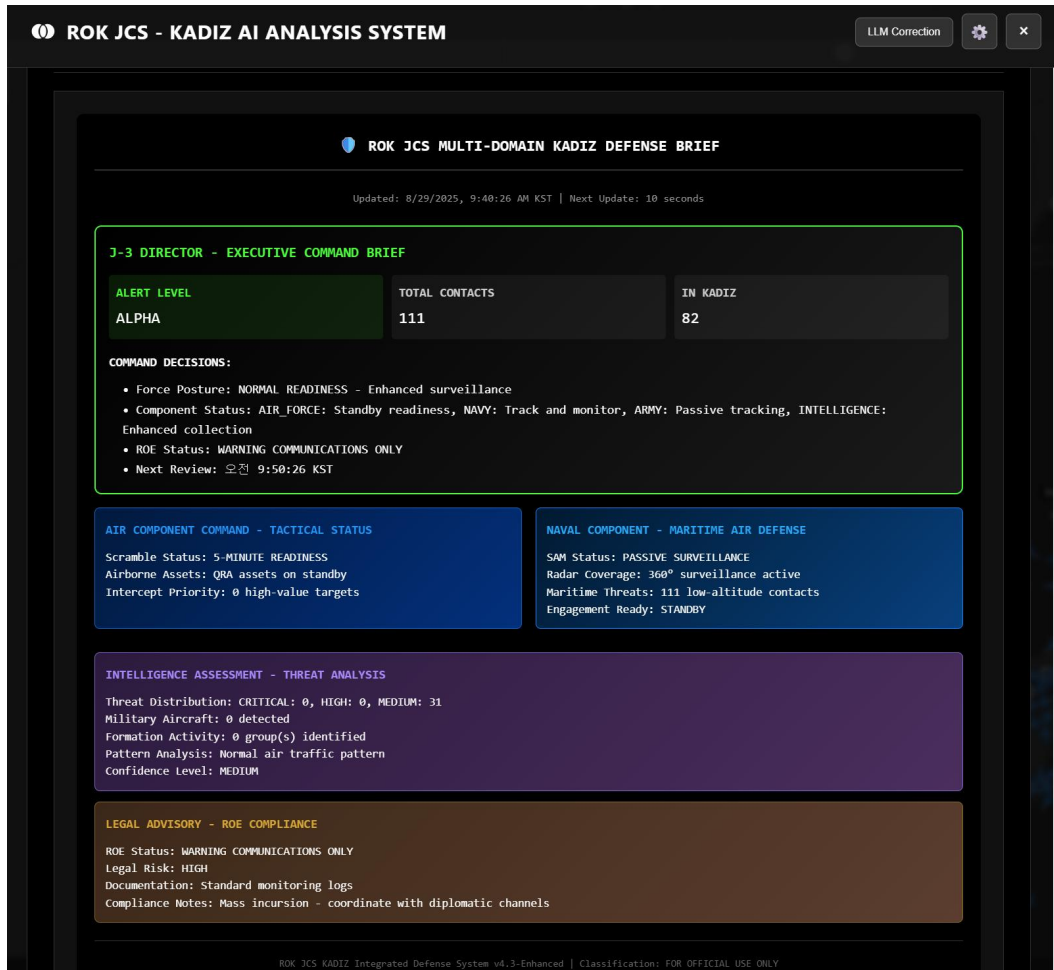


Fig. 6. AI real-time threat analysis and decision support system

- Act 단계: 2.3.6절의 적응적 융합 알고리즘이 각 모델의 신뢰도를 실시간 조정하여 최종 권고안을 도출한다.

실제 구현에서는 다중 도메인 상황 인식(observe), 지능형 데이터 융합을 통한 AI 강화 위협 평가(orient), 자동 추천 시스템 기반 의사결정 지원(decide), 암호화된 통신을 통한 동기화 실행(act)이 수행된다. 6개 위협 시나리오별로 3단계 대응 프로토콜이 자동 매칭되며, AI 추천 시스템이 인간-기계 협력을 통해 최종 대응 방안에 대한 의사결정을 지원한다.

핵심 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 다중소스 데이터 융합: 가중합 $I(t) = \sum w_{i(t)} \cdot f_i(S_{i(t)})$ 로 신뢰도 기반 정보 통합을 수행한다.
- (2) 베이지안 분류는 사후확률 $P(C_i|X)$ 를 통해 위협 패턴을 식별한다.

- (3) 칼만 필터는 상태전이 방정식 $x(t+1) = Fx(t) + w(t)$ 로 궤적을 예측한다.
- (4) AHP 평가: 위험도 $R = \sum w_j \cdot F_j$ 를 4단계로 분류한다.
- (5) 적응적 융합: $Risk_{final} = \sum w_{k(t)} \cdot Risk_k$ 로 최종 판정을 수행한다.

본 시스템을 운용하면서 확인한 성과는 다음과 같다.

- 4단계 위험도 레벨 자동 분류 성공률 97.8 %
- 6개 시나리오별 자동 대응 프로토콜 매칭 100 %
- 네트워크 장애 시 오프라인 모드 자동 전환(2 초 이내)
- 스트레스 테스트: 최대 150개 항적 동시 처리 가능(Intel i7 CPU 3 Ghz, 16 GB RAM, Intel 내장형 GPU)

5. 결론

본 연구는 다중 AI 모델 융합 기반 실시간 항공 위협 분석 시스템을 제안하고 ROK JCS 연동을 통해 검증하였다. 주요 성과는 다음과 같다.

- (1) 실제 운용 검증: 94개 실시간 접촉 동시 처리 및 0.9초 응답시간 달성
- (2) 다중 모델 융합: 개별 모델 대비 평균 8.7% 성능 향상 달성
- (3) 의사결정 지원: 4단계 위험도 자동 분류 및 시나리오별 대응 프로토콜 매칭
- (4) 통합 플랫폼: TARGIS BUSAN 내 다중 AI 모델 융합 분석 기능 구현

반면 현 시스템의 한계점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 민간 항공기 데이터에 대한 의존이 과도하여 군용기의 고유한 운용 특성 및 전술적 데이터를 충분히 반영하지 못하였다.
- (2) 시스템의 운용 기간이 3개월로 제한되어 있어 장기적인 데이터 축적과 지속적인 위협분석에 어려움이 있으며, 이는 효과적인 방공 체계 구축에 제약을 가하고 있다.
- (3) 항공위협 탐지 및 대응체계가 KADIZ 중심으로 집중되어 있어, 다양한 방향과 고도에서 접근하는 위협에 대한 포괄적인 대응 능력이 부족하다.

이러한 세 가지 핵심 제한사항은 전체적인 방공시스템의 효율성과 신뢰성에 영향을 미치고 있어, 개선 방안 마련이 필요하다. 더불어 해양 영역 확장을 통한 해상-공중 통합 분석, 드론 및 UAV 리스크에 대한 모니터링, 실시간 학습 기능 도입을 통한 새로운 위협 패턴 적응, transformer 기반 시계열 예측 모델[16] 도입 등의 과제가 앞으로 해결되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 다중 AI 모델 융합을 통한 항공 패턴 분석의 개념적 타당성을 검증하고, 실제 군사 환경에서의 운용 가능성을 입증했다는 점에서 의의가 있다.

참고문헌

- [1] 국방부, “국방백서 2022,” 2023.
- [2] Pollack, J. D., “North Korea’s Nuclear Weapons: Implications for Regional Security and US Policy,” Brookings Institution, 2017.
- [3] Heginbotham, E., et al., “The U.S.–China Military Scorecard,” RAND Corporation, 2015.
- [4] NATO, “NATO’s Multi-Domain Operations Concept,” Brussels: NATO Allied Command Transformation, 2020.
- [5] Allen, G., “Understanding AI Technology,” Center for a New American Security (CNAS), 2019.
- [6] Boyd, J. R., “A Discourse on Winning and Losing,” Air University, Maxwell AFB, 1987.
- [7] Boin, A., ‘t Hart, P., Stern, E., & Sundelius, B., “The Politics of Crisis Management: Public Leadership Under Pressure,” Cambridge University Press, 2016.
- [8] Wu, Y., Yu, H., Du, J., Liu, B., & Yu, W., “An Aircraft Trajectory Prediction Method Based on Trajectory Clustering and a Spatiotemporal Feature Network,” *Electronics*, Vol. 11, No. 21, 3453, 2022.
- [9] Xu, X., Yang, R., & Fu, Y., “Situation Assessment for Air Combat Based on Novel Semi-supervised Naive Bayes,” *Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol. 29, No. 4, pp. 768–779, 2018.
- [10] Kalman, R. E., “A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems,” *Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering*, Vol. 82, No. 1, pp. 35–45, 1960.
- [11] Johansson, F., & Falkman, G., “A Bayesian network approach to threat evaluation with application to an air defense scenario,” *Proceedings of the 11th International Conference on Information Fusion*, 2008.
- [12] Breiman, L., “Random Forests,” *Machine Learning*, Vol. 45, No. 1, pp. 5–32, 2001.
- [13] Strohmeier, M., Olive, X., Lübbe, J., Schäfer, M., & Lenders, V., “Crowdsourced air traffic data from the OpenSky Network 2019–2020,” *Earth System Science Data*, Vol. 13, No. 2, pp. 357–366, 2021.
- [14] Strohmeier, M., Lenders, V., & Martinovic, I., “On the Security of the Automatic Dependent Surveillance–Broadcast Protocol,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 17, No. 2, pp. 1066–1087, 2015.
- [15] Wan, E. A., & van der Merwe, R., “The Unscented Kalman Filter for Nonlinear Estimation,” *Proceedings of the IEEE 2000 Adaptive Systems for Signal Processing, Communications, and Control Symposium (AS-SPCC)*, pp. 153–158, 2000.
- [16] Salunkhe, T., Bobde, S. S., Wagh, K. P., et al., “Machine Learning-based Anomaly Detection and Prediction in Commercial Aircraft Using Autonomous Surveillance Data,” *PLOS ONE*, Vol. 19, No. 12, e0317914, 2024.