

AHP를 활용한 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템 효과 분석*

문 미 남*, 신 규 용**, 이 호 찬***, 곽 승 현****

요 약

북한의 핵 및 미사일 위협, 전쟁 양상의 변화, 저출산에 따른 병역자원의 감소 등 국방환경이 급격하게 변화하고 있다. 이러한 변화에 능동적으로 대응하기 위해 우리 군은 국방혁신 4.0을 추진하고 있으며 인공지능, 빅데이터 분석 등과 같은 첨단 과학기술을 적용한 과학기술 강군을 육성하고자 노력하고 있다. 이에 본 연구에서는 경계작전을 위해 최첨단 과학기술이 적용된 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 효과를 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용하여 분석하고자 한다. 이를 위해 우선 과학화 경계시스템의 효과를 평가할 수 있는 평가요소를 선정하고, 그 상대적 중요도를 분석한다. 각각의 평가요소들은 경계시스템의 작동 및 운용의 핵심 개념으로부터 핵심 요소를 도출하고, 각 요소와 경계작전의 효과 사이의 상관관계에 대한 전문가들의 자문을 통해 선정되었다. 평가요소들의 중요도를 토대로 레이더 기반의 AI 과학화 경계시스템과 기존의 과학화 경계시스템의 상대적 효과를 알아본다.

Efficacy analysis for the Radar-based Artificial Intelligence (AI) Scientific Guard System based on AHP

Minam Moon*, Kyuyong Shin**, Hochan Lee***, Seunghyun Gwak****

ABSTRACT

The defense environment is rapidly changing, such as nuclear and missile threats of North Korea, changes in war patterns, and a decrease in military service resources due to low birth rate. In order to actively respond to these changes, the Korean military is promoting Defense Innovation 4.0 and is trying to foster an army armed with high technology such as artificial intelligence(AI), big data analysis, etc. In this regard, we analyze the effectiveness of the radar-based AI scientific guard system applied by high technology for guard operations using Analytic Hierarchy Process (AHP). We first select evaluation factors that can assess the effectiveness of the scientific guard system, and analyze its relative importance. Each evaluation factor was selected by deriving a significant concept from operating principle and how they work, and by consulting experts on the correlation between each factor and effectiveness of the scientific guard system. We examine the relative effects of the radar-based AI scientific guard system and existing scientific guard system based on the importance of the evaluation factors.

Key words : Artificial Intelligence, AI, Scientific Guard System, AHP

접수일(2022년 11월 29일), 수정일(2022년 12월 11일),
게재확정일(2022년 12월 18일)

★ 본 논문은 2022년 육군사관학교 화랑대연구소와 노바코스의 지원에 의해 연구되었음.

* 육군사관학교 수학과(주저자)

** 육군사관학교 컴퓨터과학과(교신저자)

*** 육군사관학교 물리화학과(공동저자)

**** 육군사관학교 수학과(공동저자)

1. 서 론

우리 군은 병력자원의 감소에 유연하게 대처하고 경계작전의 효율성을 높이기 위해 2003년 육군본부 군수참모부 소요제기를 거쳐 2009년에 과학화 경계시스템을 00사단에서 처음 시범적으로 운용하면서 지금까지 활용하고 있다[1]. 초기에 도입된 기존의 과학화 경계시스템은 통상 중거리 및 근거리 카메라 기반의 감시시스템, 광망 기반의 감시시스템, 그리고 통제시스템 등으로 구성되어 있다. 군은 과학화 경계시스템의 도입 및 활용을 통해 경계부대 장병의 피로도를 낮춤과 동시에 경계의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대했었다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 초기의 과학화 경계시스템은 높은 오탐지율, 잦은 오류와 고장, 유지보수의 문제, 악천후(강우 및 안개 등) 시 운용 제한 등의 한계를 가지고 있는 것으로 평가되고 있다[1].

위에서 언급된 문제점들을 해결하기 위해 기존의 과학화 경계시스템에 인공지능(AI) 기술을 접목([1])하거나, 새로운 운용개념을 도입([2])하는 등 다양한 노력을 기울여오고 있다. 특히 2021년에는 방위사업청 신속시범획득사업([3])을 통해 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템을 도입하여 00사단에 시범적으로 운용하고 있다. 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템은 레이더를 이용해 객체를 탐지한 뒤 실영상 및 열영상 카메라를 통해 식별하는 방식이다. 레이더는 비, 안개, 흐린 날씨 등 시계가 좋지 않아 다른 실영상 및 열영상 카메라가 물체를 탐지할 수 없는 상황에서도 높은 대기 투과율로 인해 물체의 탐지가 가능하다는 장점이 있고 [3], 탐지율이 높기 때문에 기상 및 항공기 관측, 군사용 목적으로 폭넓게 이용되고 있다[4].

이처럼 다양한 형태의 과학화 경계시스템이 군에 전력화되어 활용되고 있지만 과학화 경계시스템의 효과를 분석하기 위한 노력은 상대적으로 부족한 실정이다. 2020년 합동참모본부는 기존의 과학화 경계시스템들을 운용해 온 부대의 지휘관과 참모들을 대상으로 과학화 경계시스템의 효과성, 효율성, 만족도 등 3가지 측면에서 평가([5])하기도 하

였으나 과학화 경계시스템의 전반적인 효과를 분석하기 위한 평가요소로서는 충분하지 않다. 따라서 본 논문은 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용해 과학화 경계시스템의 효과를 분석하기 위한 평가요소를 식별하고, 식별된 평가요소들을 기반으로 기존의 과학화 경계시스템과 2021년 신속시범획득사업으로 도입된 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 효과를 비교 분석하였다. 이때 효과 분석의 객관성을 보장하기 위해 계층분석적 의사결정방법(AHP) 설문은 기존의 과학화 경계시스템과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템을 모두 운용해 본 경험이 있는 00사단 유경험자 및 전문가를 대상으로 실시하였다. 분석결과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템은 모든 평가요소에서 기존의 과학화 경계시스템보다 효과가 높은 것으로 나타났다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템에 대해 소개한다. 3장에서는 계층분석적 의사결정방법(AHP)의 기본 개념, 모형 설계, 그리고 데이터 수집방법 등에 대해 설명한다. 4장에서는 계층분석적 의사결정방법(AHP)의 분석결과를 제시하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 도출한다.

2. 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템 소개

본 연구에서 활용된 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템은 (주)노바코스에서 개발하여 2021년 신속시범획득사업을 통해 00사단에서 시범적으로 운용하고 있는 과학화 경계시스템으로서 크게 탐지시스템과 AI 통제시스템으로 구성된다. 이때, 탐지시스템은 (그림 2-1)에서 보는 바와 같이 5G Hz 대역의 레이더와 FHD급 실영상 카메라, 그리고 UHD급 실영상 및 SD급 열영상 촬영이 가능한 열영상 카메라로 구성되며, AI 통제시스템은 AI 분석모듈과 통제서버 등으로 구성된다. 레이더의 성능은 차량의 경우 최대 500m, 사람은 400m 까지 최대 255개의 객체를 동시에 탐지할 수 있고, 가시광선 탐지 FHD급 실영상 카메라는 36배 이상의 광학 줌 기능과 역광보정, 직사광선 차단 기능을 통해 객체를 선명하게 탐지할 수 있다. 열

영상 카메라의 경우 열영상은 4배, 실영상은 36배 이상의 광학 줌(zoom) 기능과 역광보정, 저시정 영상개선을 통해 강우 및 강설 시에도 탐지 정확도의 유지가 가능하다. AI 통제시스템의 AI 분석 모듈은 지도학습 기반의 딥러닝 YOLOv4 엔진과 DUAL XAVIER 기반 AI 분석 모듈을 통해 정확도를 향상시켰다.



(그림 2-1) 탐지시스템 구성

(그림 2-2)와 같이 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 객체 탐지 및 식별은 레이더에 의한 객체 탐지로부터 시작한다. 이후 확인된 객체의 좌표값, 거리값, 이동 속도 등의 객체 추적 데이터를 AI 통제시스템으로 전송한다. AI 통제시스템은 카메라의 탐색 위치를 제어하여 객체를 추적하고 영상을 확대한다. 확대·선명화된 영상을 기반으로 AI 모듈에서 열영상 및 실영상 모델을 활용하여 분석하고 객체를 식별한다. 마지막으로 식별된 객체는 관계 모니터에 팝업(pop-up) 형태로 띄우면서 화면상에 객체의 정보를 라벨링 하여 사용자는 탐지된 객체의 정보를 실시간으로 확인할 수 있다.



(그림 2-2) 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 객체 탐지 및 식별 절차

레이더 기반 AI 과학화 경계시스템이 기존의 과학화 경계시스템과 구별되는 가장 큰 특징은 크게

두 가지이다. 첫 번째는 기존의 과학화 경계시스템은 레이더가 포함되어 있지 않기 때문에 객체를 식별하기 위해 전적으로 실영상 및 열영상 카메라에만 의존한다는 것이다. 고배율 및 중배율 카메라, 열영상 카메라 등을 이용하여 미리 선정된 감시구역을 고정 혹은 회전하면서 감시하고, 카메라의 감시범위 내 움직이는 물체 발견 시 소리 및 화면 표시를 통해 통제실로 이상 물체 발견을 경고한다. 카메라의 회전으로 인해 일정 시간 동안 감시의 사각이 발생하는 구조이며, 특히 야간이나 비, 안개 등의 악천후 상황에서는 정확한 탐지에 한계가 있다는 지적을 받아왔다. 그에 비해 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템은 악천후(강우 및 안개, 야간 등) 조건에서도 객체를 정확하게 탐지할 수 있는 밀리미터파 기반의 레이더와 연동된 실영상 및 열영상 카메라를 사용한다는 것이다. 즉, 카메라의 FOV(Field of View)가 허락하는 범위를 계속 스캔하는 기존 방식과는 달리, 120° 범위, 최대 500m의 탐지거리를 가지는 레이더를 활용해 최대 255개의 표적을 동시 탐지함으로써 넓은 범위 안의 움직이는 물체를 신속하고 탐지하고, 위치 데이터를 통해 카메라를 직접 통제함으로써 정확하게 객체를 탐지할 수 있게 한다. 또한, 악천후 상황에서도 레이더는 움직이는 객체의 정확한 위치를 탐지하여 연동된 카메라가 정확하게 줌인(zoom-in)하여 객체를 탐지할 수 있게 해준다. 만약 심한 악천후로 인해 레이더 탐지 후 카메라가 탐지하지 못하더라도 경계 병력이 현장을 확인할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 두 번째 차이점으로, 기존 과학화 경계시스템에서는 카메라에 의해 움직이는 객체가 탐지된 후 중앙 통제실 관계화면에 움직이는 부분을 표시하면 감시병력이 수동으로 객체를 줌인(zoom-in) 후 사람이 직접 물체를 판독하는데 비해, 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템은 레이더로부터 추적 데이터를 받은 AI 통제시스템이 카메라의 추적 및 확대를 정밀하게 통제하고, 탐지된 객체를 자동으로 분석함으로써 탐지 및 추적 속도와 정확도를 높임과 동시에 잦은 오 검출로 인한 통제실 감시병력의 피로도를 줄일 수 있게 한다.

3. 계층분석적 의사결정방법(AHP)

모형 설계 및 데이터 수집

이 장에서는 계층분석적 의사결정방법(이하 AHP)를 소개하고, AHP 기법을 사용하기 위한 계층 구조 및 데이터 수집 방법을 설명한다.

3.1 AHP의 소개

AHP는 의사결정 방법론 중 하나로, 1977년 Thomas L. Saaty 교수에 의해 제안되었다. AHP는 의사결정에 필요한 여러 요소들을 계층화한 후, 각 계층별 요소들을 쌍대비교하여 요소 간 우선순위를 도출하는 방식이다[7]. 이를 통하여 다기준 의사결정에서 핵심적으로 고려되는 요소가 무엇인지 파악할 수 있고, 기존안과 대안의 효과도를 비교할 수 있다.

AHP는 먼저 모델을 정의하고, 설문을 통한 평가요소들 간의 쌍대비교를 통해 가중치(중요도)를 수치적으로 도출한 후 대안을 평가한다[8]. 일반적으로 특정 주제에 대한 전문가를 대상으로 분석한 AHP는 적은 양의 표본(설문 수)만으로도 신뢰성 높은 결과를 도출할 수 있는 장점이 있다[9]. 또한 설문자의 응답을 근거로 하여 정량적 요소와 정성적 요소를 모두 고려한 의사결정의 틀을 제공한다[10]. 그러나 적은 표본 가운데 응답에 대한 일관성이 결여된 설문이 존재할 수 있으며, 심각한 결과 오류로 이어질 수 있다. Saaty 교수의 연구는 각 문항에 대한 응답의 일관성 비율(CR, Consistency Ratio)을 산출하여 0.1 미만의 응답을 일관성 있는 응답으로 간주하고 그 결과만을 반영할 것을 권장하고 있다[11].

AHP 기법은 각종 시험평가에서의 평가요소(항목)에 대한 연구와 각 대안의 효과 분석 도구로써 활용되고 있다. 공격헬기의 전투효과 분석[12], 전차의 성능개량 우선순위에 대한 연구[13], 워리어 플랫폼 요구능력 우선순위 비교 연구[14] 등 AHP를 활용하여 무기·전력지원체계의 시험평가에 대한 다수의 연구가 있다.

3.2 AHP 모형 설계

과학화 경계시스템의 효과를 분석하기 위한 평가요소를 선정하기 위해서는 과학화 경계시스템의 작동방식 및 운용을 이해하는 것에서 출발한다. 이때, 과학화 경계시스템은 객체 등장 시 최초 탐지부터, 식별, 추적, 확인, 기록 등의 일련의 과정에서 객체의 특이사항을 확인하고, 이에 대한 즉각적인 조치가 이루어 질 수 있는 환경이 조성되어야 한다.

이런 일련의 과정들은 과학화 경계시스템의 효과와 직접적인 영향을 미치므로 본 연구에서는 과학화 경계시스템 작동방식과 관련된 요소를 도출하고, 과학화 경계시스템 도입, 운영, 평가 측면에서 충분한 경험이 있는 전문가 3명의 자문을 통해 과학화 경계시스템의 효과 분석을 위한 평가요소(계층 1)로 ① 객체 탐지, ② 객체 식별, ③ 사용자 운용성 등 총 3개 요소를 선정하였다. 각 평가요소의 상세설명은 <표 3-1>을 참고하길 바란다.

<표 3-1> 계층 1의 상세 설명

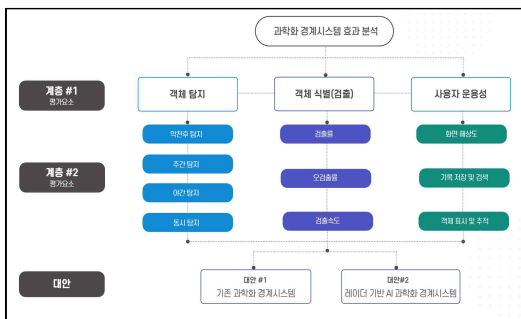
계층 1	상세 설명
객체 탐지	광망센서 또는 레이더를 통해 객체(사람, 동물 등 움직이는 물체)를 탐지
객체 식별	탐지된 객체를 분류(사람, 동물 등)한 결과
사용자 운용성	사용자의 장비 운용의 효율성 및 편의성

동일한 절차에 따라 계층 1의 3개 평가요소별 계층 2의 평가요소를 선정하였다. 예를 들어, 객체 탐지의 하위 계층을 선정하기 위해 객체 탐지에 직접적인 영향을 미치는 기상, 운용 시간, 운용 환경 등의 상황을 고려하여 요소를 도출하고, 평가요소 간의 독립성 및 전문가 자문을 통해 하위 평가요소로 악천후 탐지, 주간 탐지, 야간 탐지, 동시 탐지 등 4개 요소를 선정하였다. 다른 계층 2의 평가요소에 대한 자세한 설명은 <표 3-2>에서 보는 바와 같다.

<표 3-2> 계층 2의 상세 설명

계층 1	계층 2 상세 설명
객체 탐지	악천후 탐지: 주/야간상황에 강우 및 안개 등의 기상에서의 객체 탐지
	주간 탐지: 맑은 날씨의 주간 시간에 400m이내 거리의 객체 탐지
	야간 탐지: 맑은 날씨의 야간 시간에 200m이내 거리의 객체 탐지
	동시 탐지: 동일 시간에 다수의 객체를 동시에 탐지
객체 식별	검출률: (사람 침입 검출 횟수)÷(사람 침입 횟수)×100
	오검출률: (실제와 다른 검출 횟수)÷(객체 검출 횟수)×100
	검출 속도: 객체 탐지 후 최종 식별까지 걸리는 시간
사용자 운용성	화면 해상도: 운용자가 사용간 보게 되는 실영상 및 열영상 장비의 해상도
	기록 저장 및 검색: 영상을 저장하고 향후 저장된 영상을 검색할 수 있는 기능
	객체 표시 및 추적: 검출된 객체의 위치를 지도상에 표시하고 이를 추적하는 기능

마지막으로 구성된 과학화 경계시스템의 효과 분석을 위한 계층 구조에 기반으로 하여 기존의 과학화 경계시스템과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템 간의 대안 평가를 실시했다. 과학화 경계시스템의 효과 분석을 위한 계층 구조는 (그림 3-1)에서 보는 바와 같다. (세부적인 설문내용에 대해서는 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템 연구 최종보고서[15] 참조)



(그림 3-1) 과학화 경계시스템 계층 구조

3.3 데이터 수집 방법

과학화 경계시스템의 효과를 평가할 수 있는 항목의 우선순위 및 기존 과학화 경계시스템과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 상대적 효과도를 계산하기 위하여 설문을 통해 데이터를 수집하였다. 해당 설문은 기존 과학화 경계시스템과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템을 모두 경험한 경계작전 전문가 집단을 대상으로 실시하였다. 설문조사는 2022년 9월에 관련 전문가 34명을 대상으로 설문의 목적과 AHP 분석을 위한 설문 작성요령을 구체적으로 설명한 후 실시하였다.

A	A가 더 중요						동등	B가 더 중요						B
	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	
악천후 탐지														주간 탐지
악천후 탐지														야간 탐지
악천후 탐지														동시 탐지
주간 탐지														야간 탐지
주간 탐지														동시 탐지
야간 탐지														동시 탐지

(그림 3-2) 계층 2 평가요소에 대한 중요도 설문(예)

(그림 3-2)는 객체탐지의 하위 평가요소에 대한 설문의 예시이고, 설문은 각 평가요소에 대해 쌍대비교를 할 수 있도록 작성되었다. 설문은 계층 1의 3개의 평가요소에 대해 쌍대비교 후 계층 2의 평가요소, 마지막으로 각 평가 요소별 두 대안에 대한 효과도 응답 순으로 작성되었다. 각 평가요소 중요도 및 대안의 효과도에 대한 설문지는 지면관계상 생략한다.

4. 분석결과

이 장에서는 일관성 지수 및 일관성 비율 검증, 계층별 중요도 산출 결과, 대안 평가 결과에 대해 분석한다.

4.1 일관성 지수 및 일관성 비율 검증

AHP에서는 설문 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해 일관성을 검증하여 신뢰성 있는 데이터를 선별한다. 이를 위해 먼저 쌍대비교 행렬을 생성하고, 그 행렬의 최대고유치를 이용하여 일관성 지수(CI, Consistency Index)를 다음과 같이 구한다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

여기서, n 은 평가요소의 수이고, λ_{\max} 는 쌍대비교 행렬의 최대고유치이다.

일관성 지수(CI)를 구하고 나면 <표 4-1>과 같이 평가요소 수 n 에 따른 무작위 지수(RI, random Index) 값을 이용하여 일관성 비율(CR, Consistency Ratio)을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

<표 4-1> n 값에 따른 무작위 지수(RI)

n	3	4	5	6
RI	0.58	0.90	1.12	1.24

우리의 모형의 경우 AHP를 위한 평가요소는 객체 탐지의 경우 4개의 하위 평가요소들로 구성되어 있으므로 무작위 지수를 0.9로 설정하였고, 나머지의 평가요소의 경우 3개의 하위 평가요소들로 구성되어 있으므로 $RI=0.58$ 로 설정하여 일관성 비율을 계산하였다. 대안 평가의 경우에는 2개의 평가요소로 구성되고, 이 경우에는 CI 값이 0이므로 응답자의 일관성이 완벽한 것으로 간주한다. Saaty에 따르면 일관성 비율이 0.1 미만인 경우에는 일관성에 문제가 없으나 0.1보다 큰 경우에는 이를 재검토하는 것이 바람직하다고 제안하고 있다 [11]. 따라서 본 연구에서는 설문에 응답한 전문가 34명 중 일관성 비율이 0.1 이하인 신뢰성 있는 데이터만을 선별하여 중요도 분석을 실시하였다. 이에 따라 계층 1에서

는 17개, 계층 2의 객체 탐지, 객체 식별, 사용자 운영성은 각각 23개, 22개, 22개의 데이터가 선별되었고, 대안 평가에서는 각 데이터의 일관성 지수(CI)가 모두 0으로, 42개의 데이터를 모두 사용하였다. <표 4-2>는 객체탐지에 대한 전문가별 설문결과에 대한 일관성 지수와 일관성 비율을 계산한 예시이다.

<표 4-2> 객체탐지의 CI와 CR 계산 예시

설문	n	λ_{\max}	CI	RI	CR
1	4	4.20	0.07	0.90	0.07
2	4	4.14	0.05	0.90	0.05
3	4	4.35	0.12	0.90	0.13
4	4	4.18	0.06	0.90	0.07
5	4	4.19	0.06	0.90	0.07

4.2 계층별 중요도 분석결과

우리는 각 설문 결과를 종합하기 위해 Saaty가 추천한 방식인 AIJ(Aggregate Individual Judgements) 방식[16]을 이용하여 중요도를 종합하였다. 이는 앞 절에서의 일관성 검증에서 유의미한 개별 결과를 기하평균으로 계산하여 행렬을 구성한 다음 집단의 중요도를 계산하는 방식이다. 이 방식에 따라 과학화 경계시스템 효과 분석을 위한 평가요소의 상대적 중요도에 대한 분석 결과는 <표 4-3>와 같다. 계층 1의 평가요소는 객체탐지, 객체식별, 사용자 운영성 순으로 상대적 중요도가 도출되었고, 객체탐지의 하위 평가요소에서는 야간 탐지, 악천후 탐지, 동시 탐지, 주간 탐지 순으로 중요도가 도출되었다. <표 4-3>에서 제시한 바와 같이, 각각의 평가요소별로 종합된 상대적 중요도를 살펴보면 야간 탐지 및 악천후 탐지의 상대적 중요도가 큰 것을 확인할 수 있다. 이는 과학화 경계시스템이 악천후 기상 또는 야간 상황과 같은 경계에 취약한 상황에서 얼마나 효과적으로 작동되고 운영되는지가 과학화 경계시스템의 효과 판단에서 가장 결정적

인 요소를 작용하고 있음을 보여 준다.

또한, 객체 식별에 있어서 탐지된 사람을 정확하게 식별하는 정도를 나타내는 검출률이 가장 높은 중요도를 가진 것으로 분석되었고, 즉각적인 조치를 위해 검출 속도, 그리고 오검출률 순으로 상대적 중요도가 분석되었다.

<표 4-3> 평가요소별 상대적 중요도 분석결과

계층 1		계층 2		중합가중치 $\omega_1 \times \omega_2$
평가요소	가중치 ω_1	평가요소	가중치 ω_2	
객체 탐지	0.534	악천후 탐지	0.339	0.181
		주간 탐지	0.126	0.067
		야간 탐지	0.384	0.205
		동시 탐지	0.151	0.081
객체 식별	0.304	검출률	0.474	0.144
		오검출률	0.224	0.068
		검출 속도	0.302	0.092
사용자 운용성	0.162	해상도	0.398	0.064
		기록저장 및 검색	0.208	0.034
		객체표시 및 추적	0.394	0.064

4.3 대안 평가 결과

대안 1은 기존의 과학화 경계시스템, 대안 2는 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템으로 설정하였고, 평가요소가 2개인 경우이므로 34개의 설문결과를 모두 활용하여 두 대안의 상대적 효과를 분석하였다. 앞 절에서 분석한 계층별 중합가중치를 활용하여 기존 과학화 경계시스템과 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 중합 평가치를 분석하면 <표 4-4>와 같다.

악천후 탐지 등 계층 2의 10개의 평가요소 모두에서 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 효과가 기존 과학화 경계시스템의 효과보다 더 좋은 것으로 나타났다. 특히, 레이더 기반 AI 과학

화 경계시스템은 야간 탐지 측면에서 상대적 효과가 높은 것으로 분석되었다.

중합 평가치를 살펴보면, 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템의 중합 평가치가 기존의 과학화 경계시스템의 중합 평가치보다 2배의 값을 보이는 것으로 보아 그 효과가 상대적으로 매우 높은 것으로 판단된다.

<표 4-4> 대안 평가 결과

평가요소	중합가중치	대안1 효과도	대안2 효과도	대안1 중합평가치	대안2 중합평가치
악천후 탐지	0.181	0.402	0.598	0.073	0.108
주간 탐지	0.067	0.312	0.688	0.021	0.046
야간 탐지	0.205	0.260	0.740	0.053	0.152
동시 탐지	0.081	0.306	0.694	0.025	0.056
검출률	0.144	0.387	0.613	0.056	0.088
오검출률	0.068	0.383	0.617	0.026	0.042
검출 속도	0.092	0.329	0.671	0.030	0.062
해상도	0.064	0.219	0.781	0.014	0.050
기록저장 및 검색	0.034	0.420	0.580	0.014	0.020
객체표시 및 추적	0.064	0.299	0.701	0.019	0.045
중합 평가치				0.331	0.669

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 AHP를 활용하여 과학화 경계시스템을 위한 평가요소의 중요도를 산출하여 레이더 기반의 AI 과학화 경계시스템에 대한 효과를 분석하였다. 과학화 경계시스템의 작동 및 운용 원리의 핵심 요소를 도출하고, 각 요소와 효과에 대한 전문가 자문에 통해 과학화 경계시스템의 효과 분석을 위한 평가요소를 선정하였다. 각 평가요소의 상대적 중요도는 경계작전 및 과학화 경계시스템을 운용한 경험이 있는 전문

가 집단을 대상으로 설문 후 AHP를 이용하여 분석하였다. 이를 토대로 레이더 기반 AI 과학화 경계시스템과 기존의 과학화 경계시스템을 두 대안으로 설정하여 대안을 평가하였고, 그 결과 레이더 기반의 AI 과학화 경계시스템이 그 효과가 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있었다.

향후 본 연구에서 분석된 결과를 토대로 레이더 기반의 AI 과학화 경계시스템이 실제로 야간 및 악천후 상황에서 효과적인 성능을 보이는데 대한 검증 실험을 진행함으로써 본 연구 결과의 신뢰성을 강화할 예정이다. 나아가 단순히 기존 과학화 경계시스템과의 대안 비교가 아닌 과학화 경계시스템의 본연의 목적과 기능을 극대화할 수 있는 경계시스템을 제안할 것이다.

본 연구에서 제안한 과학화 경계시스템의 평가요소들은 앞으로 군에서 도입하는 최첨단 과학화 경계시스템의 효과를 분석하기 위한 평가요소로서도 활용이 가능할 것으로 예상된다. 따라서, 과학화 경계시스템의 각 평가요소를 정량적으로 측정할 수 있는 추가적인 방법 및 기준이 정립된다면 단순 설문에 의한 분석이 아닌 과학화 경계시스템의 성능, 작동, 운용 결과 등의 보다 객관적 데이터에 기반한 과학화 경계시스템의 효과 분석이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 이원재, 손창호 “과학화 경계시스템 고도화 연구: 이미지도이터 분석을 중심으로”, 한국산학기술학회논문지 제23권 제6호, pp. 144-150, 2022.
- [2] 신의수, 김태현, 차지은, 한재경, “육군 차세대경계시스템의 효율적 운용방안 연구”, 한국군사학논집, vol.77, no.2, pp. 334-362, 2021.
- [3] 최재연, 변정욱, 신기동, “신속시범획득사업 복수업체 선정기준에 관한 연구”, 한국방위산업학회지 제28권 제1호, pp. 31-44, 2021.
- [4] Nezah Balal, Gad A. Pinhasi and Yosef Pinhas, “Atmospheric and Fog Effects on Ultra-Wide Band Radar Operating at Extremely High Frequencies”, *Sensors*, 16(5), 751, 2016.
- [5] 배덕효, 윤성심, “레이더의 특성 및 활용현황”, 한국수자원학회, 39(6), No.155, 14-19, 2016.
- [6] 박태웅, 김태호, 한현진, “GOP 과학화 경계시스템에 대한 평가와 개선방안 : 지휘관 및 참모 대상 설문조사 결과를 중심으로”, 한국국방경영분석학회지, vol.46, no.2, pp. 57-72, 2020.
- [7] Saaty, T.L., “A scaling method for priorities in hierarchical structures”, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281, 1977.
- [8] 홍정만, “AHP 기법을 적용한 민간 기업의 신재생에너지 평가항목에 대한 연구”, *에너지경제연구*, 10(1), 115-142, 2011.
- [9] 최민철, “AHP 분석의 문제점과 수정가중치모형의 개발”, *경영과 정보연구*, 39(2), 145-162, 2020.
- [10] 나준엽, “정보계측기법에 의한 공공시설의 적지 선정”, 서울대학교 대학원 농공학과 학위논문(박사), 2005.
- [11] Saaty, T.L., “The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill”, New York, 1980.
- [12] 이재문, 정치영, 이재영, “시뮬레이션 및 AHP기법을 이용한 공격헬기 전투효과 분석”, 한국시뮬레이션학회 논문지, 19(3), 63-70, 2010.
- [13] 나재현, 박찬현, 김동길, “AHP와 평점법 및 TOPSIS를 활용한 K계열 전차 성능개량 우선순위에 대한 연구”, 한국전자통신학회 논문지, 16(5), 2021.
- [14] 김욱기, 신규용, 조성식, 백승호, 김용철, “AHP 분석을 통한 부대 임무유형별 워리어플랫폼 요구능력 우선순위 비교”. 융합정보논문지, 11(6), 262-269, 2021.
- [15] 신규용, 이호찬, 문미남, 광승현, “레이더 기반 AI 과학화 경계시스템”, 육군사관학교 산학협력단, 2022. 12.
- [16] Ernest Forman, Kirti Peniwati, “Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process”, *European Journal of Operational Research*, Vol 108(1), 165-169, 1998.

— [저자 소개] —



문 미 남 (Minam Moon)
2001년 3월 육군사관학교 학사
2006년 2월 고려대학교 석사
2015년 8월 텍사스 A&M 대학교 박사
email : hereandnow@kma.ac.kr



신 규 용 (Kyuyong Shin)
1996년 3월 육군사관학교 학사
2000년 2월 한국과학기술원 석사
2009년 12월 노스캐롤라이나
주립대학교(NCSU) 박사
email : kyshin@kma.ac.kr



이 호 찬 (Hochan Lee)
1996년 3월 육군사관학교 학사
2004년 2월 서울대학교 석사
2013년 8월 퍼듀(Purdue University)
대학교 박사
email : channy64@kma.ac.kr



곽 승 현 (Seunghyun Gwak)
2015년 3월 육군사관학교 학사
2020년 2월 서울대학교 석사
email : kd2253@kma.ac.kr