

국방분야 딥러닝 기반 무기체계 영상 식별 연구의 최근 동향

육심언*, 조영호(교신저자)**

*대한민국공군 제17전투비행단¹⁾

**국방대학교 국방관리대학원

e-mail:6simun@korea.kr, youngho@kndu.ac.kr

Research Trends on Deep Learning-based Image Detection of Weapon Systems in National Defense

Simun Yuk*, Youngho Cho(Corresponding author)**

*ROKAF 17th Fighter Wing

**Korea National Defense University

요약

대한민국 국방부는 'AI 과학기술강군 육성'을 목표로 하는 '국방혁신 4.0'을 발표하며 4차 산업혁명 과학기술을 국방 전반에 반영하기 위한 대대적 혁신을 시작하였다. 이에 본 연구는 현재 수준을 분석 및 진단하고 향후 연구방향을 도출하기 위한 목적으로 지상·해상·공중 무기체계의 영상을 식별하는데 딥러닝 기술을 적용한 최근 3년 이내의 연구 동향을 조사하고 분석하였다. 그 결과, 부족한 학습데이터를 확보하기 위한 다양한 증강기법과 인조데이터 생성기법에 대한 연구의 필요성을 확인하였다. 또한, 지상·해상·공중 무기체계 특성을 분석함으로써 각각의 학습데이터 수집 및 탐지 모델의 선택 간 고려해야할 사항들을 분석함으로써 향후 국방분야 무기체계 영상 식별 연구의 수행방향을 제시하였다.

1. 서론

올해 2월 대한민국 국방부는 '국방혁신 4.0'을 발표하였다 [1]. '국방혁신 4.0'은 미래 국방환경 변화를 도전요인으로 정의하고, 우리의 강점인 '4차 산업혁명 과학기술'을 활용하여 국방 전반에 혁신적인 변화를 추구한다. 이를 위해 궁극적 목표를 'AI 과학기술강군 육성'으로 설정하였으며, 양질의 국방 데이터 구축 등의 세부 과제 설정을 통해 국방 AI기반을 구축하는 것을 추진 중점으로 포함하였다. 국방분야의 대대적인 혁신을 위한 수단으로 AI기술을 활용하는 것이 핵심임을 확인할 수 있다.

본 연구는 우리 군이 '국방혁신 4.0'이라는 대대적인 혁신의 출발점에 선 시점에서, 우리 국방분야에서 최근 몇 년간 수행되어온 AI 연구의 동향을 분석하여 현재 수준을 분석 및 진단하고, 향후 발전시켜 나가야할 방향을 도출하는 것을 목표로 수행되었다. '국방혁신 4.0'에서는 4차 산업혁명의 대표적인 첨단 과학기술로 AI기술, 무인로봇, 3D프린팅, 빅데이터, 드론을 제시하였는데, 본 연구는 이 중에서 AI기술, 특히 딥러닝 기반의 영상 식별을 다루는 연구들에 집중하였다.

본 연구에서 다루는 조사 및 분석의 범위는 최근 3년 이내

우리 국방분야에서 수행된 연구로 한정하였으며, 각 연구들을 지상·해상·공중 무기체계의 세 가지로 구분하였다. 군사자료와 비공개 자료는 일체 배제하였으며, 공개적인 학술대회에서 발표되었거나 학술지에 게재된 순수 학술연구자료만을 대상으로 하였다.

본 연구의 이후 장절 구성은 다음과 같다. 2장에서 무기체계별 연구 동향을 지상·해상·공중 무기체계 별로 소개하고, 이를 바탕으로 한 분석 및 향후 연구방향을 3장에서 기술한다. 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 무기체계 별 연구 동향

2.1 지상 무기체계

임승균 등[2]은 대표적인 지상 무기체계 중 하나인 전차의 국적을 식별하는 연구를 수행하였다. 인터넷을 통해 한국과 미국, 일본, 북한 등 4개국의 주력 전차 이미지 파일을 각각 500장씩 총 2,000장을 수집하여 학습데이터로 활용하였으며, 전차의 고속 기동으로 인해 발생하는 흠먼지와 안개를 표현하는 노이즈를 합성하는 방법으로 증강하여 총 6,000장의 학습데이터를 확보하였다. 레이블링 작업은 'labeling' 도구를 활용하였으며, 식별 알고리즘은 'YOLOv4'를 활용하였다. 평가지표는 식별률 척도로 실제 객체의 면적과 학습된 모델이 식별한 면적의 일치율을 의미하는 IoU(Intersection over

1) 본 논문은 소속 기관의 보안성 검토를 필하였음.

(단, 허가 없이 관련 없는 기관/인원 대상 제공 최소화)

Union)와 실제와 예측 결과의 정확도를 측정하는 mAP(mean Average Precision)를 활용하였다. 실험 결과는 mAP 기준 최소 98.25%에서 최대 99.52%의 정확도를 보였다.

황교성 등[3]도 전차에 대한 객체 탐지를 다루었는데, 적성국 전차에 대한 학습데이터 수집이 어렵다는 점에 착안하여 다양한 데이터 증강 모델(Data augmentation model)을 조합하여 정확도의 향상을 도모하는 기법을 제안하였다. 영상에 기하학적 변형을 가하는 접근방법(Basic image manipulation approach), 딥러닝 모델을 활용한 접근방법(Deep learning approach), 하이퍼파라미터를 활용한 접근방법(Meta learning approach)으로 구분하여 각각의 대표적인 증강 기법들을 다양하게 조합하여 적용하였다. 북한군의 전차와 유사한 중국과 러시아가 운용하는 T계열 전차의 이미지 파일을 캐글(Kaggle)에 공개된 전차 데이터셋(Military Tank Dataset)과 인터넷을 통해 수집한 사진자료를 활용하였다. 레이블링은 'Roboflow' 도구를 활용하였으며, 객체식별 알고리즘은 'YOLOv5'모델의 경량화 버전인 'YOLOv5s'를 활용하였다. 실험결과 다양한 증강모델을 조합하는 경우보다, 오히려 딥러닝 모델의 대표적인 증강기법인 'SinGAN'만을 단독 적용한 경우에 가장 높은 정확도를 보였다.

2.2 해상 무기체계

김정환 등[4]은 군함의 국적을 식별하는 연구를 수행하였다. 인터넷을 통해 한국, 미국, 일본, 중국, 러시아에서 운용 중인 500톤급 이상 수상 전투함의 이미지 파일 3,433장을 수집하였으며, 실제 군함에서 타 군함에 대한 관측을 수행할 때 전자광학추적장비(EOTS: Electro-Optical Targeting System)를 활용하는 것에 착안하여 학습데이터를 흑백으로 변환하여 활용하였다. 또한, 안개와 우천 상황과 같은 해상 기상을 반영하기 위해 학습데이터에 노이즈를 합성하거나 블러(blur) 처리를 통해 증강하여 본 학습데이터의 3배인 10,299장을 확보하였다. 레이블링은 'labelimg'도구를 활용하였으며, 객체식별 알고리즘으로 'YOLOv4'를 활용하였다. 평가지표는 지상 무기체계와 동일하게 IoU와 mAP를 활용하였다. 정방형 학습데이터의 해상도를 416px, 512px, 576px, 608px로 변화를 주며 다양하게 실험한 결과, 512px의 학습데이터를 활용하였을 때 가장 정확도가 높았으며 mAP기준 최소 95.42%에서 최대 99.93%의 수치를 보였다.

이후 수행된 후속 연구[5]에서는 동일한 조건에서 기존의 'YOLOv4'를 기반으로 학습 모델의 아키텍처 구조를 개선한 'Modified_YOLOv4'를 제안하였으며 실험결과 개선 전의 알고리즘보다 보다 0.25%의 정확도 향상을 보였다.

2.3 공중 무기체계

오창대 등[6]은 공중전투기동 중인 전투기의 영역을 검출하는 연구를 수행하였다. F-16 전투기가 기동하는 에어쇼 동영상으로부터 3,538장의 이미지 파일을 추출하여 학습데이터로 활용하였다. 영역검출을 위해 사용한 모델은 'Deeplabv3+'이며, 평가지표는 IoU를 활용하였다. 학습 간 파라미터를 상이하게 하여 실험한 결과, 최소 59.25%에서 최대 63.35%의 일치율을 보였다.

김나우 등[7]도 유사한 방법으로 F-16 전투기의 이미지 파일 20,000장을 수집하여 해상도를 달리한 학습데이터를 활용하였으며, 탐지 알고리즘으로 'YOLOv3'를 활용하였다. 평가지표는 mAP를 활용하였으며, MS COCO 데이터셋으로 학습한 모델과 전이학습을 실시한 모델을 구분하여 비교 실험하였다. 실험결과는 학습데이터의 해상도가 높고 전이학습을 실시했을 때 최대 mAP 기준 96.57%의 정확도를 보였다.

3. 분석 및 향후 연구방향

3.1 부족한 학습데이터 확보를 위한 방안 강구

딥러닝 기반 영상 식별 모델은 양질의 학습데이터 확보가 전제되어야만 높은 정확도를 기대할 수 있다. 그러나 무기체계, 특히 적성국 무기체계의 영상 데이터를 확보할 수 있는 수단은 매우 한정적이다. 해당 국가에서 공개한 선전 영상이나 열병식 영상에서 추출하는 방법, 에어쇼 행사장을 직접 방문하여 촬영하는 등의 제한적인 수집이 가능하다. 또한, 군사정찰자산을 통해 수집한 영상의 경우에는 군사보안의 이유로 민간에 공개하거나, 이를 실제로 활용한 연구 결과를 공개하는 것 역시 제한된다. 상기 이유로 인해 기존의 연구들도 인터넷에 공개된 자료를 수집하여 학습데이터로 활용한 것으로 판단된다.

이러한 제한사항들을 극복하기 위한 방안으로, 학습데이터 증강기법과 인조(synthetic)데이터 생성기법을 활용하는 것이 유효할 수 있다. 먼저, 증강기법은 기존에도 다양한 연구사례가 있으나, 지상·해상·공중 무기체계의 특성이 서로 상이하기 때문에 각각의 무기체계 영상 식별에 가장 우수한 성능을 보이는 증강기법이 무엇인지 평가하는 연구의 수행이 요구된다. 한편, 인조데이터 생성기법은 말 그대로 가상의 학습데이터를 만들어내는 것으로, 최근 생성적 적대 신경망(GAN: Generative Adversarial Network) 기반의 생성기법이 많이 연구되고 있다. 인조데이터 생성 기법을 활용하여 소수의 학습데이터를 기반으로 실제 무기체계와 유사한 인조 학습데이터를 생성함으로써 학습데이터의 양적 증강을 도모하는 다양한 방법에 대한 연구도 요구된다.

3.2 무기체계 특성을 반영한 학습데이터 수집과 탐지

모델의 선택

지상·해상·공중 무기체계는 각각의 특성이 매우 상이하며, 학습데이터에도 해당 특성이 반드시 반영되어야 한다.

우선, 지상 무기체계의 경우는 지상에서 기동하기 때문에 다양한 방해 요소, 예를 들어 나무나 수풀, 위장, 흙먼지와 같은 요소들이 탐지 대상 영상에 함께 포함되는 경우가 많다. 따라서 지상 무기체계 영상을 식별하기 위한 탐지 모델의 경우에는 해당 방해 요소들이 포함되더라도 지상 무기체계를 정확히 식별할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 학습데이터들도 이러한 다양한 방해요소들을 포함해야만 실제 환경에서의 활용할 수 있을 만큼 정확도를 보장할 수 있을 것이다.

다음으로, 해상 무기체계의 경우는 바다에서 기동하기 때문에 지형적 방해 요소들로부터는 상대적으로 자유롭지만, 해수면의 유동성, 해수면에 의한 빛의 반사, 해무와 같은 해상 특유의 기상요인들이 방해요소들로 작용할 수 있다. 따라서 실제 활용을 위해서는 이를 반영한 학습데이터들이 요구된다고 할 수 있다. 또한, 일반적으로 해상 무기체계는 물의 저항으로 인해 지상이나 공중 무기체계들에 비해 상대적으로 저속으로 기동하는 특징이 있다. 따라서 해상 무기체계를 식별하는 모델을 선택하는데 있어서 속도에서 약간의 손해를 보더라도 정확도 측면에서 더 나은 성능을 보이는 식별 모델을 선택하는 등 합리적인 식별 모델 선택 과정이 요구된다.

마지막 공중 무기체계의 경우, 지상·해상 무기체계들에 비해 매우 고속으로 기동하는 특징이 있기 때문에 식별 모델 선택 간 식별 속도가 우선적으로 고려되어야 할 것이다. 또한, 공중 무기체계가 기동하는 공간은 2차원 공간인 육상·해상과 달리 3차원 공간이기 때문에 식별 대상 무기체계의 정면, 후면, 측면뿐만이 아닌 전방위 각도를 반영하는 학습데이터가 요구된다. 관측자의 위치 역시 식별에 적합한 학습데이터를 수집 또는 생성할 때 고려할 필요가 있다. 예를 들어, 적의 공중 무기체계를 식별하고 격추하기 위한 대공 방어작전에서의 활용이 목적이라면, 지상에서 공중을 감시하며 식별해야 하기 때문에 적 공중 무기체계의 상부보다는 정면, 측면, 하부를 촬영한 학습데이터가 더욱 많이 요구될 것이다. 반면, 공항에 주기되어 있거나 활주로를 이용 중인 공중 무기체계를 위성영상 기반으로 식별하는 모델의 경우에는 측면이나 하부보다는 상부를 촬영한 학습데이터가 더욱 많이 요구될 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 ‘국방혁신 4.0’을 시작하는 시점에서, 현재까지 학계에 발표된 딥러닝 기반의 무기체계 영상 식별 연구 동향을 지상·해상·공중 무기체계 별로 소개하였으며 이에 대한 분석 및 향후 연구 방향을 제시하였다. 본 연구를 초석으로

앞으로 더욱 다양하고 수준 높은 국방분야 무기체계 영상 식별에 대한 연구들이 활발하게 수행되길 기원한다.

참고문헌

- [1] 대한민국 국방부, “국방혁신 4.0” 브로슈어.
(https://www.mnd.go.kr/mbshome/mbs/mnd/subview.jsp?id=mnd_011906000000)
- [2] 임승균, 강동수.(2021).YOLO 알고리즘을 이용한 전차 국적 식별 및 평가:정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지,27(12),555-562.
- [3] 황교성, 마정목.(2022).데이터증강 모델 조합을 활용한 적성 전차에 대한 객체탐지 성능 향상 연구.한국II학회논문집27(2),148-159.
- [4] 김정환, 박진영, 문호석.(2020).딥러닝을 활용한 다국적 군함 탐지 및 분류모형 연구.한국국방경영분석학회지,46(2),73-83.
- [5] 김정환, 문호석.(2021).수정된 YOLO v4를 활용한 해상에서 객체 탐지 및 분류 모형 개발.한국국방경영분석학회지,47(2),13-25.
- [6] 오창대, 김연호, 배규리, 이영건. 딥러닝 알고리즘을 이용한 공중전투기동 전투기 영역검출.대한전자공학회 학술대회.2022.11.:659-660.
- [7] 김나우, 박준현, 박재하, 이영건. 딥러닝 알고리즘을 이용한 공중전투기동 전투기 탐지.대한전자공학회 학술대회.2021.11.:367-368.