

위성데이터의 군사적 활용을 위한 연구 과제 제안



목차

- ‘425 사업’ SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발
 - 1. 과제 개요
 - 2. 세부과제별 사업 수행 계획
 - 1) SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증
 - 2) 한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화
 - 3) 한반도지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

- ‘425 사업’ 북한 이동식 미사일 발사대 (TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발
 - 1. 과제 개요
 - 2. 세부과제별 사업 수행 계획
 - 1) SAR 위성 학습 데이터셋 구축
 - 2) 인공지능 위치 예측 시스템 개발

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

1. 과제 개요

2. 세부과제별 사업 수행 계획

- 1) SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증
- 2) 한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화
- 3) 한반도지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● 과제 개요

■ 배경

- 북한의 핵 공격 위협이 커져 감에 따라 국방부는 다양한 방법을 통해 북한의 핵실험에 대한 탐지 및 연구를 계속하고 있으며, 정찰 능력 강화 및 독립적인 국가 안보 체계 구축을 위해 2018 년부터 한반도 주변 지역 감시를 위한 5기의 위성을 확보하는 '425 사업'을 추진함
- 한반도는 산악지형이 과 도시화가 집중된 지역이 많아 기존 방법만으로는 신뢰도 높은 정보를 확보하기 어려움, 또한 위성자료로부터 DEM (디지털 고도 모델) 을 생성하는 것은 많은 시간과 비용이 들기에 지속 적인 감시에는 적합하지 않음.
- SAR 위성 을 이용해 핵실험, 갯도 건설과 같은 대규모 지형 변화를 유발하는 연구는 여러 차례 진행 되었으나, 실전에서 이를 지속 적으로 감시하는 것은 인력 과 자원의 한계로 실현성이 떨어짐

■ 목표

'425 사업' 위성 자료를 활용한 **한반도 특화 고도 탐지 기술 개발** 및 **대규모 지형변화 자동탐지** 시스템 구축

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● 과제 개요

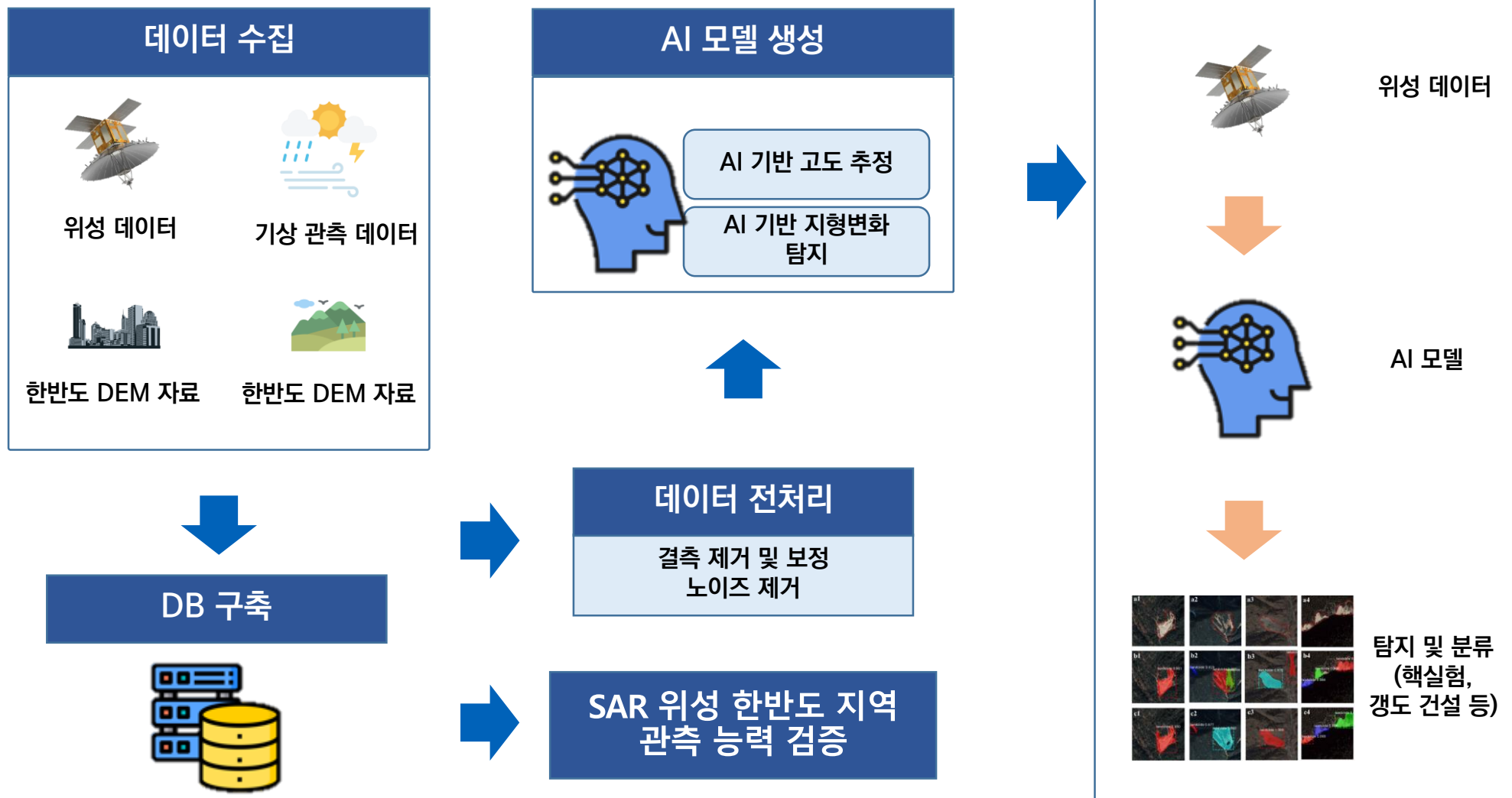
■ 세부과제별 사업 수행 계획

구분	제 1 세부	제 2 세부	제 3 세부
세부과제명	SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증	한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화	한반도지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축
수행 내용	<ul style="list-style-type: none">• SAR 위성의 동아시아 지역 관측 성능 진단• 가상상황에 따른 SAR 위성의 성능 비교 및 특성 확인	<ul style="list-style-type: none">• AI기반 한반도 특화 고도 탐지 기술 개발• 한반도 주요 지역 DEM 최신화	<ul style="list-style-type: none">• 객체 탐지 알고리즘을 활용한 대규모 지형변화 감시 기술 개발• 대규모 지형 변화 자동 탐지 체계 구축

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● 과제 개요

■ 목표 시스템



'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증

■ 필요성

- 해외각국에선 이미 SAR 위성을 군사 정찰 목적으로 사용 중이며 SAR 위성이 '425 사업'의 핵심 전력으로 평가되는 만큼 한반도 주변지역에 대한 관측 정확도를 진단할 필요가 있음
- SAR 위성이 전천후 관측 가능하다고는 하나. 눈, 비, 구름 등 악 기상인 지역에선 정확도가 떨어짐. 따라서 한반도의 기상상황에 따른 SAR 위성의 관측특성을 확인할 필요가 있음

■ 기대효과

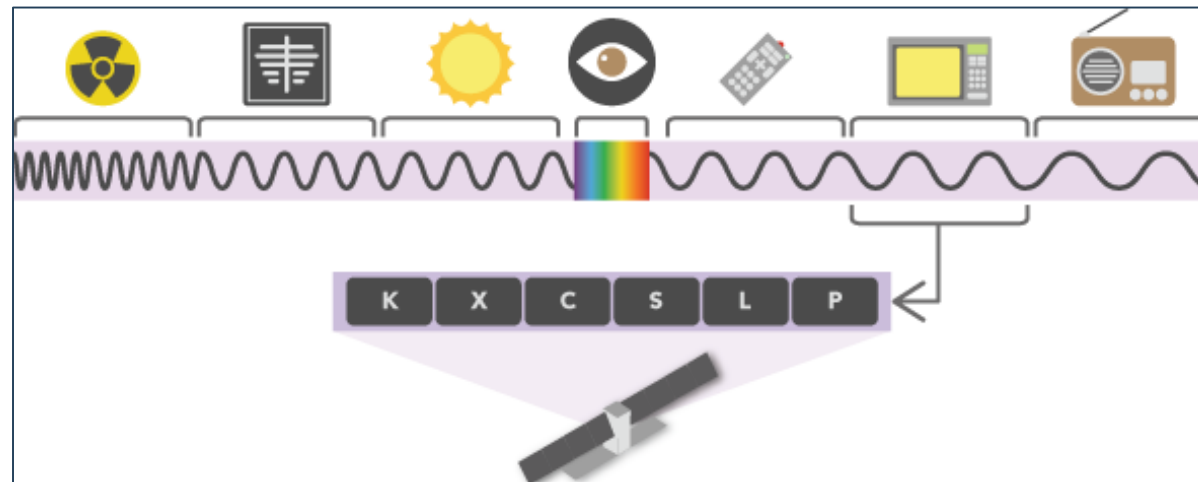
- '425 사업' SAR 위성 자료의 특징 및 성능 파악
- 향후 '425 사업' SAR 위성 데이터 활용 기술 개발의 방향 설정
- 추후 위성 데이터 보정 체계의 구축 기반 마련

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증

■ 연구 배경

- SAR 위성은 마이크로파 대역의 파를 사용해서 탐지하며 사용하는 파장대에 따라 K대역($7.5 \times 10^{-6} m$)에서 P (1 m) 대역 까지 여섯 가지 대역으로 구분됨
- 파장대 별로 SAR 위성의 관측 특성이 달라지며 K~C 파장대의 위성은 구름 및 강수의 영향을 받는 것으로 알려져 있음.



SAR 위성에서 사용하는 전자기파 대역

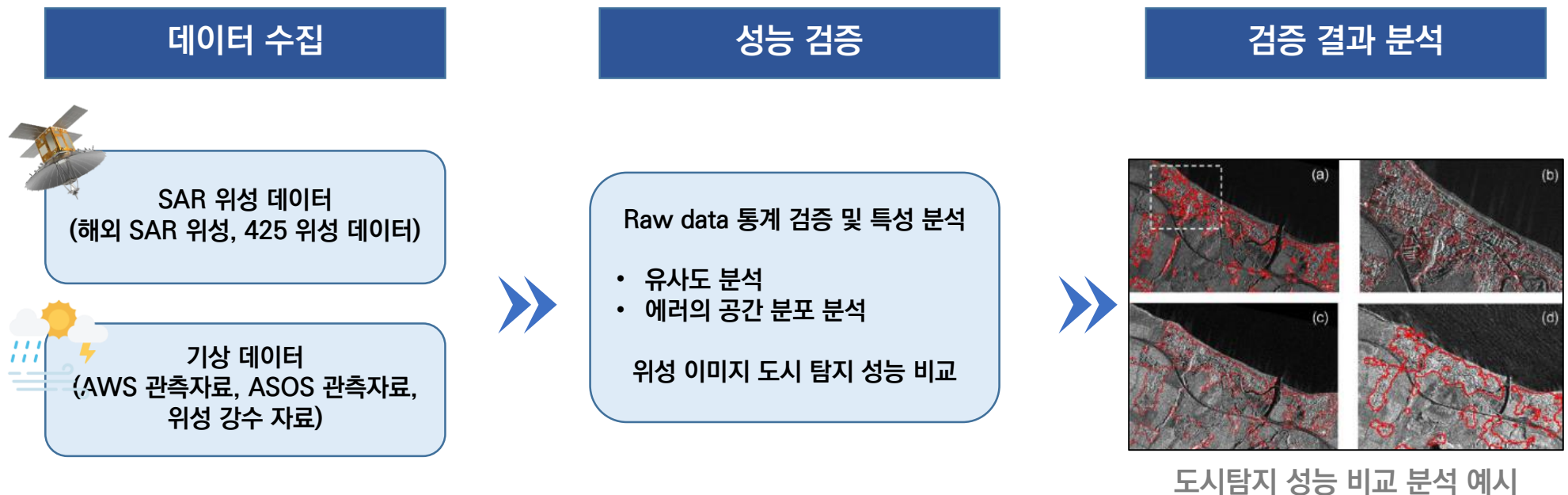
'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성의 한반도 지역 관측 능력 검증

■ 수행 내용

● 데이터

- 해외 SAR위성(Sentinel-1 (c-band), ALOS (L-band), TerraSAR-X (x-band) 등) 자료
- '425 사업' SAR 위성 데이터 자료
- ASOS, AWS 등 한반도 기상 관측자료 및 Imerge 등 위성 강수 자료



'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 2 세부] 한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화

■ 필요성

- SAR 위성을 활용한 고도 측정 기술은 넓은 지역을 효율적으로 관측할 수 있으나, 지형이 복잡한 지역에서 정확도가 떨어지며 원 자료를 가공하여 고도를 추출하는데 시간과 비용이 많이 든다는 문제점이 있음
- 따라서 산악지형이 많고 도시화가 집중된 한반도의 특성을 고려하고 지속적인 감시를 위한 신속한 고도 추정 기술을 개발하고 이를 기반으로 한반도 주요 요충지의 DEM을 최신화 할 필요가 있음

■ 기대효과

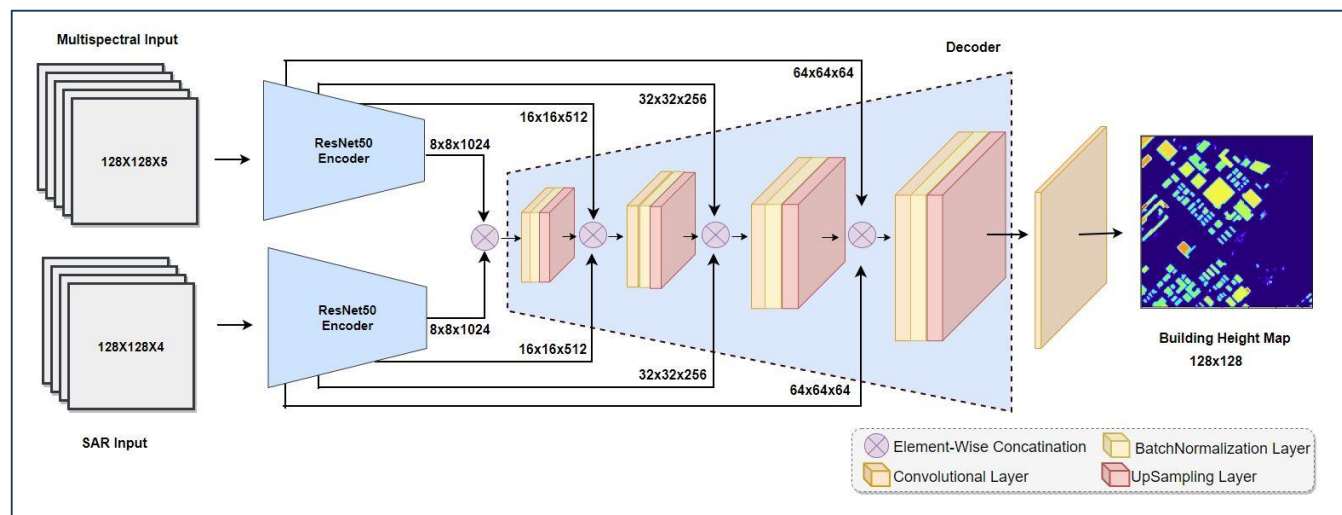
- 북한의 핵실험 및 대규모 공사 탐지 기술의 기반을 확보
- 군사 전략 수립 및 도심 시뮬레이션에 사용될 수 있는 자료 확보
- 한반도 지형특성에 최적화된 독자적 정찰 역량 확보

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 2 세부] 한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화

■ 연구 배경

- SAR 위성자료(Sentinel-1)와 광학 위성 자료(Sentinel-2)의 시계열을 사용하여 10m 공간 해상도의 건물 높이를 추정하는 AI 알고리즘에 대한 연구가 있음
- 해당기술은 네덜란드 10개의 도시에서 진행된 연구에서 3.7 m의 RMSE 의 오차를 보여줬으며 고층 건물이 더 밀집된 한반도의 주요 도심 및 산간지형에 특화하여 이용 할 수 있을 것으로 생각됨



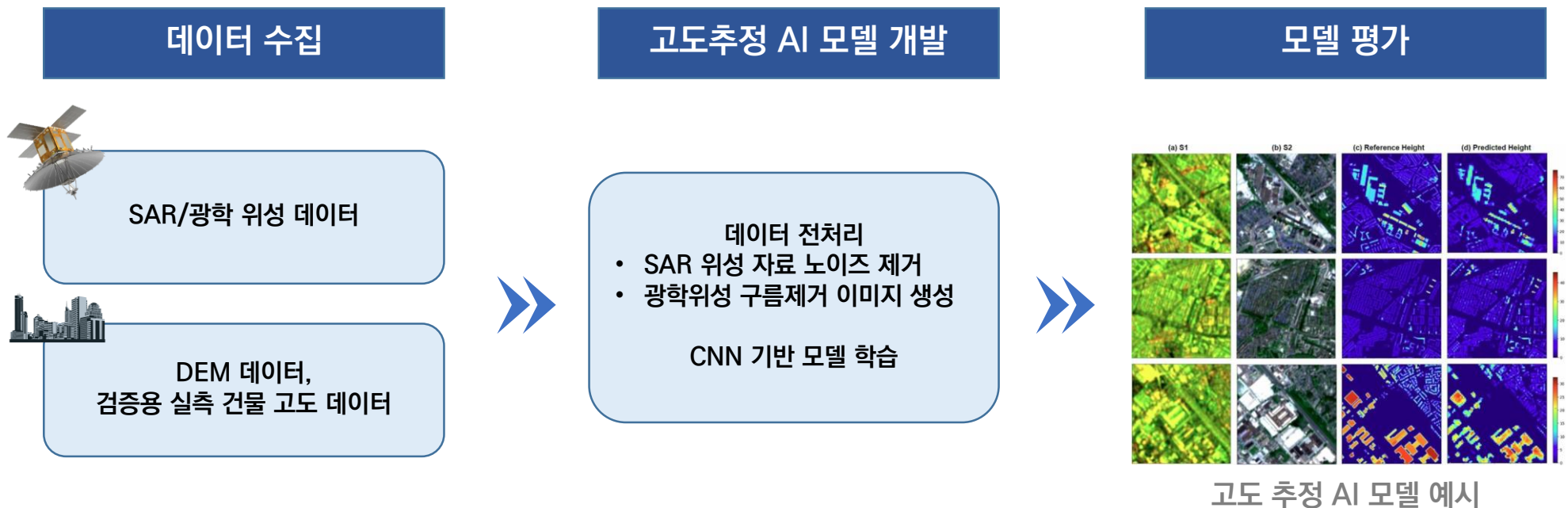
SAR 위성 자료를 이용한 AI 기반 고도탐지 알고리즘 모식도

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 2 세부] 한반도의 특성을 고려한 AI 기반 고도 추정 기술 개발 및 DEM 최신화

■ 수행 내용

- 데이터
 - 기존 SAR 위성을 통해 제작된 DEM 자료
 - '425 사업' SAR 위성 데이터 자료
 - 실측된 한반도 지형자료



'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 3 세부] 한반도 지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

■ 필요성

- 북한은 핵실험과 갯도 건설 같은 대규모 건설 활동을 은밀히 진행하고 있다고 알려져 있으며, 이러한 변화가 발생하는 지점을 빠르게 추출하고 분석하여 결정자들에게 신속한 정보를 제공하기 위해 위성 이미지를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있음
- SAR위성은 지속적으로 대량의 데이터를 생성하며 이를 수동적으로 분석하는 것은 실전성이 떨어진다. 따라서 AI를 이용하여 감시 및 변화 탐지 과정을 자동화할 필요가 있음

■ 기대효과

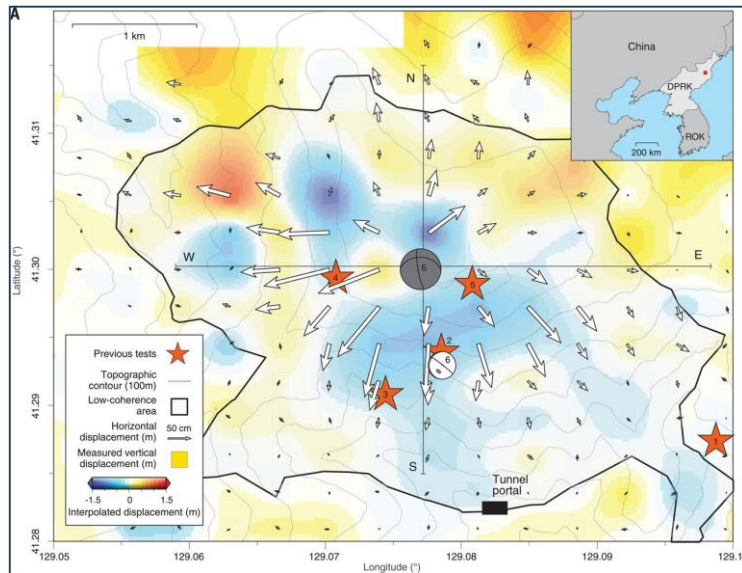
- 북한의 핵실험 및 군사적 위협을 준 실시간으로 감시
- AI 모델을 활용함 으로서 감시의 정확도 및 신속성 향상
- 기존 감시에 사용되는 인력을 줄임으로서 인력의 효율적인 배치 가능

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 3 세부] 한반도 지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

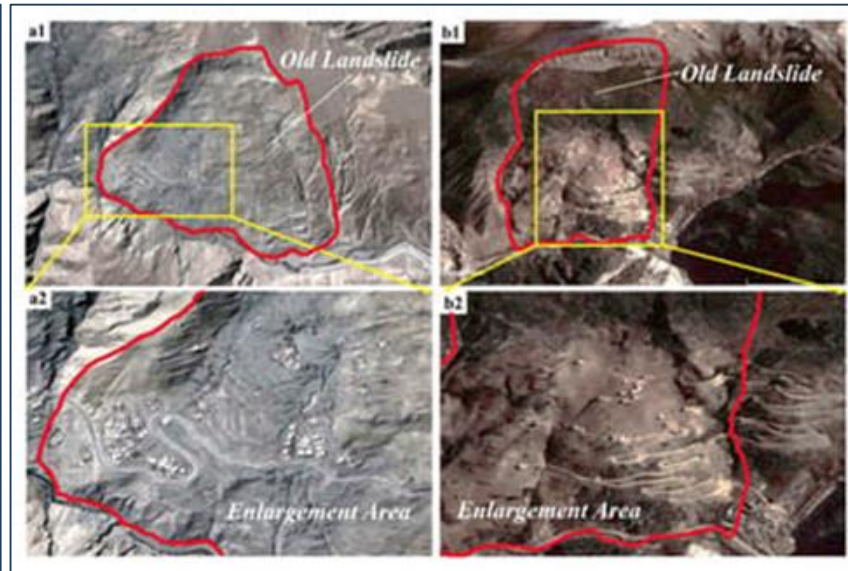
■ 연구배경

- 북한의 핵실험에 대한 주변 환경의 변화와 그것을 바탕으로 한 핵실험 탐지에 대한 연구는 여러 차례 진행된 바 있음.
- 광학위성 자료를 이용하여 AI 객체 탐지 알고리즘 기반으로 지형변화(산사태)를 탐지하는 연구가 있음.



인공위성 자료와 지진파를 분석해 추정한
6차 핵실험 위치와 만탑산의 지형 변화

Teng Wang *et al.*, The rise, collapse, and compaction of Mt. Mantap from the 3 September 2017 North Korean nuclear test. *Science* 361, 166–170 (2018).



광학위성자료와 객체탐지 AI를 활용한
산사태 감지 기술 연구

Jiang, W.; Xi, J.; Li, Z.; Zang, M.; Chen, B.; Zhang, C.; Liu, Z.; Gao, S.; Zhu, W. Deep Learning for Landslide Detection and Segmentation in High-Resolution Optical Images along the Sichuan-Tibet Transportation Corridor. *Remote Sens.* 2022, 14, 5490.

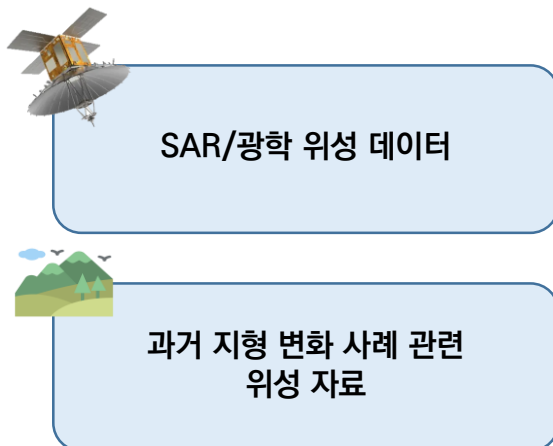
'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 3 세부] 한반도 지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

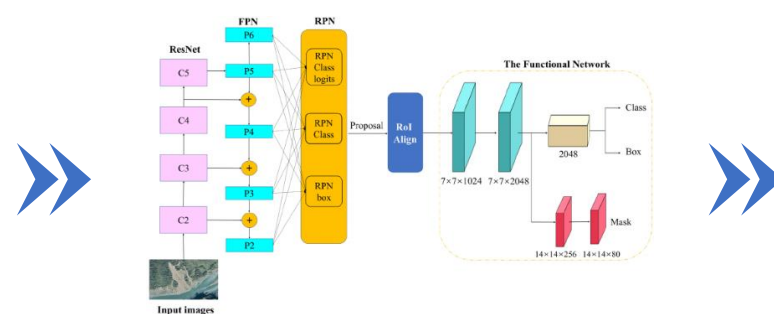
■ 수행내용

- 데이터
 - 과거 북 핵실험의 위성 및 지형 고도 자료
 - 대규모 지형 변화사례의 위성 및 지형 고도 자료
 - '425 사업' SAR 위성 데이터 자료

데이터 수집

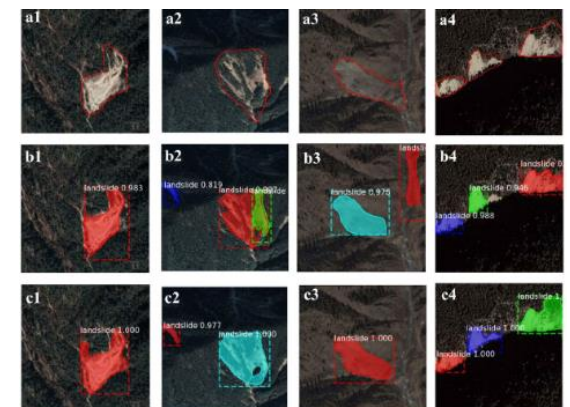


지형변화 탐지 AI 개발



위성 이미지 기반 객체 탐지 모델 구조

자동화 시스템 구축

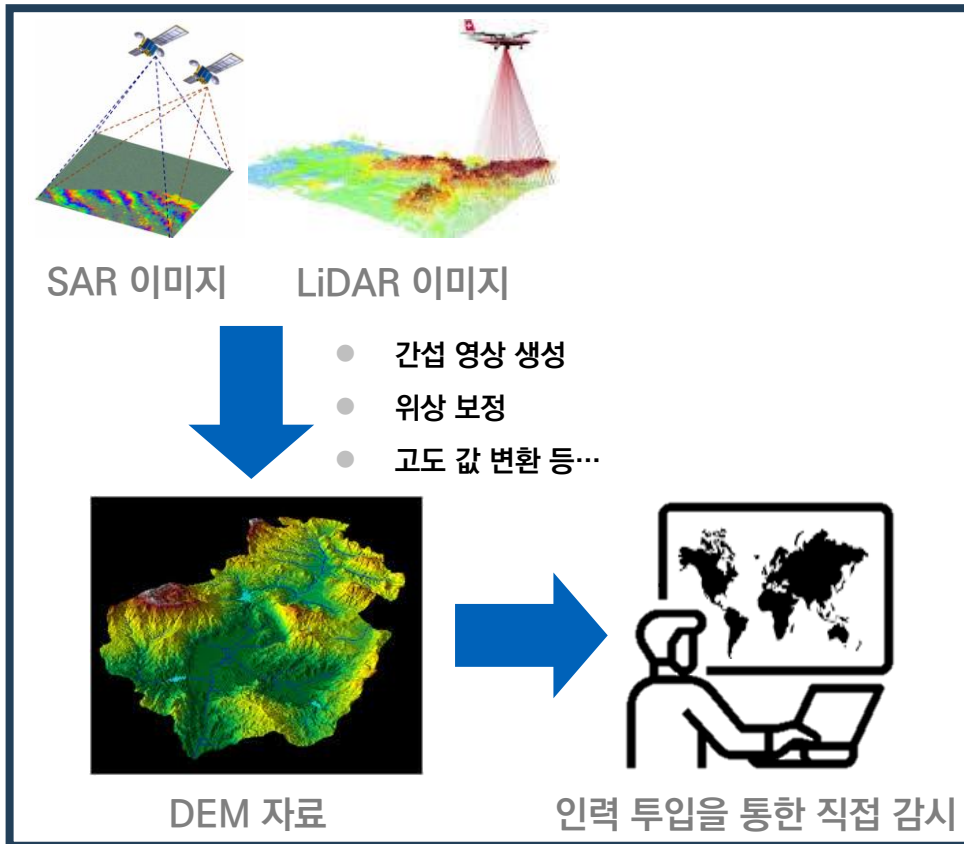


지형 변화 탐지 AI 예시

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

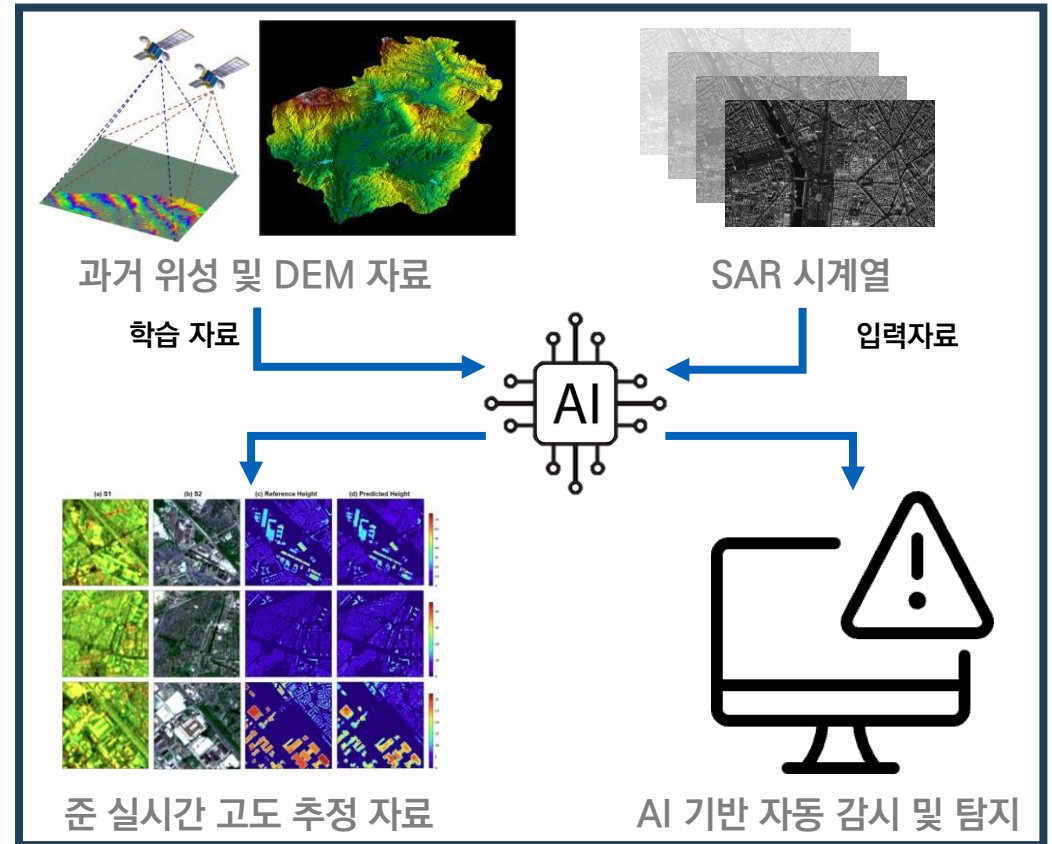
● 최종 산출물

■ 기존 지형고도 감시 시스템



- 높은 데이터 수집 비용 및 복잡한 처리과정
- 인력 투입을 통한 감시가 필요
- 이로 인해 지속적인 업데이트가 어려움

■ AI기반 고도 감시 시스템

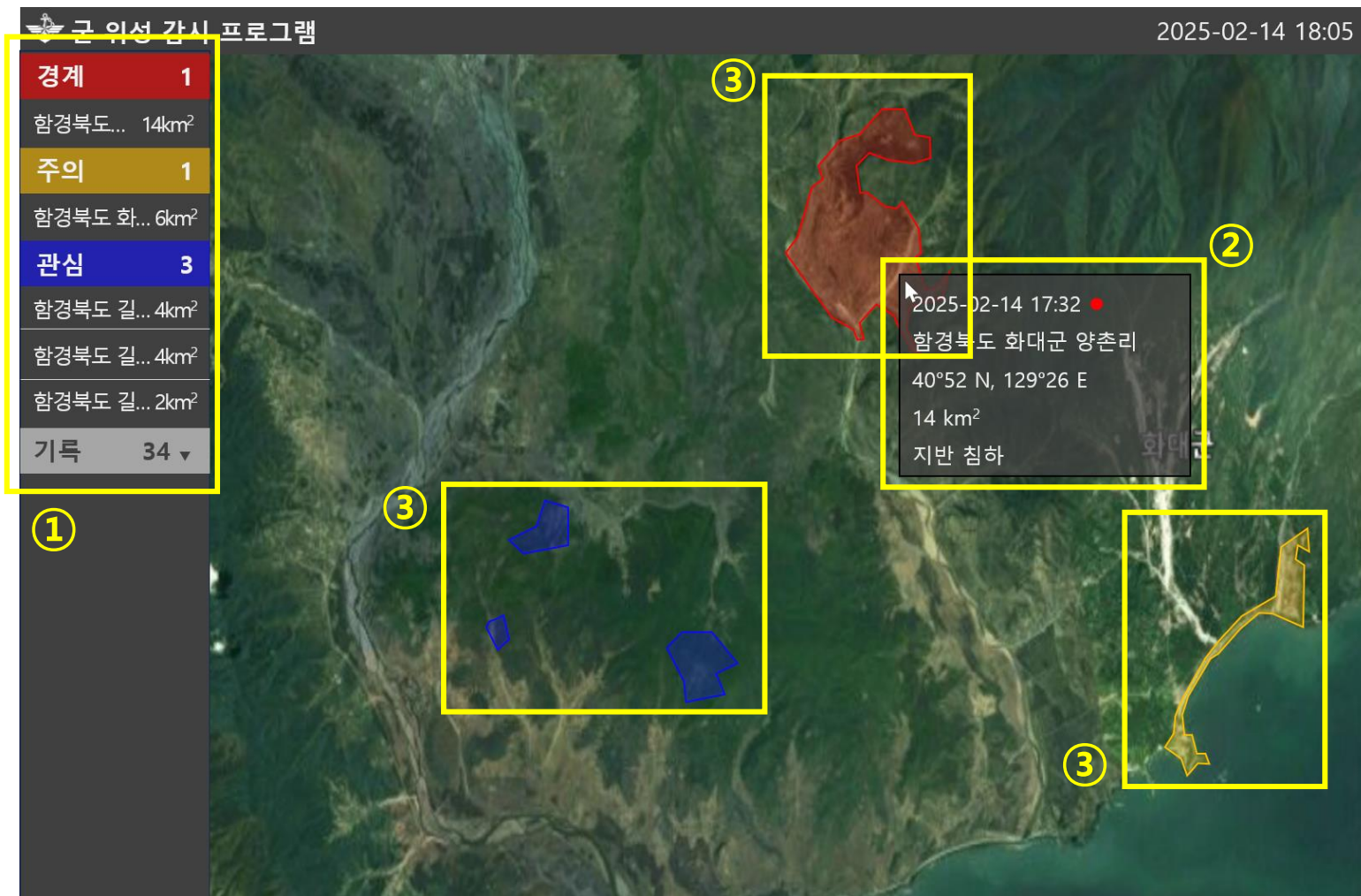


- 시공간적 변화를 반영하며 적은 비용으로 분석가능
- AI 기반으로 자동화
- 모니터링 및 변화 감지에 유용

'425 사업' SAR 위성 자료를 활용한 AI기반 한반도 특화 고도 탐지 및 변화 감시 기술 개발

● [제 3 세부] 한반도 지역 대규모 지형변화 자동탐지 체계 구축

■ 산출 프로그램 예시



① 지형 변화 정도에 따라
몇 단계로 구분 하여
위치와 시각, 과거
사건을 기록

② 지도 혹은 기록 클릭
시위도와 지형변화
종류 등 상세정보 표시

③ 일정 수준 이상의
지형변화를 자동으로
탐지하여 지도에 표시

지형 변화 탐지 기술 사용자 인터페이스 예시

참고 자료

1. C. Corbane, N. Baghdadi, X. Descombes, G. W. Junior, N. Villeneuve and M. Petit, "Comparative Study on the Performance of Multiparameter SAR Data for Operational Urban Areas Extraction Using Textural Features," in *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 6, no. 4, pp. 728–732, Oct. 2009
2. Mazzanti, P.; Scancella, S.; Virelli, M.; Frittelli, S.; Nocente, V.; Lombardo, F. Assessing the Performance of Multi-Resolution Satellite SAR Images for Post-Earthquake Damage Detection and Mapping Aimed at Emergency Response Management. *Remote Sens.* 2022, 14, 2210.
3. A. Nascetti, R. Yadav and Y. Ban, "A CNN Regression Model to Estimate Buildings Height Maps Using Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 MSI Time Series," *IGARSS 2023*
4. Teng Wang *et al.*, The rise, collapse, and compaction of Mt. Mantap from the 3 September 2017 North Korean nuclear test. *Science* 361, 166–170 (2018).
5. Jiang, W.; Xi, J.; Li, Z.; Zang, M.; Chen, B.; Zhang, C.; Liu, Z.; Gao, S.; Zhu, W. Deep Learning for Landslide Detection and Segmentation in High-Resolution Optical Images along the Sichuan-Tibet Transportation Corridor. *Remote Sens.* 2022, 14, 5490.

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

1. 과제 개요

2. 세부과제별 사업 수행 계획

- 1) SAR 위성 학습 데이터셋 구축
- 2) 인공지능 위치 예측 시스템 개발

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● 과제 개요

■ 배경

- 북한의 이동식 미사일 발사대는 남한을 겨냥한 전술핵무기의 핵심으로 기동성이 높아 위치 추적이 어려워 정찰위성을 통해 TEL의 위치를 파악하고 있는 미국 역시 교란 당한 이력이 있음[1].
- 여러 번의 미사일로 추정되는 비행체 발사로 GPS 전파 교란이 일어나기도 함.[2] 최근 신식TEL 배치가 늘어나 대책 마련을 하지 않으면 한국의 방공 자산을 현격하게 소모 시킬 것으로 예상됨.[3]
- 기존의 TEL 경로 및 위치 파악에도 인공지능을 사용한 시도가 보고된 적이 있으나 [4][5] 후속 기사나 성공여부가 보고된 바 없음.

■ 목표

'425 사업' 위성 자료를 활용한 **북한 이동식 미사일 발사대 데이터셋 구축** 및 **이동경로 포함 위치 자동 예측** 시스템 개발

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

- 과제 개요

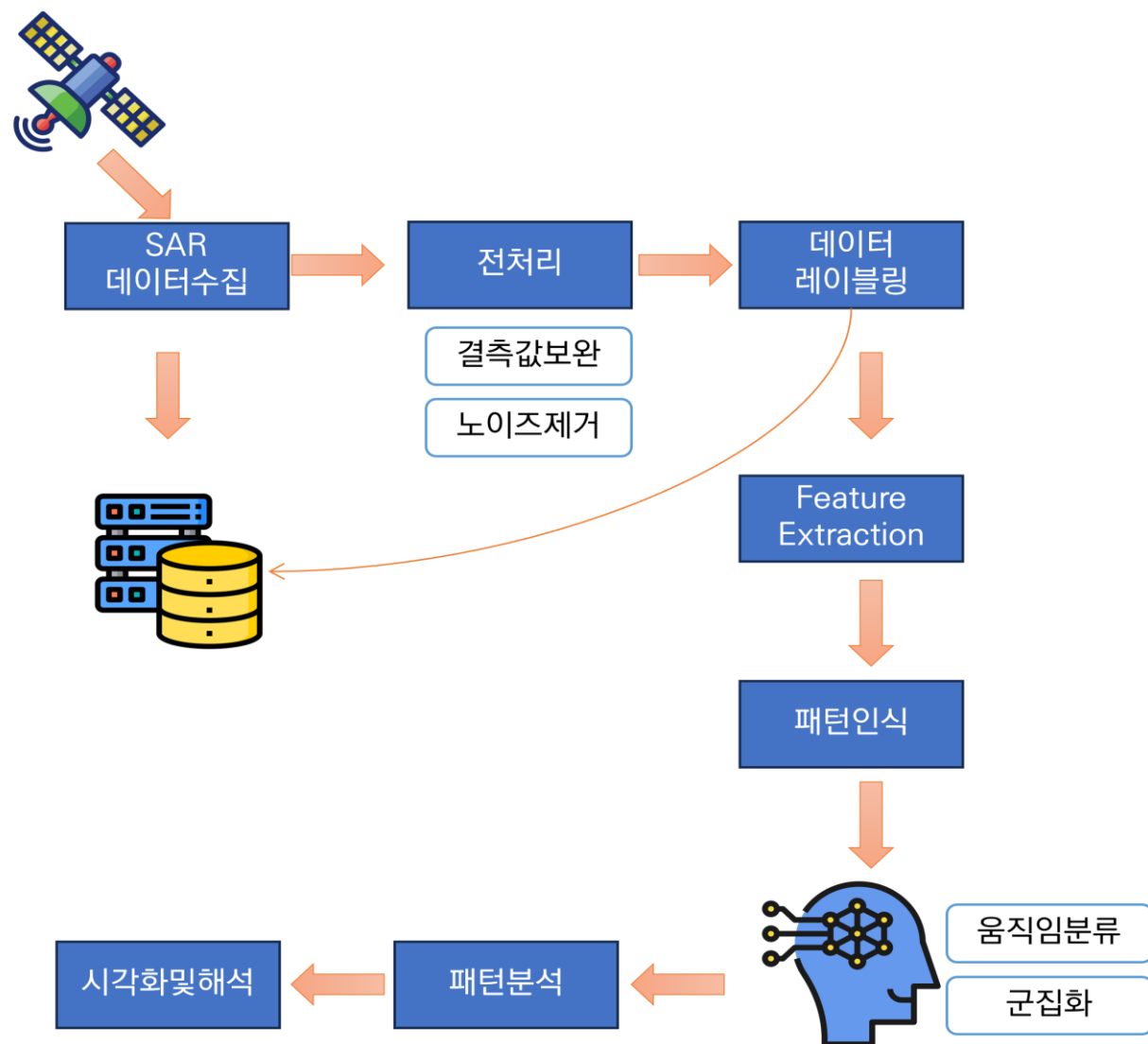
- 세부과제별 사업수행 계획

구분	제 1 세부	제 2 세부
세부과제명	SAR 위성 학습 데이터셋 구축	인공지능 TEL 위치 예측 시스템 개발
수행 내용	<ul style="list-style-type: none">SAR 위성 TEL 관련 관측 자료 수집주요 SAR ATR 표지 데이터 레이블링 수행	<ul style="list-style-type: none">학습 데이터셋으로부터 경로 시각화 및 분석인공지능 기반 이동경로 및 위치 예측 프로그램 개발성능진단을 위한 피드백 체계 구축

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● 과제 개요

■ 목표 시스템



'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성 데이터셋 구축

■ 필요성

- TEL은 기동성과 은폐 능력을 활용해 감시망을 피하는 데 특화되어 있어 기존 광학 위성 감시는 TEL 식별에 어려움이 있음. 또한 광학 위성은 기상상황과 태양광의 영향을 크게 받는다는 한계가 존재함
- SAR 위성 감시를 자동화하기 위해서는 이에 맞는 데이터셋이 필요하며 해외에서도 군사 목적을 위한 SAR ATR 데이터셋의 예를 찾아볼 수 있음[5]
- 인공지능 기반 TEL 탐지 시스템의 성공적인 구현과 운영을 위해 정제된 학습 데이터셋이 필요함

■ 기대효과

- 고해상도 SAR 영상과 레이블링된 데이터를 기반으로 인공지능 모델의 성능 향상
- 실시간 감시 및 경보 체계 구축을 통해 신속한 의사결정과 대응을 위한 기반 마련
- 해외 의존도를 줄이고 국내 자체 SAR 데이터셋 마련으로 국방 데이터 주권을 강화

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성 데이터셋 구축

■ 연구 배경

- 대표적인 공개된 데이터 셋으로는 미국의 MSTAR(Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition)가 있음. 이는 SAR 기반 표적 인식 분야에서 가장 널리 사용되어 온 벤치마크 데이터셋으로 탱크, 장갑차, 트럭 등의 표적 데이터를 포함
- MSTAR에서 지적된 한계점을 보완한 폴란드의 ATR을 위한 SAR 위성 데이터셋 예시가 존재함 [5]
- 실제 데이터셋을 구축한다면 북한의 TEL 표적 종류와 북한 배경에 맞는 데이터 수집이 필요할 것으로 보임

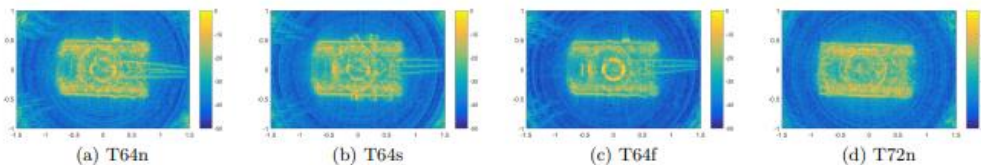


Figure 4: SAR images of the different target classes and variants with a 360° integration angle.

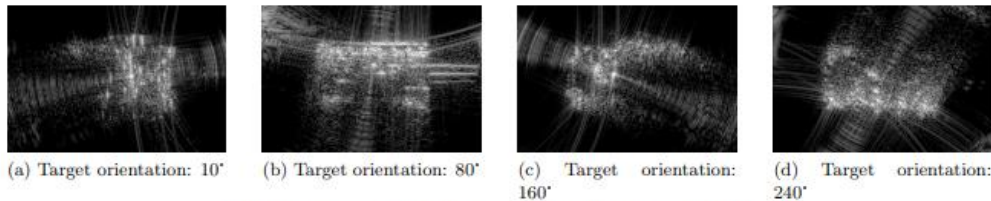


Figure 5: Impact of the target's orientation on the SAR images.

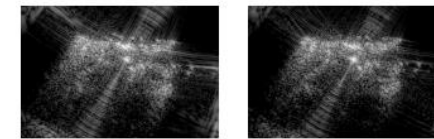


Figure 6: Impact of the depression angle on the SAR images.

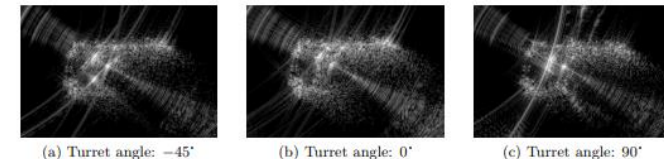


Figure 7: Impact of the configuration on the SAR images.

SAR 위성 ATR 데이터셋 예시

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● [제 1 세부] SAR 위성 데이터셋 구축

■ 수행 내용

- 데이터
 - 북한 지역 SAR 위성 영상
 - 북한 및 해외의 기존 TEL 및 이동 흔적 위성영상

데이터 수집

북한 지역 SAR 위성 원시 데이터

북한 및 해외의 기존 TEL 위치 및
흔적 위성영상

Figure 1. Diagram of vehicle target clustering in a SAR image. A red box highlights the region where vehicle targets are concentrated in a localized area.



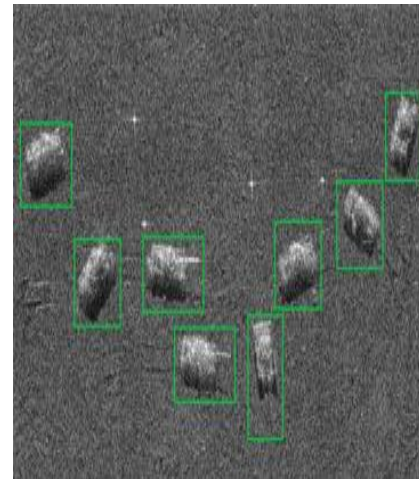
전처리

학습하기 적절한 데이터로
가공을 진행



레이블링

학습하기 적절한 데이터로
가공을 진행



학습 데이터셋 구축

데이터를 데이터베이스에
저장



'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● [제 2 세부] 인공지능 TEL 위치 예측 시스템 개발

■ 필요성

- 북한은 신식 이동식 미사일 발사대(TEL)를 통해 지속적인 핵 위협을 가하고 있으나 잦은 이동으로 예측에 어려움이 있음. 이런 전술적 교란은 방공자산 낭비를 초래할 수 있음
- 2011년, 하버드대 위성감시사업(SSP) 팀은 위성 사진 분석을 통해 수단과 남수단의 분쟁 지역에서 군부대와 장갑차 이동이 가능한 도로가 건설되고 있는 것을 발견, 수단군의 침공을 예측함 이처럼 위성 사진을 이용한 경로 예측으로 피해 방지 가능
- 기존 연구[7]에 따른 TEL 위치 파악 방법은 K-means 알고리즘과 연관성분석을 움직임분석에 적용해 패턴을 찾아 예측하는 방식으로 예측력이 떨어질 뿐 아니라 인력 소모가 큼. 따라서 기존의 통계적 방법을 보완한 인공지능 기반의 시스템을 개발할 필요가 있음

■ 기대효과

- 북한의 북한 군사행동 예측으로 방공 자산의 효율적인 관리가 가능
- 북한의 미사일 동향을 준 실시간으로 탐지하여 사전 대응 능력을 확보

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

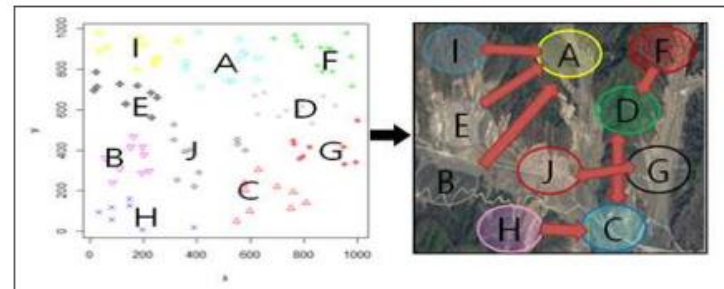
● [제 2 세부] 인공지능 TEL 위치 예측 시스템 개발

■ 연구 배경

- AI를 TEL 탐지에 적용하는 시도는 한국, 미국 등 세계적으로 수년간에 걸쳐 지속적으로 시도 되었음[4][5][8]
- 직접적으로 관련이 있는 연구는 아니나 움직이는 선박, 자동차, 야생동물 등의 이동경로를 학습해 물체의 위치를 예측하는 인공지능에 관한 연구가 있음[10][11][12]. 북한의 TEL 또한 군사작전에 따른 경로가 있을 것으로 추정. 따라서 유사한 방법론을 적용할 수 있을 것이라고 판단



<그림 2> 북한 이동식 발사대 움직임 예상 패턴(예)



<그림 8> 실험결과 값으로 도출해낸 TEL(가상데이터) 이동 패턴

이미지 출처 (2018) 북한의 이동식 미사일 발사대 움직임 분석에 관한 연구 하군구사한논집 74(3) 245 - 268

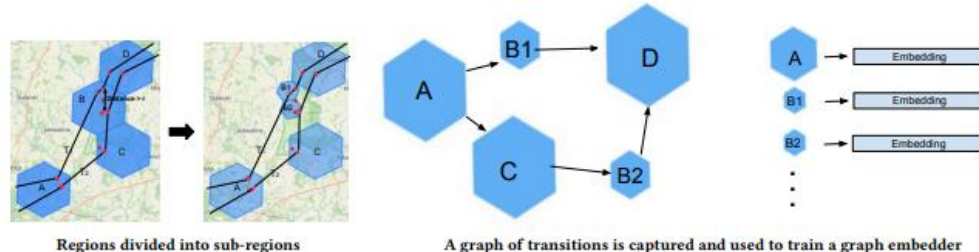


Figure 4: Hierarchical Network Generator. The red points are the observed data points of where the animal was whereas the black lines are the linear interpolations connecting them.

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

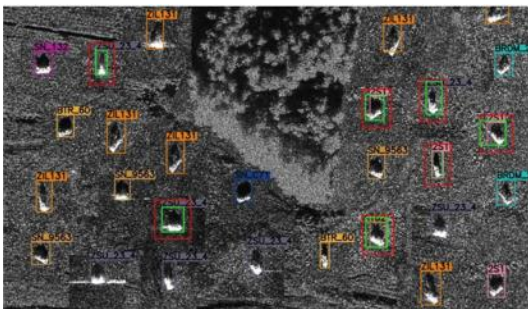
● [제 2 세부] 인공지능 TEL 위치 예측 시스템 개발

■ 수행 내용

- 데이터
 - TEL SAR ATR 주요 표지 학습 데이터셋
 - 검증을 위한 데이터셋

학습 데이터셋

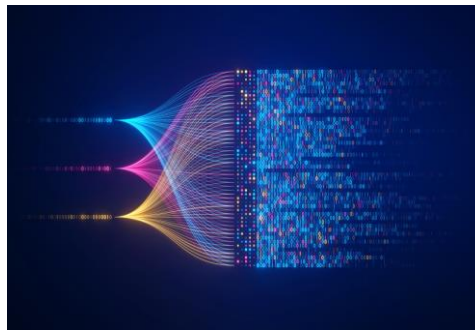
TEL SAR ATR
주요 표지 학습 데이터셋



Song, Y., Wang, S., Li, Q., Mu, H., Feng, R., Tian, T., & Tian, J. (2023). Vehicle Target Detection Method for Wide-Area SAR Images Based on Coarse-Grained Judgment and Fine-Grained Detection. Remote Sensing, 15(13), 3242.

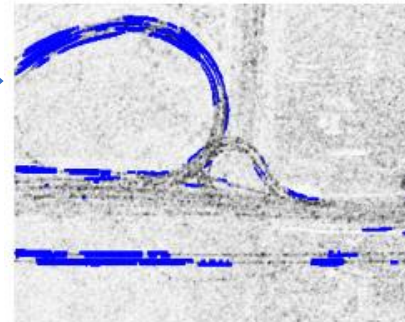
인공지능 기반 패턴 분석

인공지능 모델을 기반으로
경로와 위치를 분석



시각화 및 해석

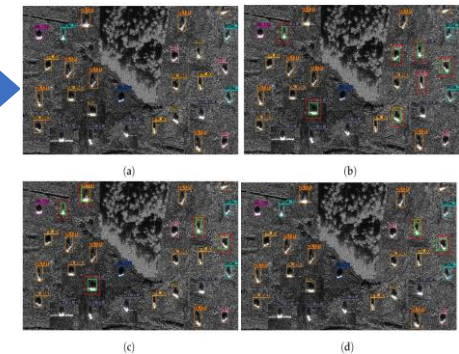
학습하기 적절한 데이터로
가공을 진행



Malinas, R., Quach, T. T., & Koch, M. W. (2015, November). Vehicle track detection in CCD imagery via conditional random field. In 2015 49th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (pp. 1571-1575). IEEE.

예측결과 검증

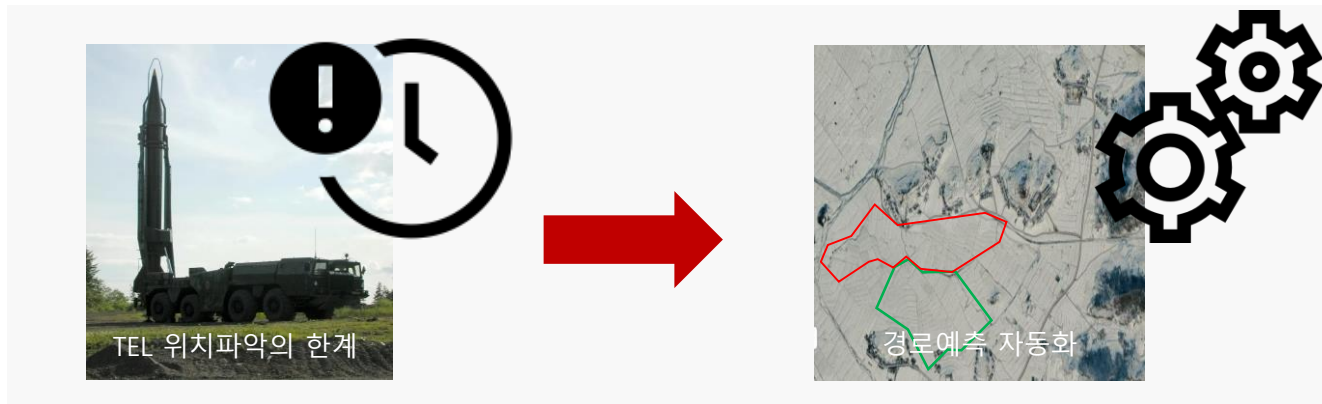
검증을 위한 데이터셋으로
예측 결과를 검증



'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● 기대효과

■ 현황과 기대효과 분석



AS-IS



TO-BE

한국형 미사일 방어체계 효율성 극대화

1. **(AS-IS) 실시간 TEL 위치 탐지의 어려움** → **(TO-BE) '425사업'과 함께 실시간 위치 파악 및 예측 시스템 구축**
 - ✓ 실시간 위치 추적 및 경로 예측 자동화로 TEL 이동 경로를 빠르게 파악 가능
2. **(AS-IS) 판단 지연** → **(TO-BE) 자동화된 경로 예측을 통한 신속한 대응**
 - ✓ 핵·미사일 사용 징후를 조기에 탐지하여 한국형 미사일 방어체계의 효과적 대응 지원
3. **(AS-IS) 미사일 방어체계 비효율** → **(TO-BE) 고도화된 북한 위협 대응을 위한 체계적 방어 시스템 구축**
 - ✓ 탐지 단계 정밀도를 높여 미사일 방어체계의 효율성 극대화
4. **(AS-IS) 인력 부담 증가** → **(TO-BE) 데이터 기반 자동화 및 AI 연구 기반 마련**
 - ✓ 구조화된 데이터베이스 구축으로 TEL 관련 분석 및 AI 연구 지원, 인력 부담 완화

'425 사업' 북한 이동식 미사일 발사대(TEL) 경로 데이터 수집 및 위치 예측 기술 개발

● 프로그램 예시

■ 사용자 인터페이스 예시



- 사용자가 추적 설정한 대상의 위치가 시간 단위로 표시
- 연속적인 경로 표시 (빨간 선)
- 현재 추적대상의 위치정보 표시 (위도, 경도)
- 현재 추적 대상의 다음 목표 표시
- 현재 화면 표시 지역의 기상상황 정보 제공

참고 자료

1. https://www.rfa.org/korean/in_focus/nk_nuclear_talks/ne-ms-11292017103956.html 북, 고정식 미사일발사대 철저히 위장
2. <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=80654> 北, 탄도미사일 10여 발 발사...이들 연속 GPS 전파 교란 공격 (종합2보)
3. <https://www.joongang.co.kr/article/25305826> [단독]미사일 1000발 동시에...北, TEL 250대 전방배치 움직임
4. <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=65885> 쏘고 빠지는 北 이동식 발사대... AI로 위치 예측·추적한다
5. https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2018/06/07/2018060700372.html 이동식 미사일 발사대, 美 AI가 잡아낸다
6. <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/server/api/core/bitstreams/91ed9394-5ddc-42ce-9774-999c03223547/content> Belloni, Carole, et al. "SAR image dataset of military ground targets with multiple poses for ATR." *Target and background signatures III*. Vol. 10432. SPIE, 2017.
7. https://www.kci.go.kr/kciportal/landing/article.kci?arti_id=ART002399277 이민우 , 이춘주 (2018). 북한의 이동식 미사일 발사대 움직임 분석에 관한 연구. *한국군사학논집*, 74(3), 245 - 268.
8. <https://www.reuters.com/article/technology/deep-in-the-pentagon-a-secret-ai-program-to-find-hidden-nuclear-missiles-idUSKCN1J114J> Deep in the Pentagon, a secret AI program to find hidden nuclear missiles
9. <https://www.defenseone.com/technology/2015/01/can-you-have-transparent-spy-agency/103554/> Can You Have a Transparent Spy Agency?
10. (<https://cdn.aaai.org/ojs/4998/4998-13-8061-1-10-20190709.pdf>) Fridman, N., Amir, D., Douchan, Y., & Agmon, N. (2019, July). Satellite detection of moving vessels in marine environments. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 33, No. 01, pp. 9452-9459).
11. (<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/18/5133>) Suo, Y., Chen, W., Claramunt, C., & Yang, S. (2020). A ship trajectory prediction framework based on a recurrent neural network. *Sensors*, 20(18), 5133.
12. <https://arxiv.org/abs/2404.08068> WildGraph: Realistic Graph-based Trajectory Generation for Wildlife