

2024년 1학기 세종대학교

종합설계 최종발표

항만 내 이동 물체 모니터링을 위한 FBR 영상 개선

Improving FBR Image for Inshore Moving Target Monitoring

세종대학교 에너지자원공학과¹, 지구자원시스템공학과²

19011092 이승준¹, 19011110 채영재¹, 21011247 윤아영², 21011215 이가람²



세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

Content

01 연구 배경

- 연구 목적 및 필요성
- 기존 연구
- 연구 지역 및 자료

02 연구 방법

03 연구 결과

04 결론

연구 목적

불법 행위 방지 및 안전성 강화

불법 입출항, 불법 조업, 항만 사고 등 항만에서 이루어지는 다양한 문제 상황을 예방하고 안정성을 높이기 위함

스마트 항만 시스템 구축

스마트 항만 시스템 사업을 추진하는 상황에서 최신 기술을 적용한 혁신적인 항만 관리 시스템 구축에 도움

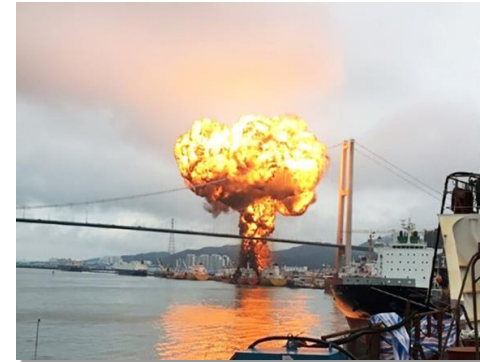
연구
필요성

기존 시스템의 한계 극복

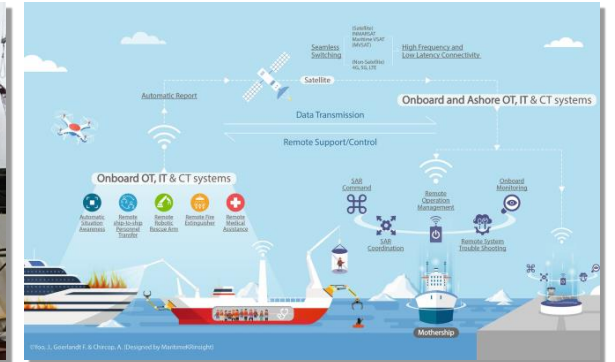
선박 교통관제, 레이더, 통신 시스템, 선박 자동 식별 장치(AIS) 등과 같은
항만 모니터링 시스템에도 불구하고 수많은 선박 사고 발생
또한, 교통 관제 레이더가 있음에도 그림자로 인해 감시 불가 영역이 생김

SAR 위성 시스템의 도입 논의

해양경찰과 해양수산부에서 선박을 실시간으로 모니터링하기 위한 방법으로 전천후로 관측이 가능한 Synthetic Aperture Radar (SAR) 위성 시스템의 도입에 대한 논의가 이루어지고 있음



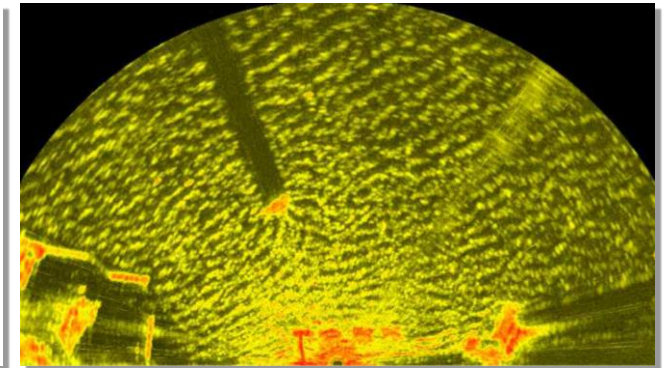
< 울산 염포부두에서 발생한 선박 폭발사고 >



< 스마트 항만 >



< 서해 불법 조업 현황 >



< 선박 교통관제 레이더 >

Deep Learning



< YOLOv5s 기반 선박탐지 >

- R-CNN, YOLO 등과 같은 딥러닝 모델을 이용한 선박탐지
- 높은 정확도와 빠른 속도로 현재 선박탐지 분야에서 활발하게 사용되는 기법
- 하지만, 다량의 SAR 데이터 확보와 학습을 위한 데이터 구축에 대한 어려움이 존재

Reference Image

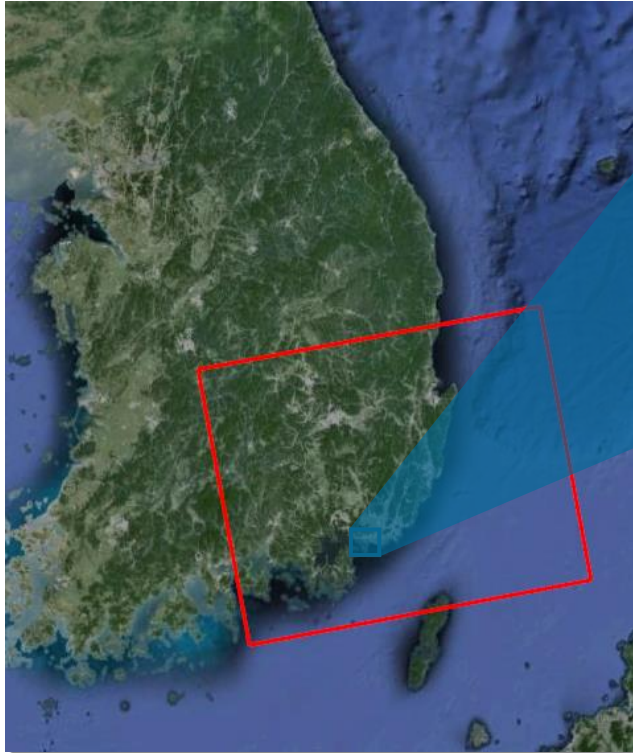


< Amplitude Images >

< Reference Image >

< Ship Detection >

- Time-Series Amplitude Images에서 시간에 따라 안정적인 픽셀만을 선택하여 선박이 없는 Reference Image를 이용한 선박 탐지
- Reference Image와 Amplitude Image의 비교만으로도 이동 물체 식별 가능
- 연구지역에 따라 Reference Image의 완성도가 변할 수 있음



< Sentinel-1 Coverage >

연구 지역

부산 신항 (2006년 개항)



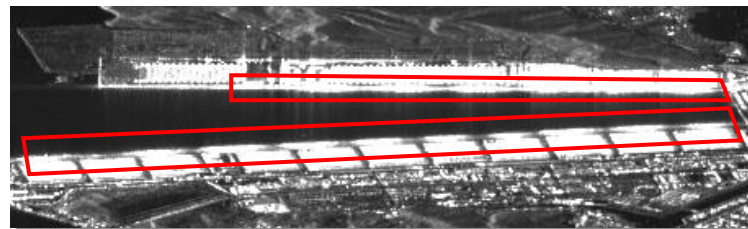
< Landsat-8 Image >



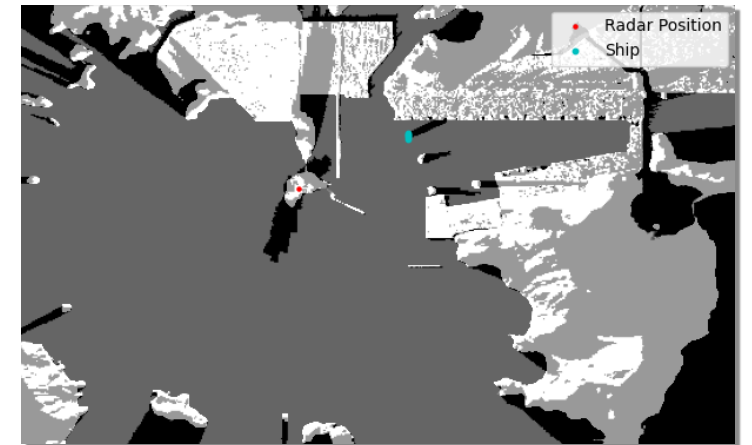
< 항만에 컨테이너와 주차장 같이 지속적으로 변화하는 이동물체 존재 >



< 정박된 선박이 SAR 영상 상에서 육지와 구분되지 않는 모습 >



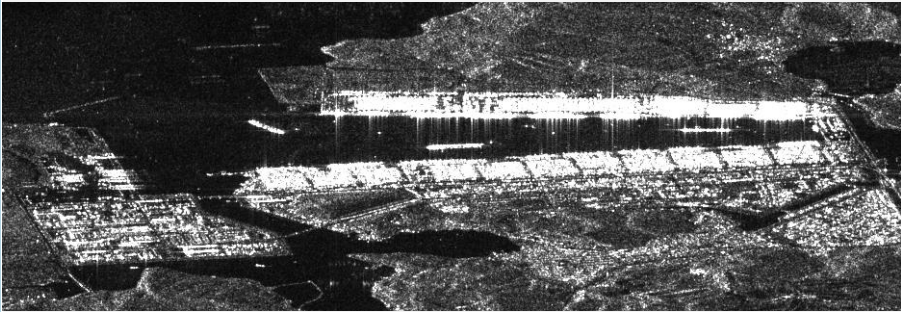
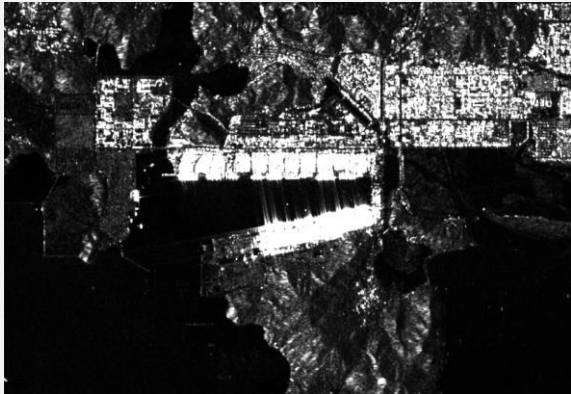
< 기존 FBR Image >



< Ground Radar Shadow Area Simulation >

사용자료

Sentinel-1 SAR 영상 (C-Band) / European Space Agency 제공

	SLC (Single Look Complex)	GRD (Ground Range Detected)
Image		
Acquisition Date	2022/01/12 ~ 2023/12/09	
Number of Scenes	45	
Orbit Pass	Ascending	
Pixel Spacing	Range 5m; Azimuth 20m	Range 10m; Azimuth 10m
Look Number	Single Look	Multi Look
Statistical Characteristics	Complex number로 저장되어 고해상도와 높은 공간상관성을 가짐 상대적으로 많은 노이즈로 인해 진폭 값의 변동성이 큼	Multi Look 처리를 통해 Real number로 저장되며 신호 대 잡음비가 개선됨 해상도가 낮아져 진폭 값의 변동성이 적고 안정적인
Geometric Distortion	정사보정이 수행되지 않음. 기하왜곡 포함됨	정사보정이 수행됨. 기하왜곡이 보정됨

기본 알고리즘

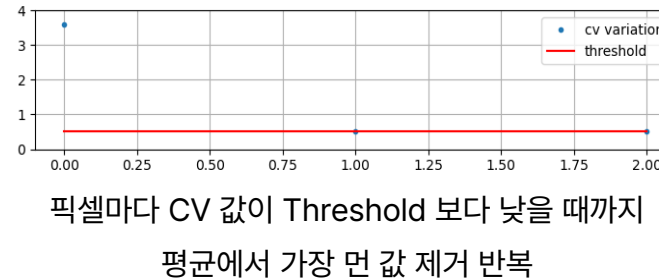
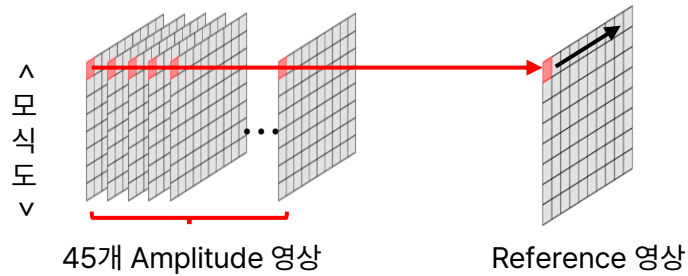
- Detecting Ephemeral Objects in SAR Time-Series Using Frozen Background-Based Change Detection (Thibault Taillade et al., 2020)

FBR 영상 제작을 위한
시계열 SAR 영상

시간에 따른 변화를 통해 이동
물체가 있는지 판단 후 제거

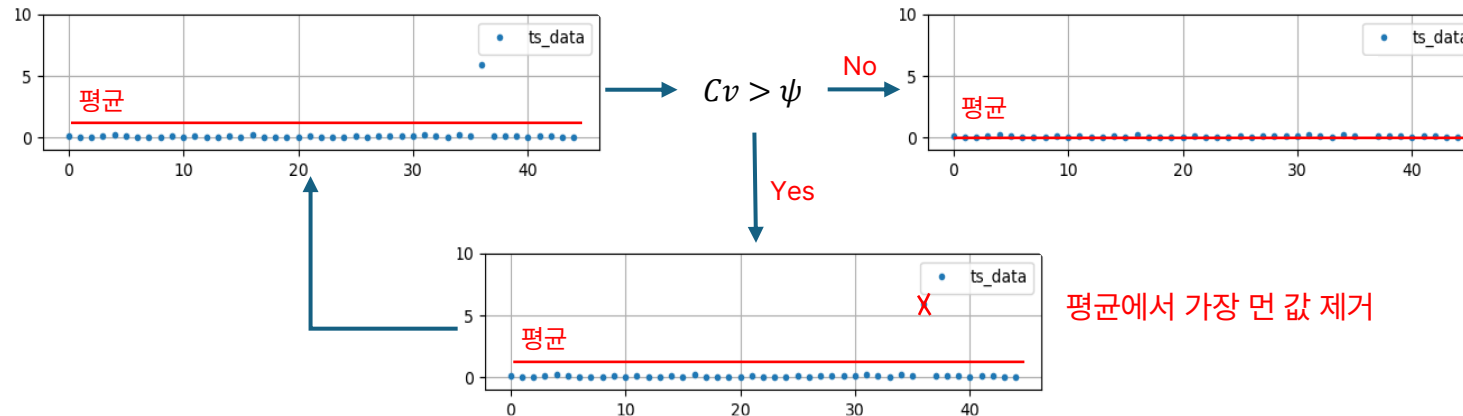
이동물체를 제거하고 남은 시계열
자료는 평균하여 각 픽셀로 할당함

이동물체가 없는 안정적인 영상으로 제작
: Frozen Background Reference Image



SAR 영상의 multiplicative noise 특성 고려

$$\text{실제 변동계수 } CV = \frac{\text{Temporal STD}}{\text{Temporal Average}}$$



Threshold

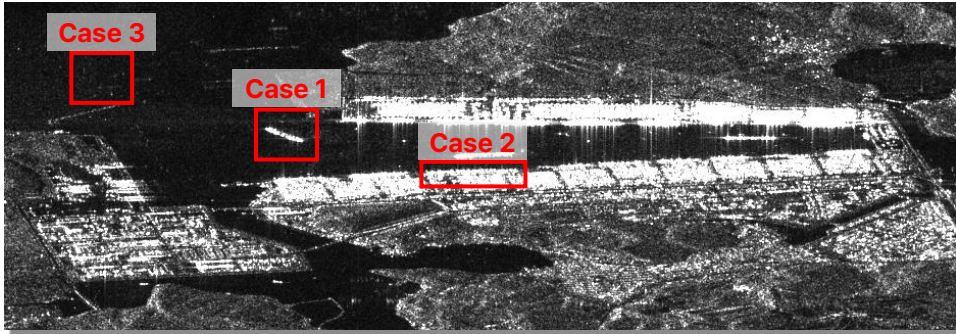
$$\psi^m(i, j) = CV + \frac{\alpha}{\sqrt{D^m(i, j)}}$$

$$CV_{\text{exp}} = \sqrt{\frac{\Gamma(L)\Gamma(L+1)}{\Gamma(L+\frac{1}{2})^2} - 1}$$

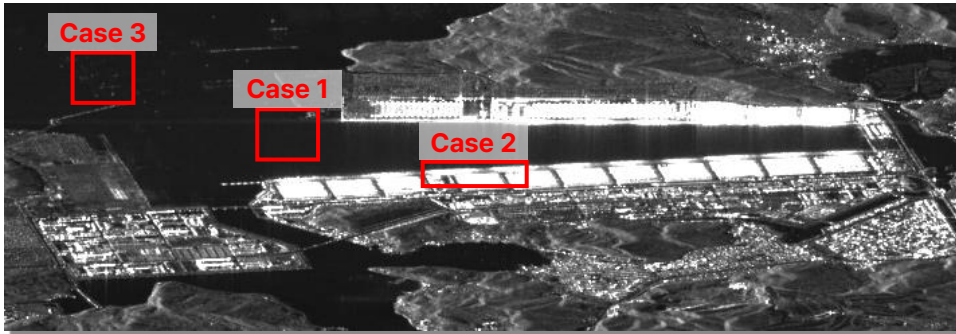
CV_{exp} : 기대되는 변동계수 (variance Coefficient)

$D^m(i, j)$: (i, j) 위치의 픽셀 위치에서 제거되고 남은 픽셀의 개수

α : 유의수준을 조정하는 parameter



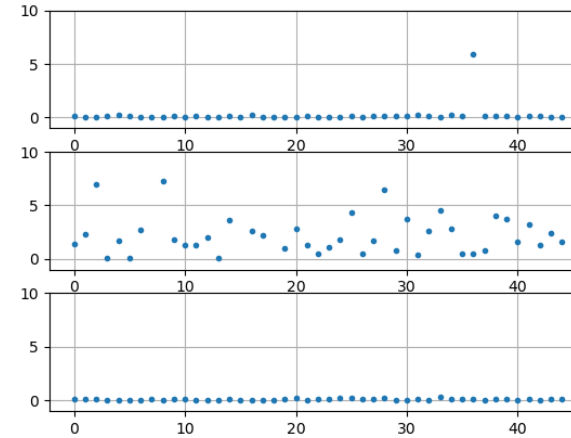
< Amplitude Image (23.12.09) >



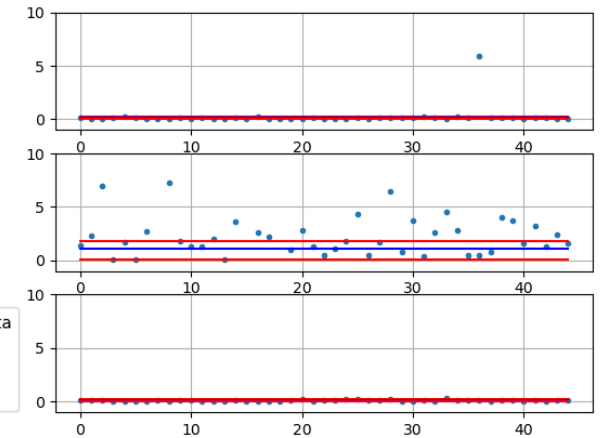
< 기존 연구 기반 FBR Image >

기존 연구의 한계점

해상의 선박은 정상적으로 지워진 반면, 항만 근처의 선박은 제대로 지워지지 않는 모습을 확인 할 수 있음



< 각 Case 별 픽셀 값의 시계열 분포 >



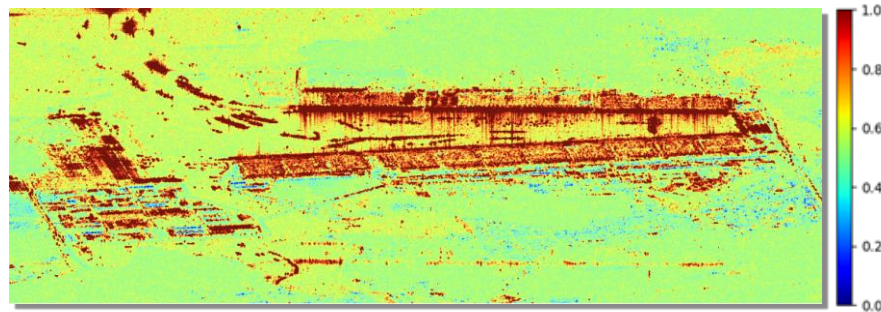
< FBR 형성 후 픽셀 값의 평균, 최대·최소값 >

픽셀 경우의 수

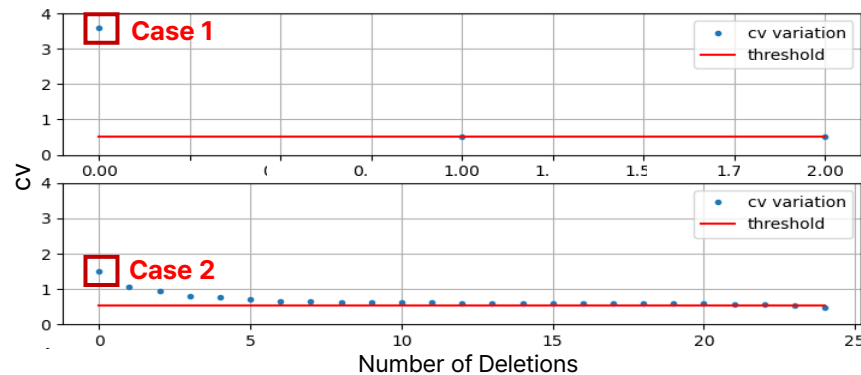
- Case 1** 가끔 한 번 변화가 있는 경우 (e.g., 해상 위 선박)
 - 특정 시기에만 변동계수가 큼
- Case 2** 계속해서 변하는 경우 (e.g., 항만에 정박한 선박)
 - 모든 시기에 변동계수가 큼
- Case 3** 변화가 없는 경우 (e.g., 바다, 건물 등 고정물체)
 - 모든 시기에 변동계수가 작음

Case 2의 특징

- 거의 모든 시기에 변화가 발생함
- 시계열 데이터의 분산이 클 것임
- 항상 선박이 있지만 다른 선박임
- 주차장, 컨테이너 용지 등도 포함됨

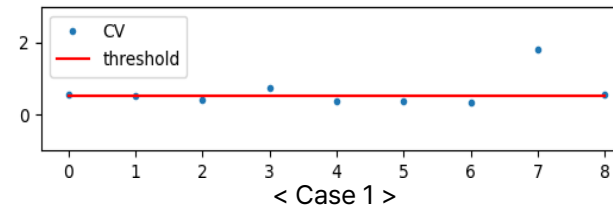


< 전체 시기에 대한 CV >

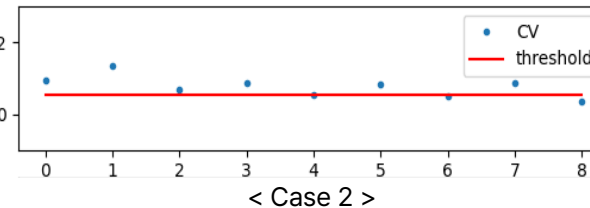


- 전체 시기에 대한 CV는 Case 1이 더 높은 값을 갖는 경우가 있어 Case 2와 구분되지 않음
- Case 1의 실제 통계량을 쓰기 위해선 Case 2에 대해서만 Masking 필요

Proposed Method



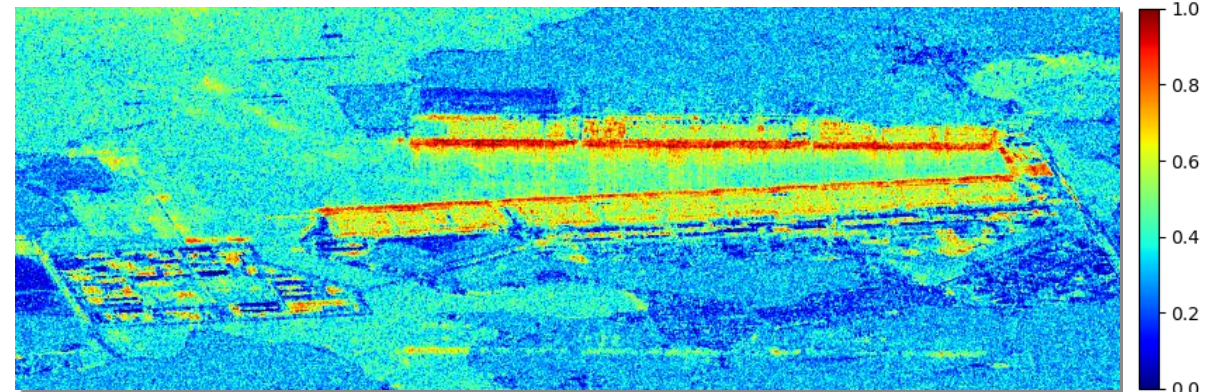
< Case 1 >



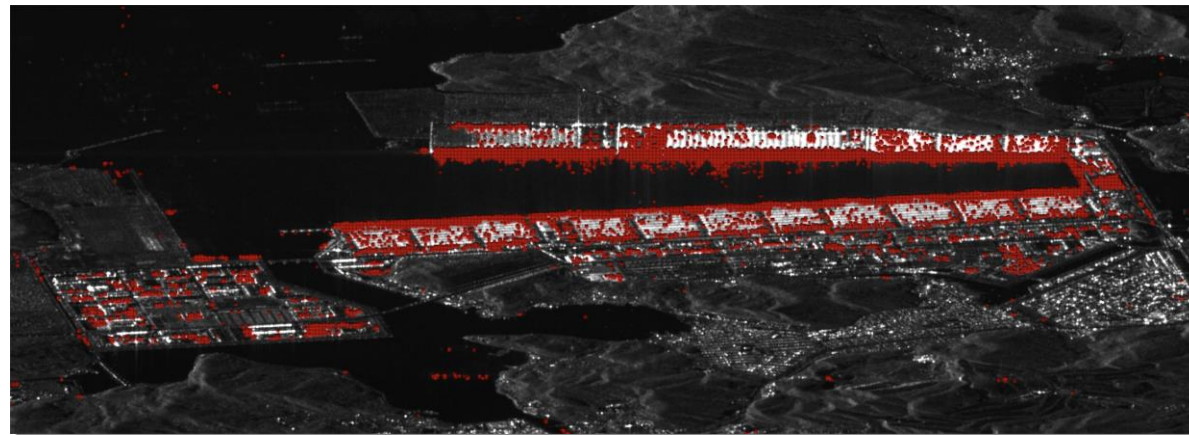
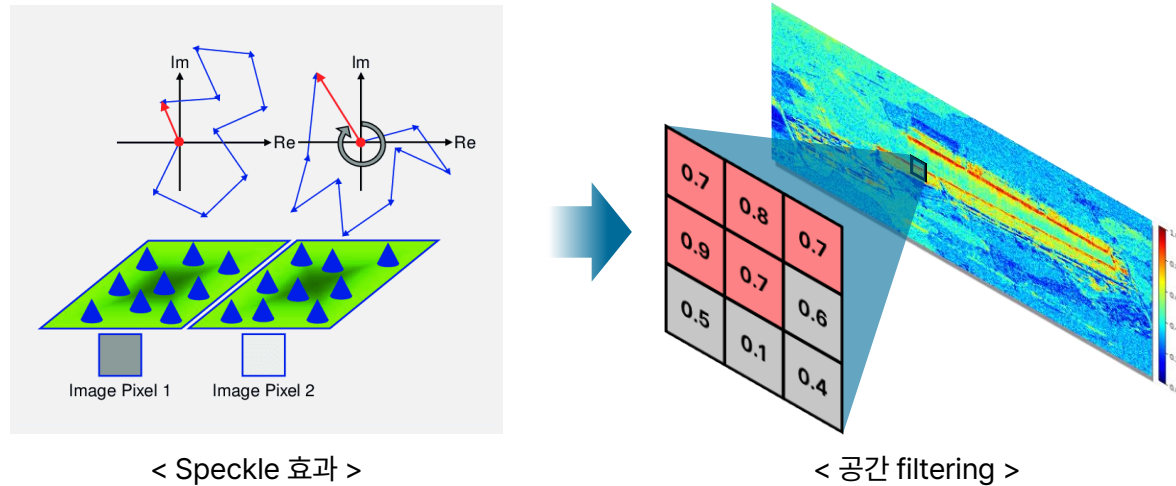
< Case 2 >

Case 1과 Case 2 구분

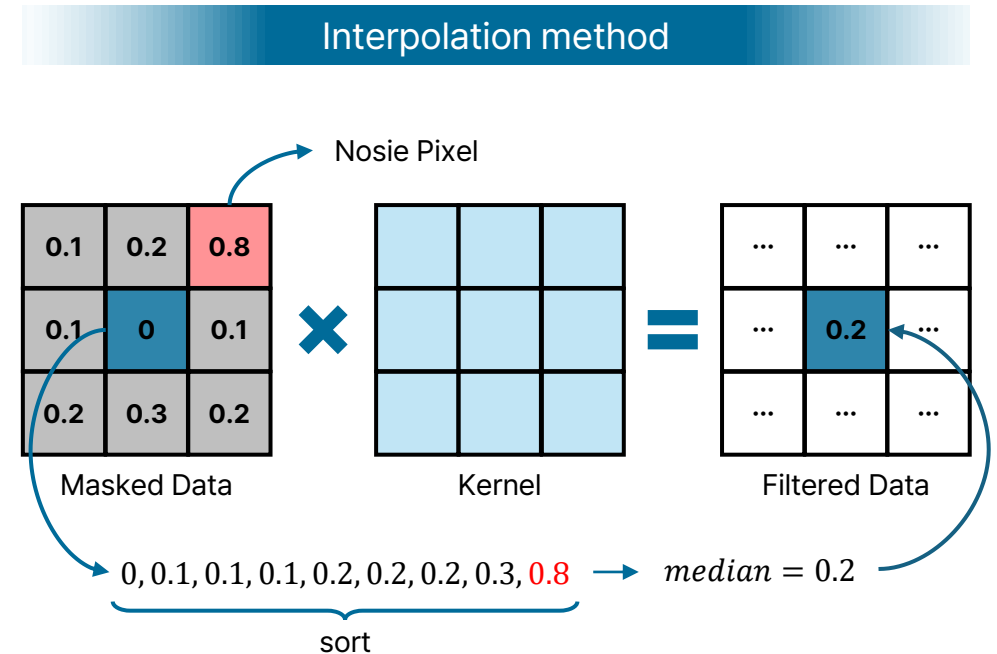
- 9개 시기로 나뉘었을 때, Case 2에서 대체로 많은 시기에서 높은 CV 값을 가진다는 특성을 이용해서 구분
- 전체에서 70% 이상 threshold 보다 높은 픽셀을 정박한 선박이라고 판단



< 9개 시기 중에서 CV값이 Threshold를 넘는 확률 >



< Threshold 보다 큰 CV 값이 70% 이상 등장하는 픽셀이 3x3 kernel에서 절반 이상을 차지하는 box에 대한 Mask >



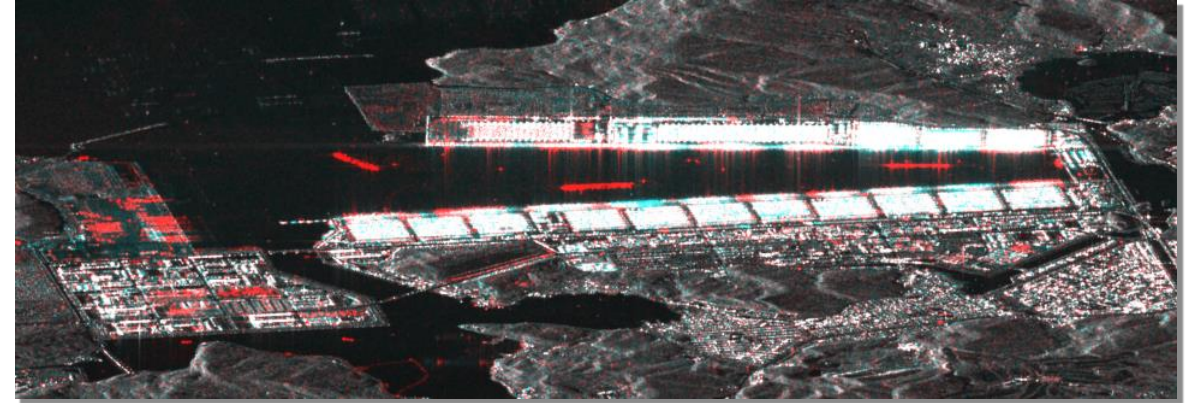
Median Filter

- 하나의 픽셀 값에서 주변 픽셀 값들의 median 값을 사용해서 보간
- 보간을 하는 데에 있어 노이즈의 영향력을 줄여줌
- Masking된 픽셀들을 중심으로 31x31의 kernel을 통해 보간

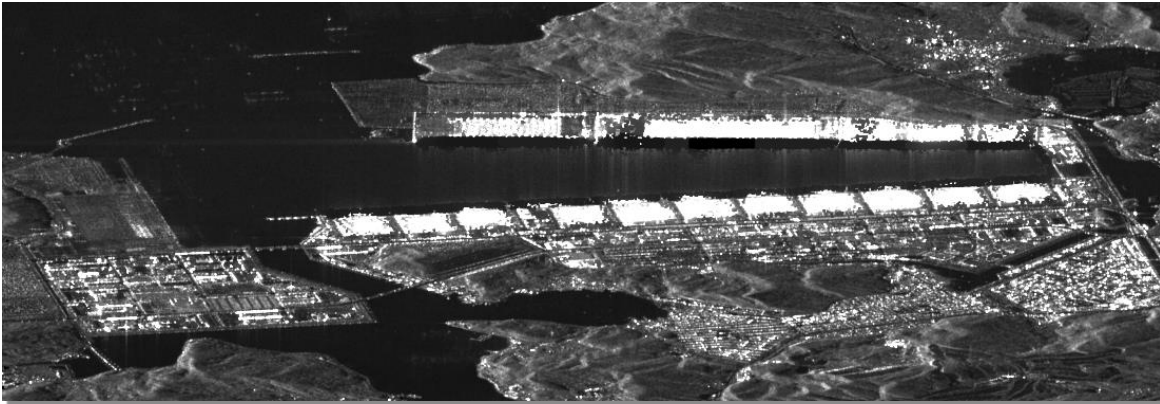
기존 방법 / 제안된 방법



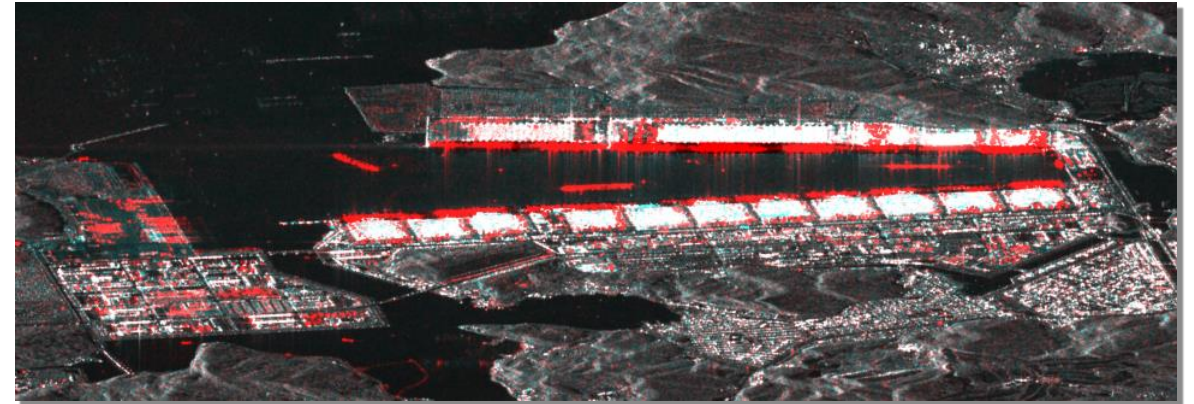
< 기존 FBR Image >



< 기존 FBR Image / R : Amplitude Image, G : FBR Image, B : FBR Image >



< 개선된 FBR Image >



< 개선된 FBR Image / R : Amplitude Image, G : FBR Image, B : FBR Image >

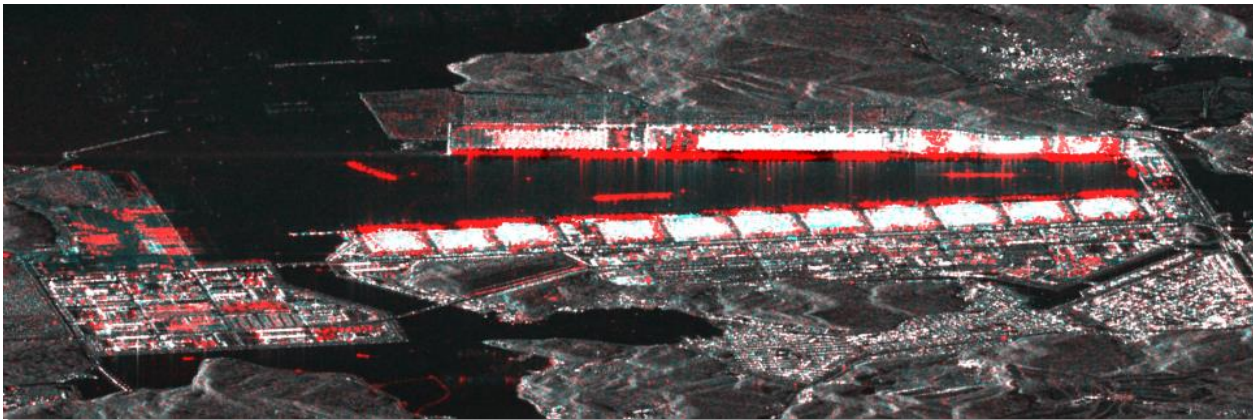
SLC / GRD



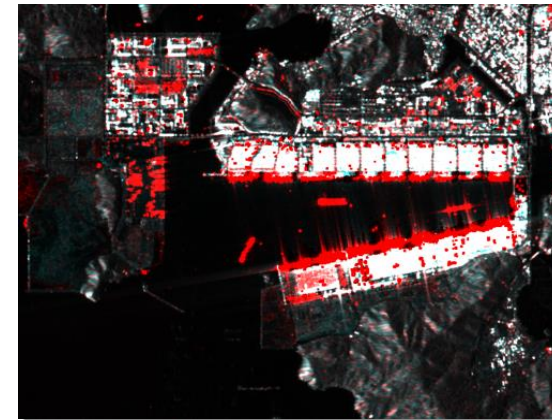
< 개선된 SLC FBR Image >



< 개선된 GRD FBR Image >



< R : Amplitude Image, G : FBR Image, B : FBR Image >

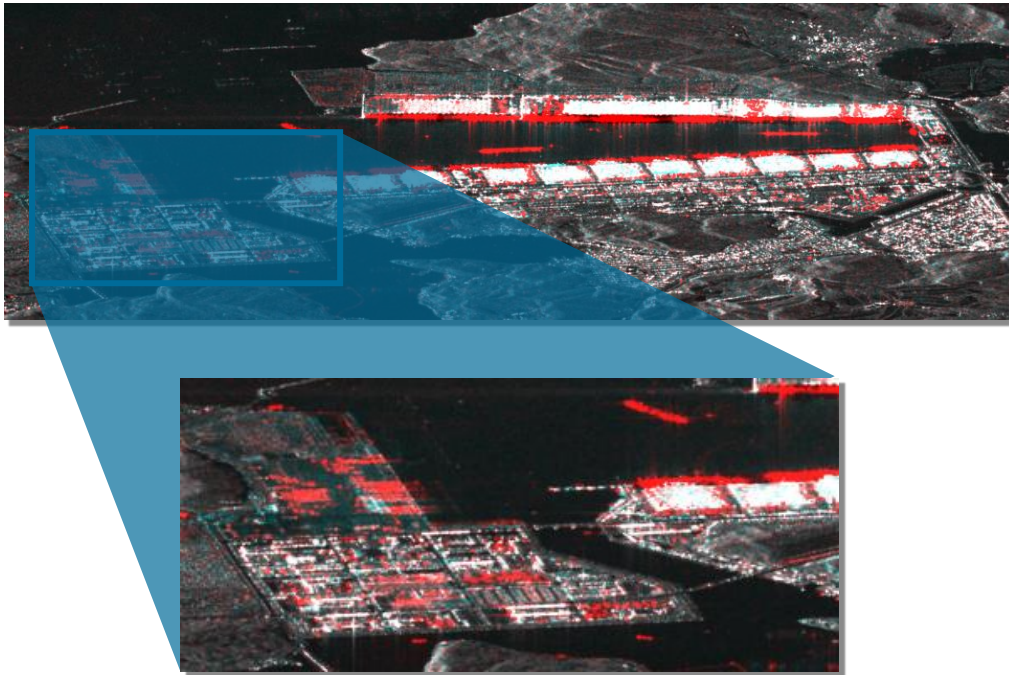


< R : Amplitude Image, G : FBR Image, B : FBR Image >

Parm	SLC	GRD
ENL	1	4.5
alpha	0	1

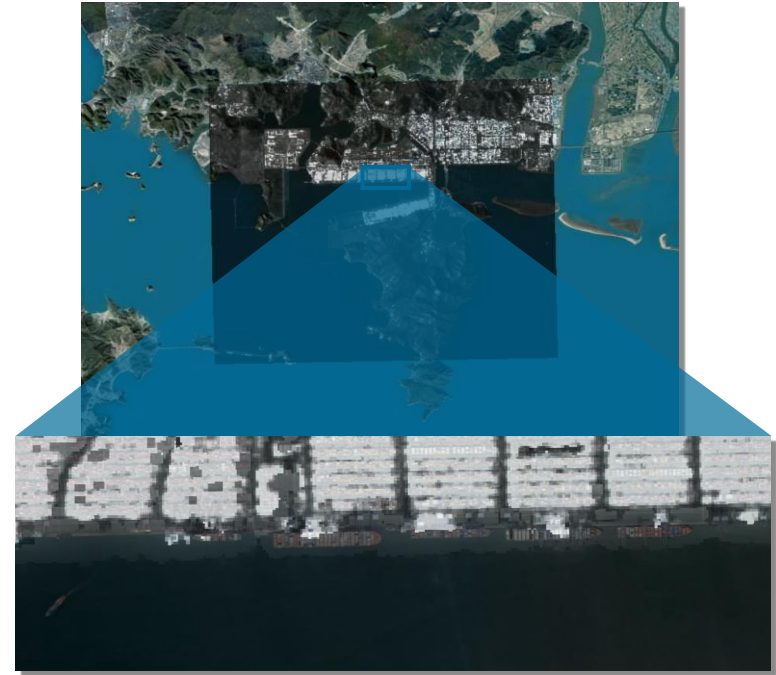
한계점 1

신축된 건물이 FBR Image에 반영되지 않음



한계점 2

선박 고정을 위한 기중기와 같이 선박보다 높고 움직임 반경이 작은 물체는 여전히 남아있음



한계점 3

완전히 동일한 선박이 동일한 위치에 정박해있는 항구에는 proposed method의 적용이 어려울 것으로 예상됨

결론

의의 및 기대효과

- 물동량이 많아 동일한 위치에 다른 선박이 정박되어 있는 경우에도 FBR Image내에서 선박이 지워지는 결과를 냄
- 선박 교통 관제 레이더의 사각지대를 커버할 수 있음
- 전통적인 선박탐지 방법인 CFAR 알고리즘을 항만지역에서 적용할 때 발생하는 미탐지 문제를 해결할 수 있음
- 가용 데이터의 수가 적어 딥러닝을 위한 학습데이터가 부족하거나 학습데이터를 제작하지 못하는 경우 적용할 수 있음
- 앞으로 발사될 초소형 위성을 활용한 실시간 선박 탐지에 있어서 활용될 가능성이 충분히 존재