

단계적 임계치 결정을 통한 위성레이더이미지 내 선박 탐지

전호군* · † 조홍연

*과학기술연합대학원대학교 해양융합공학전공 박사과정, 한국해양과학기술원 해양빅데이터·AI센터 학생연구원
† 과학기술연합대학원대학교 교수, 한국해양과학기술원 책임연구원

Ship Detection from Satellite Radar Imagery using Stepwise Threshold Determination

Ho-Kun Jeon* · † Hong Yeon Cho

*Student, Ocean and Coastal Engineering, University of Science and Technology(UST), 34113, Daejeon;
Researcher, Marine Big-data·AI Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology(KIOST), 49111, Busan
† Professor, UST; Principal Researcher, Marine Big-data·AI Center, KIOST

요 약 : 선박자동식별장치(AIS)는 데이터의 활용편의성으로 인해 해상교통평가에 많이 사용되어 왔다. 그러나 AIS는 지형물에 의한 전파방해, 도달거리 한계로 인해 거리에 따라 선박위치가 누락되는 문제가 있다. 한편 위성레이더를 이용하면 이러한 문제로부터 자유롭게 광범위한 해양영역에 분포한 선박위치를 파악할 수 있다. 이 연구에서는 합성개구레이더 Sentinel-1 이미지에 단계적으로 임계치를 결정하여 선박을 탐지하는 방법을 제시한다. 제시된 방법은 기존의 이동창 기반 임계치 결정방법에 비해 최대 25배 빠른 탐지 속도를 보였으며, AIS와의 매칭률에서는 유사한 결과를 보였다.

핵심용어 : 합성개구레이더, 선박탐지, 레이더위성, 해상교통밀도

Abstract : AIS has been widely used for maritime traffic assessment for its convenience. However, AIS has problems with position missing due to radio interference and transmission distance limit. On the other hand, satellite radar determines the location of ships over a wide sea regardless of the problems. This study proposes a noble method of stepwise threshold determination to detect ships from Sentinel-1. The proposed method is up to 25 times faster than the existing moving window-based threshold determination method, and the detection accuracy is similar.

Key words : SAR, synthetic aperture radar, ship detection, marine traffic density, Sentinel-1

1. 서 론

AIS는 시공간연속성을 가진 자료로서 유용하지만 지형물에 의한 전파 방해, 전파도달거리 한계로 인해 실제 선박위치를 누락하는 문제가 있다. 만약 빈번한 주기의 연속성 대신 광범위한 해역에 대한 선박분포를 알고 싶다면 위성에 탑재된 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR)로부터 생성되는 이미지로부터의 선박탐지를 고려할 수 있다.

를 요구하고 연산복잡도가 높다(Crisp, 2004; Alzubaidi et al., 2021). SAR 이미지의 해상도가 높아지면서 대형화 및 대용량화되고 있기 때문에 앞선 두가지 방식은 SAR선박탐지에 비효율적이다. 또한 SAR이미지 내 선박은 선박의 이동성분에 의해 모형이 변형(deformation)되므로 형태의 특징으로 탐지를 수행하는 것은 어렵다. 따라서 이 연구에서는 단계적으로 임계치를 결정하여 빠른 속도로 선박후보를 줄여가면서 최종적으로 선박 여부를 결정하는 방식을 사용한다. 선박탐지 과정은 크게 SAR 이미지 분할, 사전탐색, 탐지물표검증으로 구분된다.

2. SAR 선박 탐지

SAR이미지로부터 선박을 탐지하는 방법은 이동창 기반 임계치 결정방법(예: Constant False Alarm Ratio, CFAR)과 딥러닝 기반 물표탐지 방법(예: R-CNN)이 주를 이루었다. 그러나 전자의 경우 선박위치와 무관한 해상 위치까지 선박진위여부를 판단하기 때문에 비효율적이며, 후자는 충분한 양의 학습자료

2.1 SAR 이미지 분할

레이더안테나로부터 이격거리가 멀수록 물표에 반사되어 수신되는 신호가 약해지기 때문에 SAR이미지의 픽셀 강도(intensity)에는 전체적인 경향성이 생긴다. 이러한 경향성이 있는 이미지에는 일정한 상수 임계치를 사용해서 선박을 탐지할 수 없다. 따라서 SAR이미지를 분할하고 각 분할이미지마다 임

† 교신저자 : hycho@kiost.ac.kr
* 정회원, hkjeon@kiost.ac.kr 051-664-3627

계치를 결정한다.

2.2 사전탐색

사전탐색(prescreen)은 선박후보픽셀을 추출하는 단계이다. 비모수추정기법 Kernel Density Estimation(KDE)을 이용하여 분할이미지 내 해수픽셀 강도의 확률분포를 추정한다(Eq. 1). 확률분포 추정에 필요한 bin의 크기는 Freedman & Diaconis(1981)이 제시한 공식(Eq. 2)을 이용하여 계산하고, Kernel 유형은 Gaussian Kernel (Eq. 3)을 사용한다. 이렇게 하면 선박픽셀강도의 확률밀도를 낮추어서 순수해수에 가까운 분포를 추정할 수 있다.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$h = 2 \frac{IQR}{\sqrt[3]{n}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$gaus(x;h) = \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{h}\right)^2\right) \quad (\text{Eq. 3})$$

위 식 (Eq. 1, 2 & 3)에서 n 은 표본 개수, h 는 bin크기, x 는 확률밀도 평가를 위한 기준 강도 값, X_i 는 표본픽셀의 강도값, IQR는 3분위수와 1분위수의 차를 나타낸다.

해수 중에 선박이 존재할 확률을 해수분포에 대한 오경보확률 (Probability False Alarm, PFA)로 정의(Eq. 4)하고, PFA 에 해당하는 임계치(threshold, t)를 도출 후, t 이상 강도를 가진 픽셀을 선박후보픽셀로 추출한다(Crips, 2004).

$$PFA = 1 - \int_{-\infty}^t f(x) = \int_t^{\infty} f(x) \quad (\text{Eq. 4})$$

2.3 탐지물표검증

선박후보픽셀에 대한 군집화를 수행하고, 군집중심점을 도출한다. 이때 군집중심점은 탐지된 물표의 중심위치가 된다. 군집중심점을 기준으로 일정크기(71×71픽셀)의 Chip이미지를 생성한다. 탐지물표검증(discrimination)은 Chip이미지를 대상으로 수행되는 과정으로 선박이 아닌 해수 또는 노이즈를 탐지대상에서 제거하는 목표로 한다.

이를 위해 배경과 물표를 구분하는 임계치를 Chip이미지의 분포특징(확률밀도가 현저히 낮은 지점, 물표와 해수간의 강도평균 비교)을 이용하여 도출한다. 결정된 임계치를 기준으로 이진 이미지(binary image)를 생성했을 때, 물표가 선박보다 매우 큰 길이(450m, 40픽셀)를 가진다면 선박이 아닌 것으로 판단한다.

3. 탐지 결과

제시된 방법과 CFAR알고리즘을 이용하여 부산해역 7개 이미지, 인천해역 4개 이미지에 대해 선박탐지를 수행했다. 각 해역에 대한 평균탐지시간 T , 탐지결과와 AIS간의 평균매칭률 R 은 다음과 같다(Table 1).

Table 1 Detection Performance

	Proposed Method		CFAR	
	T [sec]	R	T [sec]	R
Busan	6.2	0.70	156.2	0.63
Incheon	3.2	0.57	72.7	0.58

4. 결 론

제안한 방법과 CFAR알고리즘의 매칭률 R 에는 큰 차이가 보이지 않는 한편 평균탐지시간은 제안방법이 최대 25배 빠른 것으로 나타났다. AIS와 유사한 매칭성능을 가진다면 대형화 및 대용량화되어가는 SAR이미지에서 제안한 방법을 사용하는 것이 보다 효율적인 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 해양경찰청의 “위성연계 접경수역 선박 모니터링 및 분포 예측 체계 개발” 과제의 후원을 받아 작성되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Crisp, D.J. (2004), “The State-of-the-Art in Ship Detection in Synthetic Aperture Radar Imagery”. Department of Defence, Australian Government.
- [2] Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A.J. et al. (2021), “Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions”. J Big Data 8(53). DOI: 10.1186/s40537-021-00444-8.
- [3] Freedman D., Diaconis P. (1981), “On the histogram as a density estimator: L2 theory. Probability Theory and Related Fields”. 57(4): 453 - 476. DOI: 10.1007/BF01025868