

# 적조 탐지를 위한 기계학습 모델 비교 연구

박미소\* · 김나경\* · 김보람\* · 윤홍주\*\*

## A Comparative Study on Machine Learning Models for Red Tide Detection

Mi-So Park\* · Na-Kyeong Kim\* · Bo-Ram Kim\* · Hong-Joo Yoon\*\*

### 요약

유해조류의 대번식으로 정의되는 적조는 광역적으로 발생·확산되는 특성을 가진다. 이는 기존의 조사 방법만으로는 탐지의 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 적조를 원격탐사 기법을 활용하여 탐지하였다. 또한 단순히 chlorophyll의 농도가 아닌 광특성을 이용하여 탐지의 정확도를 높이고자 하였다. 적조는 해수신호가 복잡한 남해안에서 주로 발생하며 남해안의 주 적조 종은 *Cochlodinium polykirkoides*이다. 따라서 기계학습 기법을 활용하여 시각적인 판단에 국한되지 않고 연구자의 관찰과 경험에 의존해 발견하지 못했던 특징을 반영하여 객관성을 확보하고자 하였다. 본 연구에서는 기계학습 모델 중에서 서포트벡터머신과 랜덤포레스트를 사용하였고 두 모델의 성능 평가 지표로 정확도 등을 산출한 결과 각각 85.7% 80.2%의 정확도를 보였다.

### ABSTRACT

Red tide, defined as the major reproduction of harmful birds, has the characteristics of being generated and diffused in a wide area. This has limitations in detection only with the existing investigation method. Therefore, in this study, red tide was detected using a remote sensing technique. In addition, it was intended to increase the accuracy of detection by using optical characteristics, not just the concentration of chlorophyll. Red tide mainly occurs on the southern coast where sea signals are complex, and the main red tide control species on the southern coast is *Cochlodinium polykirkoides*. Therefore, it was intended to secure objectivity by reflecting features that could not be found depending on the researcher's observation and experience, not limited to visual judgment using machine learning techniques. In this study, support background machines and random forest were used among machine learning models, and as a result of calculating accuracy as performance evaluation indicators of the two models, the accuracy was 85.7% and 80.2%, respectively.

### 키워드

Red Tide, Remote Sensing, Ocean Color, Machine Learning, Remote Sensing Reflectance  
적조, 원격탐사, 해색, 기계학습, 원격반사도

\* 부경대학교 공간정보시스템공학과  
(playaurora48@pukyong.ac.kr, gnknk8852@pukyong.ac.kr,  
boram5987@naver.com)

\*\* 교신저자 : 부경대학교 공간정보시스템공학과  
• 접수일 : 2021. 10. 27  
• 수정완료일 : 2021. 11. 21  
• 게재확정일 : 2021. 12. 17

• Received : Oct. 27, 2021, Revised : Nov. 21, 2021, Accepted : Dec. 17, 2021  
• Corresponding Author : Hong-Joo Yoon  
Dept. Pukyong National University,  
Email : yoonhj@pknu.ac.kr

## I. 서 론

한반도 해역에서의 적조란 식물 플랑크톤이 일시에 다량으로 증식하거나 물리적으로 집적되어 해수의 색을 변화시키는 현상을 말한다. 뿐만 아니라 해양생물의 폐사, 해양 생태계 파괴를 초래하는 등의 각종 피해를 일으키므로 유해조류 대번식(HABs, Harmful Algal Blooms)의 의미로 불린다. 일반적으로 적조는 연안에서 서식하는 적조 생물 종이 직접 발아하기도 하나 외해에서 대마난류를 통해 연안으로 유입되어 온도, 영양염류, 광량, 풍량 등 성장 조건에 부합하는 환경 조성 시 확산 되는 것으로 알려져있다[1-4].

해양수산부 2020 적조 대응 종합 대책에 따르면 2019년 한 해의 피해액은 41.67억 원에 달했으며 최근 10년간의 적조 발생 피해액은 505.41억 원으로 조사되었다. 한반도 해역에서 적조를 일으키는 주된 생물 종은 유해성 적조 생물 종으로 분류되는 와편모조류 *Cochlodinium polykirkoides* (이하 *C.polykirkoides*)이며 이 *C.polykirkoides*은 일조량 감소 시 유영을 멈추고 휴면상태인 포자 형태로 저층에 가라앉아 생존하다가 일정 광조건에 도달하면 다시 표층으로 상승 후 집적되어 떠를 이루는 수직운동을 한다[5,6]. 이러한 특성상 *C.polykirkoides*는 다른 적조 생물 종보다 생존 가능성이 우월하고 적조 발생 후 장기간 지속 확산 될 가능성이 크다.

1972년부터 국립수산과학원의 주도로 어장환경조사의 목적의 적조 모니터링이 시행되었으며 1995년, 764억 원의 기록적인 피해손실이 발생한 이후 지속적인 모니터링 및 예측, 피해 저감 기술 개발 등 적조 관련 연구의 필요성이 대두되고 있다. 현재 적조 모니터링은 선박, 육상, 항공으로 구분하여 시행되고 있으며 주된 예찰 수단인 선박의 경우 직접 선박을 타고 나가 현미경 검경법 등을 이용하여 적조 생물의 개체수를 계측하고 적조 발생 유무를 판단한다. 이 같은 방법은 많은 인력과 시간, 비용이 요구되며 기본적으로 적조는 불특정한 공간에 광역적으로 발생한다는 특성을 가지고 있어 현장 조사만으로 이루어지는 모니터링은 한계가 있다. 따라서 비용과 시간, 적조의 발생, 확산 특성을 고려하여 원격탐사를 이용한 적조 탐지 및 모니터링이 필요하다.

기존의 원격탐사를 활용한 적조 탐지 및 모니터링

은 Carder et al. (1985)에 의해 처음 시도 되었으며 이는 위성 데이터로 산출한 chlorophyll a의 농도를 바탕으로 적조를 탐지하는 기법이다[7]. 그러나 이 같은 방법은 단순히 chlorophyll a의 농도가 높은 곳을 적조로 판단하는 방식이며 해수 신호가 복잡한 해역에서는 chlorophyll a의 농도 추정에 어려움이 생긴다. 특히 한반도의 적조 주 발생지인 남해안은 식물 플랑크톤 뿐만 아니라 부유물질(SS, Suspended Solid), 유색용존유기물(CDOM, Colored dissolved organic matter)의 농도가 높아 청색파장의 흡광이 증가하고 이로 인해 chlorophyll a의 농도 추정 시 과대추정 될 수 있다. 따라서 단순히 chlorophyll a의 농도만으로 적조임을 판단하는 것은 적절하지 않다. 또한 적조는 실질적인 피해를 일으키는 유해성·유독성과 피해를 일으키는 않는 무해성으로 구분되며 chlorophyll a의 농도만으로는 이러한 적조 종 간의 구분이 어려워 방제 및 대응에 차질이 생길 수 있다. 이후 chlorophyll a의 농도만을 이용한 탐지 기법의 한계를 극복하기 위해 해수의 광학적 특성을 이용하여 적조를 탐지하고자 하는 연구가 진행되었다[8-10]. 이는 해색의 변화에서 기인한 원격탐사 기법으로, 해색의 변화는 해수에 포함된 물질의 종류, 양에 따라 나타나는 광학적 특성 차이로 인한 것이며 이를 활용하여 일반적인 해수와 적조해역을 구분할 수 있다. 광특성은 크게 외부의 상황과 관계없이 일정한 값을 가지는 고유 광특성(IOPs)과 원격반사도, 수출광량 등 환경에 따라 다르게 측정되는 값인 외형적 광특성(AOPs)으로 구분된다. IOPs의 경우 현장관측으로 값을 산출하기 어려워 실험에 의해 측정되며 산란계수, 흡광계수, 역산란계수 등이 이에 해당된다[11].

본 연구에서는 광특성을 활용한 원격탐사 기법과 함께 연구자의 관찰과 경험에 의존해 발견하지 못했던 특징을 반영하고 객관성을 확보할 수 있는 기계학습 기법을 이용하여 적조 발생 해역을 분류하고자 한다.

## II. 연구 자료 및 방법

### 2.1 연구 자료

본 연구에서는 해양수산부 국립수산과학원에서 제공하는 적조속보시스템 (NIFS) 적조 속보 자료와 적

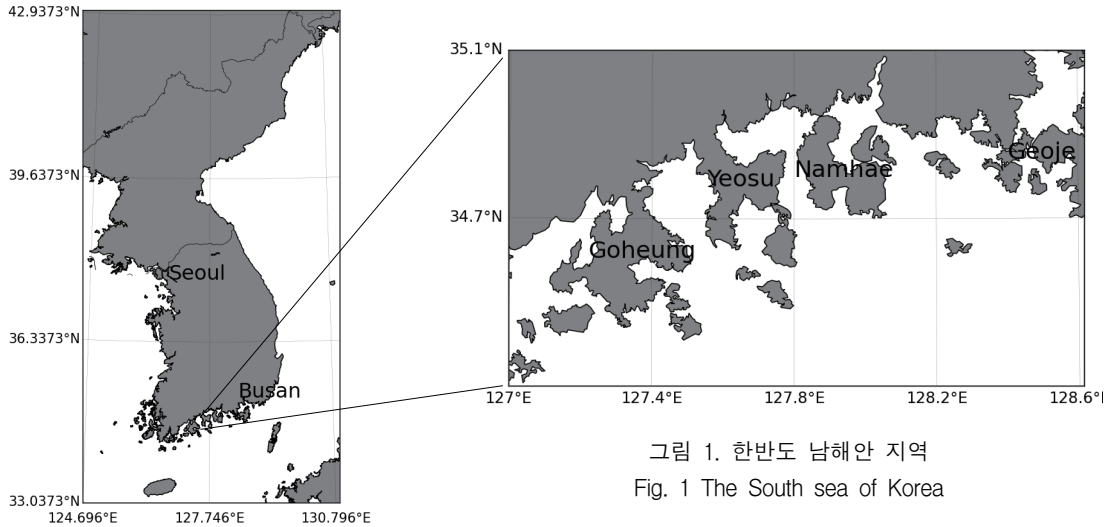


그림 1. 한반도 남해안 지역  
Fig. 1 The South sea of Korea

조의 분광학적 특성, 적조가 발생한 날의 남해안 지역 GOCI(Geostationary Ocean Color Imager) Level 2 영상 자료를 사용하였다(표1, 그림2).

적조속보시스템의 적조 속보 자료는 정점을 중심으로 이루어지는 적조 생물종 개체 밀도, 적조 발생 좌표, 적조 해역도 등의 현장조사 자료이며 연구의 참고 자료로 사용한 적조 자료는 2013년 7월 22일, 8월 11일, 8월 13일의 적조 발생 좌표와 적조 발생 위치를 시각적으로 나타낸 적조 해역도이다.

GOCI는 통신해양기상위성 COMS에 탑재된 해양 탑재체로 6개의 가시광영역 밴드와 2개의 근적외선영역 밴드로 구성되어 있으며 500m의 공간해상도와 1일 8회, 1시간의 시간해상도를 가진다. 위성에서 관측된 신호의 약 90%는 태양 복사 에너지가 지구의 대

기를 통과하면서 대기 미량 기체 분자와 에어로졸에 의한 산란과 흡수 과정을 거쳐 수신되는 신호로, 이는 대기 복사 에너지이다. 따라서 해수 내 물질에 의한 신호 획득을 위해서는 대기에 의한 흡수와 산란 효과를 제거해주는 대기보정이 필요하다. 본 연구에서 활용하는 GOCI의 Level 2 자료는 기하보정을 거친 Level 1B 데이터에서 TOA(Top of Atmosphere) 복사휘도 중 90% 이상에 해당하는 대기 신호를 제거하여 10% 미만의 바다 신호를 추출하는 대기보정을 거친 원격반사도 자료와 이를 입력으로 하는 해색 산출물을 포함한다.

본 연구의 대상 지역은 여름철 잦은 적조 발생으로 인하여 양식업, 관광업에 많은 피해를 입고 있는 남해안 지역 중 고흥, 여수, 남해, 고성, 거제 등을 포함하

표 1. 적조속보자료형식  
Table 1. Red tide data format.

Date	Location	Species	Density(cells/mL)	Water Temperature(°C)	Coordinates(Lon,Lat)
2013-08-13	Goheung Botdol Beach, Yeosu Yeosu Island, Yeosu Bay, Gaedo Island, Nammyeon~Dolsan Baekpo	C.polykrikoides	280~2900	20~30.1	[129.37584,35.35889],[129.36583,35.38694],[129.37195,35.413612],[129.38083,35.45139],
2013-08-13	West Geoje (Sandal - Gokryongpo - Jangsado)	C.polykrikoides	320~1110	16.8~22.3	[127.47278,34.77611],[127.43584,34.76055],[127.440834,34.74861],[127.47278,34.73111],[127.51278,34.7125],

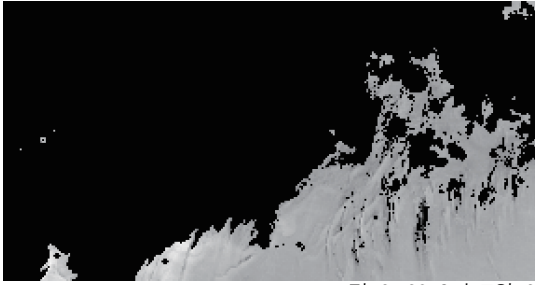


그림 2. 2013년 7월 22일의 GOCI L2 Band 1 이미지  
Fig. 2 The Image of GOCI L2 Band 1 on July 22, 2013.



그림 3. 2013년 8월 11일의 GOCI L2 Band 1 이미지  
Fig. 3 The Image of GOCI L2 Band 1 on Aug 11, 2013.

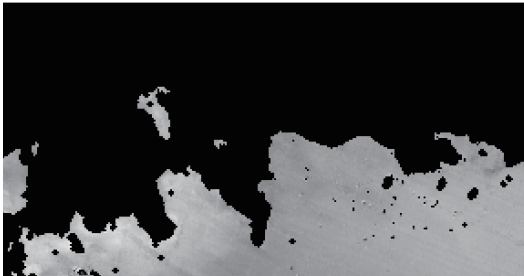


그림 4. 2013년 8월 13일의 GOCI L2 Band 1 이미지  
Fig. 4 The Image of GOCI L2 Band 1 on Aug 13, 2013.



는 위도 34.34 ~ 34.98, 경도 127.012 ~ 128.6 구간으로 선정하였다(그림 1). 또한 적조 속보 자료를 바탕으로 실제 적조가 발생하였던 2013년 7월 22일, 8월 11일, 8월 13일의 GOCI L2를 취득하였으며 비교를 위하여 적조가 발생하지 않은 11월, 12월의 자료를 함께 취득하였다. 취득한 영상은 연구 진행의 편의를 위하여 연구 대상 지역과 일치하도록 가공하였으며 단위 픽셀 500m × 500m 로 150 × 287의 크기로 표현되었다.

## 2.2 해수의 광학적 특성

그림 4, 5는 한반도 해역에서의 현장 관측 원격 반

사 스펙트럼과 적조의 반사 스펙트럼을 나타낸 것이다. 용존유기물과 부유물질의 함량이 비교적 적은 동해나 외해의 경우 단파장(400nm-450nm)에서의 흡광은 약하게 나타나고 해수 수괴의 영향으로 산란이 강하게 일어나 장파장으로 갈수록 낮은 반사도 값을 보인다. 그러나 연안과 남해 내해의 경우 용존유기물과 부유물질의 영향으로 인하여 단파장의 흡광이 증가하고 부유물질에 의한 산란이 강하게 일어나 중장파장의 반사도가 증가한다[12,13]. 적조 생물은 chlorophyll의 영향으로 400-450nm에서 주 흡광을 보이며 600nm에서 가장 낮은 흡광을 보인다. 또한

670nm-680nm 부근에서 흡수와 형광에 의한 peak를 보인다[12,13]. 이로 인해 555nm와 680nm 부근에서 peak를 띄는 반사 스펙트럼을 가진다.

본 연구에서는 각 해역의 광학적 특성과 적조해역의 광학적 특성을 바탕으로 기계학습 모델 구축 및 학습에 필요한 적조해역의 적조 라벨링 데이터를 생산하였다.

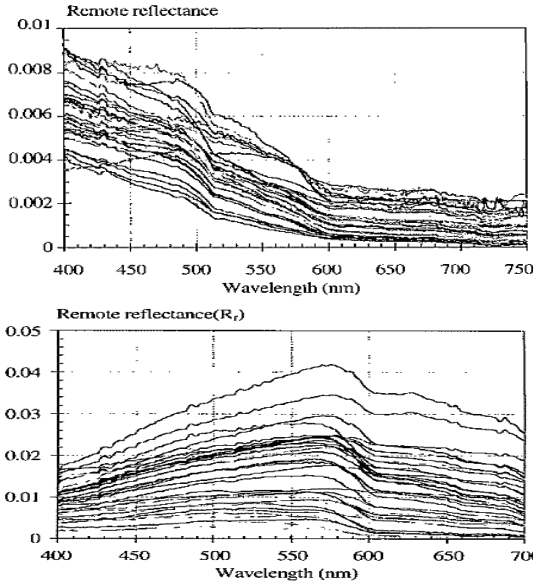


그림 5. 맑은해역(상)의 실측 반사 스펙트럼과 탁한해역(하)의 실측 반사 스펙트럼

Fig. 5 clear water and Turbid water remote reflectance spectrum from in-situ measurements (Y. Ahn(2000))

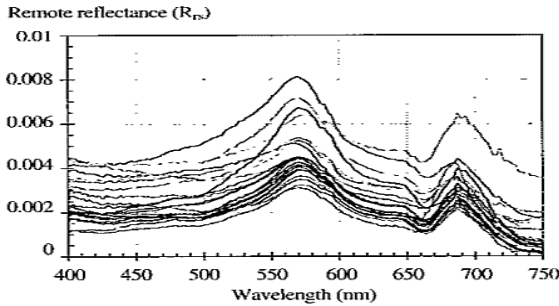


그림 6. 진해만의 적조 실측 반사 스펙트럼

Fig. 6 Red tide Remote reflectance spectrum from in-situ measurements(Jinhai bay).(Bricaud et al.(1981))

### 2.3 기계학습 모델

본 연구에서는 적조 픽셀 분류를 위하여 두가지 기계학습 모델을 사용하였다.

서포트 벡터 머신(SVM, Support Vector Machine)은 주어진 데이터를 바탕으로 새로운 데이터가 어떤 카테고리에 속할 것인지 판단하는 비확률적 분류 모델이며 데이터의 최적의 의사결정 영역을 찾는다. 이때 의사결정 경계와 가장 가깝게 존재하는 각각의 클래스 데이터를 서포트벡터(Support Vector)라고 하며 서포트벡터 간의 거리를 마진(Margin)이라고 한다. 의사결정 경계를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$w_0 + w^T x_p = 1 \tag{1}$$

$$w_0 + w^T x_n = -1 \tag{2}$$

벡터  $w$ 는 경계면과 수직인 법선 벡터이다. 이를 길이로 정규화하기 위하여 양의 경계인 식(1)과 음의 경계인 식(2)를 사용하여 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$w^T(x_p - x_n) = 2 \tag{3}$$

이때  $x_p$ 는  $x_n$ 을  $\gamma$ 의 폭만큼  $w$  방향으로 평행 이동 시켜 나타낼 수 있다.

$$x_p = x_n + \gamma w \tag{4}$$

마진은 경계간의 거리이므로 식(4)를 이용하여 정규화한 벡터  $w$ 의 길이 값을 결과식으로 유도하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} margin &= \|x_p - x_n\|_2 \\ &= \|x_n + \gamma w - x_n\|_2 \\ &= \|\gamma w\|_2 \\ &= \gamma \sqrt{w^T w} \\ &= \frac{2}{w^T w} \sqrt{w^T w} \\ &= \frac{2}{\sqrt{w^T w}} \\ &= \frac{2}{\|w\|} \end{aligned} \tag{5}$$

서포트벡터머신은 마진인 식(5)을 최대화하는 것을 목적으로 두며 마진이 최대화 된 의사결정 경계가 서포트벡터머신의 해가 된다.

랜덤 포레스트(RF, Random forest)는 의사결정 트리 모델에서 기반한 앙상블 모델이며 기존의 의사결정 트리 모델에서 자주 발생하는 한계인 과적합을 여러 트리들의 평균 결과를 사용하여 방지한다. 또한 다른 기계학습 모델들에 비교하였을 때 가장 직관적으로 데이터를 판단할 수 있으며 비전공자에 대한 벽이 낮아 접근성 및 범용성이 좋다는 장점이 있다.

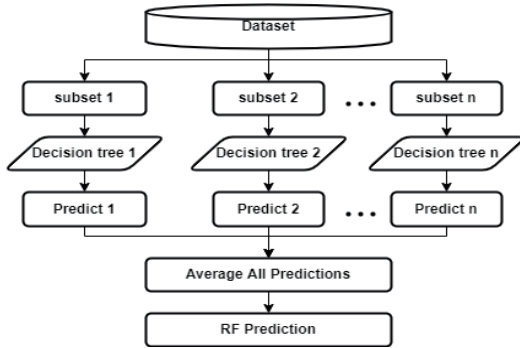


그림 7. 랜덤 포레스트 모식도  
Fig. 7 Structure of Random Forest

본 연구에서는 모델 학습을 위하여 설명변수로 GOCI의 8개 밴드별 반사도 값을, 종속변수로 적조 라벨링을 사용하였다. 전체의 80%를 학습 데이터, 20%를 테스트 데이터로 분할 하여 수행하였다.

표 2. 적조 데이터셋  
Table 2. Number of Training and Test Data

	Number of Training Data	Number of Test Data
Redtide	1439	570
Non	4041	1018

### 2.4 평가 방법

적조 픽셀 분류의 정확도를 평가하기 위하여 오차행렬(Confusion Matrix)을 사용하였다. 오차행렬은 분류 혹은 예측 모델이 알고리즘을 수행할 때의 성능을

정량적으로 표현할 수 있는 평가지표이다.

오차행렬은 진양성(TP : True Position), 진음성(TN : True Negative), 위양성(FP : False Positive), 위음성(FN : False Negative)으로 구성되며 이때 모델이 분류를 수행하여 실제 클래스에 해당하는 정도를 TP · FP로 나타낸다.

표 3. 오차행렬  
Table 3. Confusion Matrix

		Actual	
		Positive	Negative
predicted	Positive	True Position(TP)	False Positive(FP)
	Negative	False Negative(FN)	True Negative(TN)

기계학습 모델의 전체 정확도는 다음과 같이 정의된다. 본 연구에서는 이를 비교하여 평가에 반영하였다.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (6)$$

### III. 연구 결과

서포트벡터머신과 랜덤포레스트 모형을 활용하여 적조의 픽셀을 분류, 예측한 결과 서포트벡터머신은 테스트 데이터 570개의 적조 픽셀 중 489개를 적조로 올바르게 분류하였으며 적조 픽셀임에도 적조가 아닌 것으로 분류한 경우가 81개, 적조 픽셀이 아님에도 적조로 분류한 것이 110개, 적조가 아님을 올바르게 분류한 경우는 1018개 중 908개였다. 전체 정확도는 약 86%으로 나타났다.

랜덤포레스트는 테스트 데이터 570개의 적조 픽셀 중 462개를 적조 픽셀로 올바르게 분류하였으며 128개는 적조가 아닌 것으로 분류하였다. 또한 적조가 아님에도 1018개의 비적조 픽셀 중 169개를 적조로 잘못 분류 하였으며 849개는 적조가 아닌 것으로 바르게 분류하였다. 전체 정확도는 약 81%로 나타났다.

개별의 픽셀 분류를 분석한 결과 해수신호가 보다

복잡한 남해안에서는 적조의 영향 뿐만 아니라 용존 유기물이나 부유물질에 의한 영향 역시 원격반사도에 기여하기 때문에 특정 픽셀에서 오인한 것으로 사료된다. 또한 바람 등과 같은 영향으로 해수표면의 반사도 값이 증가하여 단파장에서 신호가 과대추정되어 오류를 보인 것으로 추측된다. 전체적인 정확도가 0.8에 근접하는 값을 보인 것으로 보아, GOCI L2 자료를 바탕으로 산출하였던 데이터 셋이 구름과 잘못된 대기보정 등으로 인하여 특정 밴드에서 마이너스가 나오는 경우까지 모두 포함되었고 이로 인해 다소 낮은 값이 나타났음으로 추정된다.

표 4. SVM의 오차행렬  
Table 4. Confusion Matrix of SVM

		Actual	
		Positive	Negative
predicted	Positive	489	81
	Negative	110	908

표 5. RF의 오차행렬  
Table 5. Confusion Matrix of RF

		Actual	
		Positive	Negative
predicted	Positive	462	128
	Negative	169	849

#### IV. 결론 및 향후개선 방향

본 연구에서는 광특성을 이용한 원격탐사 기법과 함께 서포트 벡터 머신과 랜덤 포레스트 기계학습 기법을 활용하여 적조해역의 적조를 탐지하고자 하였다. 이는 연구자의 시각적인 판단에 의존하지 않고 객관성을 확보하기 위함이었다.

두 기계학습 모델의 정확도를 비교하여 성능 평가 및 검토를 진행하였으며 각 86%, 81%의 정확도를 보였다. 전반적인 분류 정확도는 낮지 않았으나 모델 구축 및 학습 과정에서 사용하였던 잘못된 대기보정 등으로 인한 데이터가 모델의 분류 정확도의 수치를 떨어뜨린 것으로 판단된다. 그러나 향후 연구에서 이 같은 요인을 추가적으로 전처리 하여 새롭게 데이터 셋

에 활용한다면 기계학습 모델에 더 많은 패턴 정보가 학습되어 모델 최적화에 도움이 될 수 있다. 이처럼 기계학습 기반의 적조 탐지는 고전적인 적조 탐지 기법보다 적조 탐지의 정확성을 향상 시킬 뿐만 아니라 더 나아가 예측 모델에 중요한 토대가 될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 연구는 기상청 「효율적 해양기상정보 활용을 위한 민간 서비스 기술개발」(CD20210336)의 지원으로 수행되었습니다.

#### References

- [1] J. Yang "The Outbreak of Red Tides in the Coastal Waters off Kohung, Chonnam, Korea: 1. Physical and Chemical Characteristics in 1997," *The Sea J. of the Korean Society of Oceanography*, vol. 5, no. 1, 2000, pp. 16~26.
- [2] H. Kim, "Physico - Chemical Factors on the Growth of *Cochlodinium polykrikoides* and Nutrient Utilization," *J. of the Korean Fisheries Society*, vol. 34 no. 5 , 2001, pp.445~456.
- [3] D. Park, "Countermeasure and Outbreak Mechanism of *Cochlodinium polykrikoides* red tide 1. Environmental characteristics on outbreak and disappearance of *C. polykrikoides* bloom," *The Sea J. of the Korean Society of Oceanography*, vol. 6, no. 4 , 2001, pp. 259~264.
- [4] C. Lee, "Abundance of Harmful Algae, *Cochlodinium polykrikoides*, *Gyrodinium impudicum* and *Gymnodinium catenatum* in the Coastal Area of South Sea of Korea and Their Effects of Temperature, Salinity, Irradiance and Nutrient on the Growth in Culture," *J. of the Korean Fisheries Society*, vol. 34 no. 5 , 2001, pp.536~544.
- [5] C. Jeong, "A study on the vertical movement of harmful red tide *cochloclodium polykricoids* day



- and night" *The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science*, May, 2004, pp.180~182.
- [6] J. Park, "Diurnal vertical migration of a harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae), during a red tide in coastal waters of Namhae Island, Korea," *Phycologia*, vol. 40, no. 3, 2001, pp. 292~297.
- [7] K. Carder, "A remote-sensing reflectance model of a red-tide dinoflagellate off west Florida," *Limnology and Oceanography*, vol. 30, no. 2, 1985, pp. 286~298.
- [8] Y. Kim, "Detection of *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide Using MODIS Level 2 Data in Coastal Waters.," *Journal of the Korean society of civil engineers*, vol. D, no. 27, 2007, pp. 535~540.
- [9] J. Shin, "A Study on red tide surveillance system around the Korean coastal waters using GOCI." *The Korean Society of Remote Sensing*, vol. 33, no. 2, 2017, pp. 213~230.
- [10] Y. Son, Y. Kang, and J. Ryu, "Monitoring Red Tide in South Sea of Korea(SSK) Using the Geostationary Ocean Color Imager(GOCI)," *Korean J. of Remote Sensing*, vol. 26, no. 5, 2012, pp. 531-548.
- [11] H. Yoon, *Marine Remote Sensing - The 4th Industrial Revolution and the Utilization of Marine Remote Sensing Big Data*, WisdomPL 2018
- [12] Y. Ahn, "Inherent Optical Properties of Red Tide Algal for Ocean Color Remote Sensing Application.," *J. of the Korea Society for Marine Environmental Engineering*, vol. 12, no. 1, 2009, pp. 47~54.
- [13] S. Park "Analysis on optical property in the South Sea of Korea by using Satellite Image: Study of Case on red tide occurrence in August 2013," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 7, 2016, pp. 723~728.
- [14] D. Hwang, "Pattern Analysis in East /asian Coasts by using Sea Level Anomaly and Sea Surface Temperature Data," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 3, 2021, pp. 525-532.
- [15] H. Chong "Development of Image Defect Detection Model Using Machine Learning," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 513-520.
- [16] J. Kim, "Comparison of Monthly Average Temperature Prediction Performance using Spatial Random Forest by Buffer Distance," *J. of the Korean Data Analysis Society*, vol. 22, no. 5, 2020, pp. 1809-1818.
- [17] K. Kim, "Fuzzy One Class Support Vector Machine" *J. of Korean Society for Internet Information*, vol. 6, no. 3, 2005, pp. 159-170
- [18] K. Lee, "First Retrieval of Data regarding Spatial Distribution of Asian Dust Aerosol from the Geostationary Ocean Color Imager" *J. of Korean Society for Internet Information*, vol. 47, no. 4, 2012, pp. 465-472.
- [19] Y. Ahn,, "Spatial and Temporal Aspects of Phytoplankton Blooms in Complex Ecosystems Off the Korean Coast from Satellite Ocean Color Observations" *Ocean science J.*, vol. 40, no. 2, 2005, pp. 67-78.

## 저자 소개



### 박미소(Mi-so Park)

2021년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 - 현재 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학전공(석사과정)

※ 관심분야 : 해양원격탐사, Deep Learning





**김나경(Na-Kyeong Kim)**

2020년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 -현재 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학전공(석사과정)

※ 관심분야 : 해양원격탐사, Deep Learning



**김보람(Bo-Ram Kim)**

2021년 부경대학교 공간정보시스템공학과 졸업(공학사)

2021년 -현재 부경대학교 대학원 지구환경시스템과학부(석사과정)

※ 관심분야 : 해양원격탐사, Deep Learning



**윤홍주(Hong-Joo Yoon)**

1983년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

2012년~2013년 부경대학교 공간정보연구소 초대소장

2013년 (사)한국클라우드센터필파크 이사

2014년 한국전자통신학회 부회장

2015년 공간정보 Big Data 센터장

2015년 행정공간정보화연구소 소장

2016년 (사)한국생태공학회 회장

2019~현재 한국전자통신학회 회장

※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS

