

# Landsat 위성자료를 이용한 남해안 적조영역 검출기법에 관한 연구\*

서형수<sup>1\*</sup> · 송인호<sup>2</sup> · 이칠우<sup>1</sup>

## A Study on the Detection Method of Red Tide Area in South Coast using Landsat Remote Sensing\*

Hyung-Soo SUR<sup>1\*</sup> · In-Ho SONG<sup>2</sup> · Chil-Woo LEE<sup>1</sup>

### 요 약

인공위성을 이용한 원격탐사 기술의 비약적인 발전과 함께 지리, 해양 정보 등 사회전반에서 사용되는 영상 데이터량이 급속히 증가하고 있다. 따라서 대용량 원격탐사 영상의 해석을 위해서는 육안 검사보다 영상처리 기술을 이용한 자동화 방법이 필요하다. 본 연구에서는 인공위성 원격탐사 영상의 적조영역에 대해 GLCM(Gray Level Co-occurrence Matrix)을 이용하여 질감 정보를 취득하고, 이 데이터로부터 주성분 분석을 통해 적조영역을 자동으로 검출하는 방법에 대해 제안하였다. 기존의 적조영역 검출은 원격탐사 영상의 해색(sea color) 한 가지 특징에 의한 방법이 대부분이었으나 본 연구에서 GLCM의 질감 정보 8가지를 이용해서 2개의 주성분 누적 영상으로 변환시켰다. 연구결과 2개의 주성분 누적 영상의 백분율 분산 값은 90.4%였으며, 이를 해색 한 가지만을 이용한 적조영역 검출방법과 비교했을 때 보다 나은 결과를 나타내었다.

주요어 : 원격탐사, 질감, 회색준위 동시다발 매트릭스, 주성분 분석, 적조

### ABSTRACT

The image data amount is increasing rapidly that used geography, sea information etc.. with great development of a remote sensing technology using artificial satellite. Therefore, people need automatic method that use image processing description than macrography for analysis remote sensing image. In this paper, we propose that acquire texture information to use GLCM(Gray Level Co-occurrence Matrix) in red tide area of artificial satellite remote sensing image, and detects red tide area by PCA(principal component analysis) automatically from this data. Method by sea color that one feature of remote sensing image of existent red tide area

2006년 10월 15일 접수 Received on October 15, 2006 / 2006년 12월 13일 심사완료 Accepted on December 13, 2006

\* 본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신선도기반기술 개발의 연구결과로 수행되었음.

1 전남대학교 컴퓨터공학과, Dept. of computer science, Chonnam National University

2 전남대학교 지리정보학과, Dept. of geography information, Chonnam National University

※ 연락처 E-mail : shipilot@empal.com

detection was most. but in this paper, we changed into 2 principal component accumulation images using GLCM's texture feature information 8. Experiment result, 2 principal component accumulation image's variance percentage is 90.4%. We compared with red tide area that use only sea color and It is better result.

**KEYWORDS** : Remote Sensing, Texture, GLCM, PCA, Red Tide

## 서 론

원격탐사란 조사하고자 하는 개체나 현상과 물리적 혹은 직접적인 접촉 없이 기록 가능한 도구를 이용하여 그 대상물의 어떤 속성에 대한 정보를 측정하거나 수집하는 것을 말하며, 인공위성 원격탐사 영상이란 지구 표면에서 멀리 떨어진 인공위성에 의해 촬영된 영상을 뜻한다. 오늘날 인공위성에 탑재하여 운용되고 있는 원격탐사 장비는 관련기술의 급속한 발전에 힘입어 현재 그 수요가 계속 증가하고 있는 추세이다(가민호, 2000).

해색 원격탐사는 해수 중에 포함된 다양한 물질의 양과 종류를 위성이나 항공기 등에 의하여 관측된 가시광 영역의 수출광량 자료로부터 추출하는 기술로 그 근본원리는 수중으로 입사한 태양광이 해수 밖으로 나오는 반사도 스펙트럼 즉, 해색이 변하는 원리를 이용한다. 현재까지 이러한 해색 원격탐사에서 가장 발달된 분야는 해양 기초 생물 생산량 즉, 살아있는 식물성 플랑크톤 내에 있는 광합성 색소인 클로로필 분포에 대한 파악이다(Palanisamy 등, 2005). 이에 비해 위성 원격탐사에 의한 적조예찰은 적조의 규모가 위성의 공간 해상력보다 큰 규모로 발생되어야하나 일반적으로 적조발생의 규모는 띠 또는 점 형태를 나타내므로 현재의 해색위성으로는 소규모 적조를 확인하기 어렵다. 이처럼 원격탐사 영상에서 해색이라는 특징 한 가지만으로 적조영역을 판단하는 것은 실제 적조영역이지만 적조영역으로 추출되지 않는 false-negative 오류를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 원격탐사

영상에서 GLCM을 이용하여 8가지의 질감 특징 정보를 취득하고, 이 특징 정보로부터 주성분 분석을 통해 차원을 축소시켜 적조영역을 자동으로 검출하는 방법에 대해 제안한다.

## 연구 동향

국내·외 원격탐사를 이용한 적조영역 검출은 공간해상도가 1km급인 해색위성을 이용하여 범세계적인 영상에 대해 해색 한 가지 특징에 의해 검출하는 방법이 대부분이었다. 그러나 우리나라 주변은 거의가 Case-II인 탁한 해수이고, 리아스식 해안이므로 기존의 해색위성을 이용한 적조영역 검출에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 공간해상도가 30m인 Landsat위성 자료를 활용하여 8가지의 질감 특징 정보를 취득하고, 이 특징 정보로부터 주성분 분석을 적용하여 차원을 축소한 후 적조영역을 자동으로 검출하는 방법에 대해 연구하였다.

### 1. 국외 동향

1978년 발사된 Nimbus-7호에 탑재된 최초의 해색센서 CZCS(costal zone color scanner)가 발사된 이후에 선진국들은 SeaWiFS (Sea-Viewing Wide Field of view Sensor), MODIS(Moderate Resolution Spectro-radiometer) 등의 센서가 탑재된 수많은 해색위성을 발사하였다. 그러나 대부분의 해색위성은 해상도가 1km급으로 범세계적인 규모의 해양환경관측에 적합하며 우리나라와 같이 리아스식 해안에서 발생하는 다양한 해양환경을 관측하기는 거의 불가능하다(한국지질자원연구원, 2005).

전 세계적으로 적조원격탐사 기술의 현황은 적조가 대량으로 발생하는 open ocean (Case-I water)이거나 연안이더라도 적조 생물 외에 다른 부유물의 농도가 높지 않은 곳에서 적조가 발생하면 위성으로 그 양을 알아낼 수 있다. 즉, 적조 생물과 다른 부유물을 바다에서 구별하지 못한다는 것이다. 따라서 우리나라 주변은 거의가 Case-II인 탁한 해수이므로 기존의 해석을 이용한 원격탐사 알고리즘으로 적조를 탐지하면 많은 오차를 유발하게 된다. 이러한 적조 예찰을 위해 중국에서는 "The ocean color-temperature algorithm"이 연구되었으나 이 역시 해수의 반사광과 온도를 이용한 경우(Chen 등, 2005)이며, 일본에서는 SeaWiFS 센서를 이용하여 적조를 예측한 논문이 동경대학교에서 발표되었으나 이 또한 해석을 이용한 것이다(Takahashi 등, 2005).

## 2. 국내 동향

국내의 경우에는 한국해양연구원, 국립수산물학원에서 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 위성자료를 활용한 적조탐색을 시도한바 있다. 그러나 가장 필수 파장대인 440 $\mu\text{m}$ 의 가시 밴드가 없어 어디까지나 시험적인 것 외에는 큰 의미가 없었다. 그리고 국립수산물학원에서 4~5개의 밴드를 활용한 항공기에 의한 고공 적조원격탐사를 시도한바 있으나 엄청난 장비 및 항공기 사용료로 인하여 도중에 포기한 적이 있다. 학술적으로는 해수의 온도를 고려하여 분광밴드를 주성분 분석으로 처리한 사례(김진기와 전형섭, 2002)와 기상인자인 강수량과 바람, 기온 등을 이용한 사례(윤홍주 등, 2002), 항공기의 원격탐사 영상을 이용한 사례(Ji와 Zhao, 2004) 등이 있었다.

## 원격탐사 영상의 질감 특징 표현

### 1. 원격탐사 영상의 특징

지구관측을 위한 인공위성은 그 내부에 "센

서"라고 불리우는 분광시스템인 감지기를 가지고 있으며, 일반 카메라의 필름 대신 CCD (Charge Coupled Device)가 필름 면에 위치하고, 이 센서에 지표면의 물체에 반사된 태양광선이 입사함으로써 그 빛의 세기가 자료의 형태로 저장되어진다. 인공위성 관측 센서의 자료 획득 역시 지표면에서 입사한 태양광선이 대상물체에 반사되어 그 빛이 인공위성의 관측 센서에 감지됨으로써 영상자료로 저장되며 저장된 영상자료는 지상 수신소로 보내진다. 이렇게 보내어진 영상자료는 배포 이후에 인간의 시각적 분석이나 디지털 영상처리 알고리즘을 이용한 분석을 위해서 강조되거나 필요한 특징만을 추출하여 정보로 요약되어 의사결정 수단으로 사용된다.

### 2. 적조 현상의 특징

적조 현상이란 해양에 서식하는 동·식물성 플랑크톤이나 그 외 박테리아나 미생물이 번식에 알맞은 환경조건이 될 때 일시에 많은 양이 번식되거나 또는 생물 물리적 현상으로 집적되어 바닷물의 색깔을 변색시키는 현상을 말한다. 이러한 현상을 구미에서는 "water bloom"이라고 칭하며, 학계에서 다소 여러 의견이 있다고는 해도 "red tide"인 "적조"라고 하는 호칭이 일반화되었다. 또한 "편모조류의 꽃"이라 표현될 수 있는 "dinoflagellate bloom"과 같이 기록되어져 있는 것도 많다. 이것은 red, yellow, green 등 바다의 색에 구애될 필요가 없다는 것을 말해주는 것이다(서영상 등, 2003).

세계적으로 보고된 적조발생 종은 약 150여종으로 주로 식물성 플랑크톤이며 드물게는 세균류와 유모충 그 밖의 동물성 플랑크톤에 의한 것도 있다. 해양의 식물성 플랑크톤의 주된 것은 규조류(diatoms)이고, 규조류와 함께 이른바 편모조류가 적조의 주요 구성 생물이다. 우리나라에서 적조를 일으키는 종은 약 40종이며 그 중에서 규조류가 13종, 편모조류가 20종이다. 편모조류 중 코클로디니움(cochlo-dinium)

TABLE 1. The latest harmful red tide occurrence present condition

연 도	주 적조 생물	발생 건수	지속 일수	개체수(cells/ml)
2001년	코클로디니움	56건	8월 14일 - 9월 24일	최대 29,000
2002년	코클로디니움	58건	8월 2일 - 9월 27일	최대 30,000
2003년	코클로디니움	89건	8월 13일 - 10월 13일	최대 48,000
2004년	코클로디니움	40건	8월 5일 - 9월 3일	100 - 5,800
2005년	코클로디니움	70건	7월 19일 - 9월 14일	100 - 3,300

은 2000년 이후 급격히 증가 추세에 있으며 특히 양식장 어류의 아가미에 침입하면 산소의 공급을 막아 양식 어류의 폐사를 불러일으킨다. 표 1은 최근 유해적조 발생 현황이다(국립수산과학원, 2005).

2001년도 적조는 8월 14일부터 9월 24일까지

40일이라는 장기간 동안 코클로디니움이 우리나라 남해안에서 발생하였으며 그 중 본 연구에서는 8월 24일자 적조를 위성이 관측한 것이다.

편모조류에 의한 적조의 양상은 다량의 규산염을 필요로 하지 않으며 첫째, 규조류와는 달리 일반적인 성장제한 요인 외에 육지로부

TABLE 2. Texture feature expression

특징 명	수 식	주 요 특 징
contrast	$\sum_{i,j}  i-j ^k (P_{ij})^\lambda$	명암도 차이를 측정하는 특징, 상대적으로 GLCM에서 대각선으로 멀리 떨어져 있는 P[i, j] 요소는 높은 가중치를 가진다.
correlation	$\sum_i \sum_j (i-\mu_x)(j-\mu_y) P_{ij} / \sigma_x \sigma_y$	화소 쌍들이 인접할 확률이 발생할 수 있는 확률, 여기서 $\mu_x$ 와 $\mu_y$ , $\sigma_x$ 와 $\sigma_y$ 는 각각 평균과 표준 편차를 나타낸다.
energy	$\sum_i \sum_j P_{ij}^2$	명암도의 균일함을 측정할 수 있는 특징이다.
imr	$\sum_i \sum_j P_{ij}^\lambda /  i-j ^k, \quad i \neq j$	inverse difference moment of order k로 그레이레벨 값인 i와 j의 차이를 나타낸다.
max	$\max_{ij} (P_{ij})$	그레이레벨 값이 발생할 최대 확률을 나타낸다.
variance	$(\sum_i (i-\mu_x)^2 \sum_j P_{ij}) (\sum_j (j-\mu_y)^2 \sum_i P_{ij})$	그레이레벨 값과 평균과의 차이를 나타낸다.
uniformity	$\sum_i \sum_j P[i, j] / (1 +  i-j )$	각 화소들 간의 균일함을 측정, GLCM에서 요소들의 값이 대각선 축에 모여 있을 때 큰 값을 가진다.
entropy	$-\sum_i \sum_j P[i, j] \log P[i, j]$	명암도 분포의 임의성을 측정, 그레이레벨의 변화가 많아서 P[i, j] 요소의 값이 랜덤하게 분포하면 큰 값을 가진다.

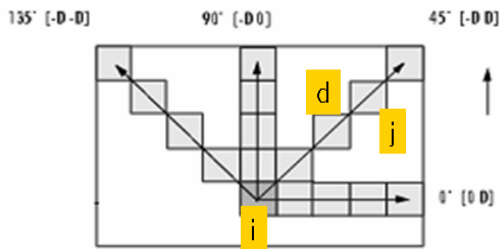


FIGURE 1. GLCM distance measurement principle

터 유입되는 비타민류, 미량 금속, 특수유기물 등 증식촉진 물질의 영향을 크게 받는다. 둘째, 편모조류는 운동기관으로 2~4개의 편모를 가지고 있기 때문에 이동하는 능력이 있으며 이동방향은 빛 또는 특수한 화학물질의 영향을 받는다. 본 연구에서 적조 대상 생물인 편모조류의 코클로디니움은 주간에는 태양빛이 강하면 중층이나 저층보다는 표층에 많이 분포하며, 야간에는 표층, 중층, 저층에 대체로 고르게 분포하는 양상을 보인다. 이는 위성 관측 시간이 낮이면 분광의 특성이 더욱 뚜렷할 수 있다. 셋째, 적조를 일으키는 대부분의 편모조류는 휴면포자를 형성하는 겨울철과 같은 부적당한 시기를 해져 퇴적물 중에서 보내다가 적당한 환경이 되면 이들 포자가 발아하여 표층에 올라와서 급격히 번식함으로써 적조를 일으킨다(국립수산과학원, 2005).

본 연구의 대상인 코클로디니움의 형태적인 특징은 크기는 길이가 30-40 $\mu\text{m}$ , 폭이 20-30 $\mu\text{m}$  정도이며, 출현 특성은 1995년 이후부터 8월경 남해안 주변해역에서 출현하고 있고, 주간에는 무리를 이루고 뚜렷한 주야 수직일주 운동을 보여 오전 11시부터 오후 4시까지의 한낮에는 90% 이상이 표층 3m 이내에 분포한다. 적조 발생시기의 수온은 20-28 $^{\circ}\text{C}$ 이고 염분도 25이하의 낮은 구간 보다는 염분도 35내외에서 성장률이 높다. 또한 조도가 높을수록 성장률도 높다. 이는 주간에는 표층 가까이 부상함으로써 성장률을 극대화 시키는 것과 관련이 있다.

바닷물의 색은 적조 생물에 따라 다르지만 일

반적으로 구조류인 chaetoceros와 skeletonema는 황갈색을, 그리고 편모조류인 코클로디니움, heterosigma, proroentrum, eutreptiella는 적갈색 또는 황록색이다. 적조현상은 발생 초기에는 복합종이며 무독성이나 점차 단일 종으로 유독성이 있는 것으로 변해가며 이 과정에서 적조 생물마다 광학적인 반사 스펙트럼 즉, 해색이 다르다. 이것은 적조를 일으키는 종들이 바다에서 고르게 분포되어 전부 단일 색을 나타낸다는 가정 하에 만들어진 것으로 이러한 현재의 해색방법은 전혀 부합하지 못하고 있다.

우리나라에서 적조탐색에 이용되는 위성은 여러 가지가 있으나 그중 대표적인 몇 가지에 대해 알아보면 NOAA 위성은 하루에 2회 수신한 적조발생 주변해역의 광범위한 수온자료를 분석하여 쿠루시오난류의 영향, 냉수대 발생상황 등을 파악하고, 이러한 자료를 적조발생해역의 실측치와 비교함으로써 적조발생 상황의 전망 및 예측에 활용한다. 또한 SeaWiFS는 클로로필의 분포정보를 매일 파악하여 우리나라 연안의 적조발생 해역의 범위와 밀도를 실시간으로 광범위하게 파악하는데 활용한다. 본 연구에서 사용한 Landsat 위성 자료는 육지의 식물분포를 감지하는데 활용되며 바다의 식물성 플랑크톤의 분포 량에도 적용 가능하다.

### 3. Co-occurrence matrix의 특징 표현

영상에서 한 영역을 구별하는 방법은 특정 영역이 갖는 성질을 구별하는 것이다. 이는 단순한 밝기의 통계적 성질만을 이용하는 것만 아니라 영상속의 개개의 화소가 갖는 구조적 패턴정보를 이용하여 분할하기도 한다. 따라서 적조영역의 검출에 있어서 영상이 가지는 무늬 구조를 이용하면 일정 수준의 분할이 가능하게 된다. Haralick은 이러한 구조적 패턴인 질감을 구별하기 위한 특징으로 GLCM을 제안하였다. GLCM 요소의 값은 그림 1과 같이 영상에서 그레이 레벨  $i$ 와  $j$ 를 가진 두 픽셀이

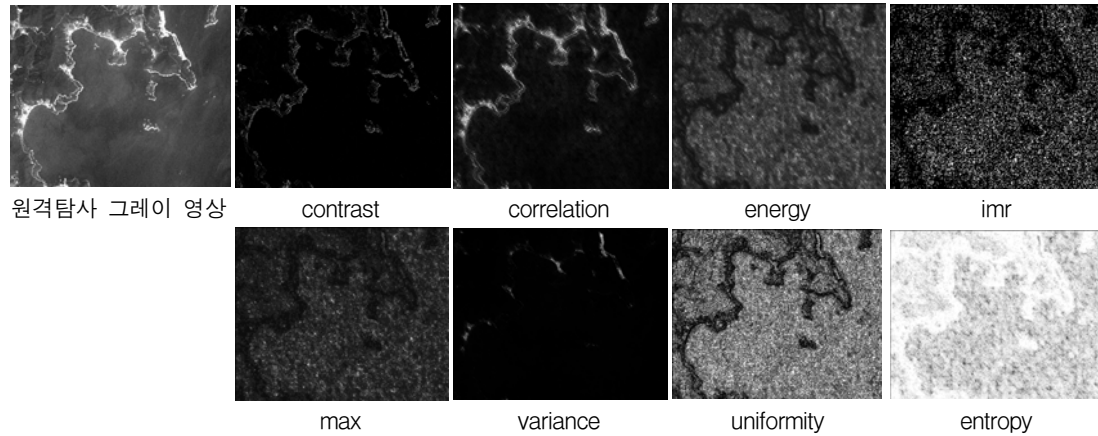


FIGURE 2. Texture feature conversion images

거리 d만큼 떨어져 있을 때 상대적인 발생 빈도를 확률변수로 나타내는 특징이 있다 (Haralick, 1979).

이 원리를 적용하면 영상 크기가  $M \times N$ 이고, 거리가 d이며,  $45^\circ$ 간격으로 측정되는 GLCM의 빈도수  $P_{ij}$ 를 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 거리 d에 대해 제약을 주기 위하여 1에서 3까지, 각각  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  방향에 대한 행렬들을 계산하였다. 그리고 계산한 행렬에 대해 contrast, correlation, energy, imr, max, variance, uniformity, entropy 등 8가지를 GLCM의 특징 표현으로 사용하였다. 이러한 각각의 질감특징에 대해 설명하면 표 2와 같다.

본 연구에서는 Landsat7위성의 센서인 ETM 센서의 7가지 밴드 중 Blue 밴드인 1번, Green 밴드인 2번, Red 밴드인 3번 밴드를 이용하여 거제도 동남해역인근의 지심도 주변에

대해 컬러 영상을 만들고 이를 그레이 영상으로 변환하였다. 그리고 8가지의 질감 특징을 이용하여 그림 2와 같이 변환하였다.

### 주성분 분석을 이용한 특징 추출

주성분 분석법은 신호와 그것의 차원 축소 간의 주된 차이점을 확인하는 방법이다. 주성분 분석은 결국 상관이 있는 변량들의 분산을 줄이는 견지에서 상관이 없는 변량의 집합으로써 기준축을 변환하여 특징벡터를 재배치하는 것을 말한다(서용수, 2004; 정중철, 1999). 이러한 주성분 분석은 평균을 이용하여 식(1)과 같이 공분산 행렬을 계산한다.

표 3은 질감 특징을 이용하여 변환한 8가지 영상들의 평균과 분산 값이다.

식(1)을 이용해서 계산한 공분산 행렬을 통

TABLE 3. Texture feature conversion images mean, standard deviation value

	원격탐사 그레이영상	contrast	correlation	energy	imr	max	variance	uni- formity	entropy	계
평균	80.5	4.2	20.9	53.9	38.4	37	1.8	104.8	220.5	
분산	1,216.8	264.8	753.6	511.9	8,317.3	395.7	66.7	5,350.9	822.1	16,483
분산 비율		1.6%	4.5%	3.1%	50.4%	2.4%	0.4%	32.5%	5.1%	100%

TABLE 4. Eigen value of covariance matrix

	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	계
고유값	13071	1830.5	646.9	516.4	178.9	130.6	76.9	0.2	16,483
비율	79.3%	11.1%	3.9%	3.1%	1.1%	0.8%	0.5%	0.2%	100%

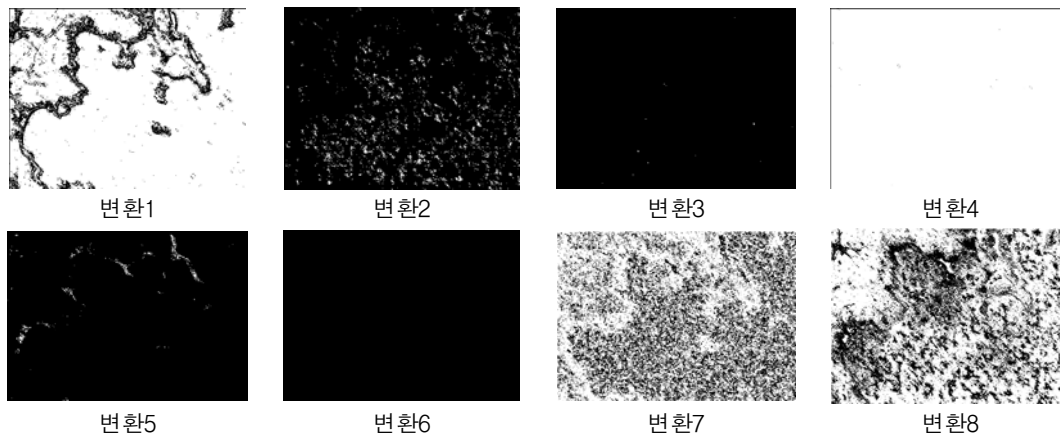


FIGURE 3. PCA conversion images

해서 8개의 근( $\lambda_n$ )을 구할 수 있고 이들 근을 공분산 행렬의 고유 값이라고 한다. 표 4는 공분산 행렬의 고유 값을 나타낸다.

따라서 8개의 고유 값을 이용하여 그림 3과 같이 8개의 주성분 변환 영상을 획득할 수 있다.

주성분으로 변환한 영상에 대한 분산 값의 총합은 16,483이며, 이는 표 1의 주성분 변환 전 질감 특징 변환 영상들의 분산 값 총합과 같았다. 또한 그중 79.3%를 변환1이 나타내고 있다. 변환1과 변환2의 분산의 합은 14,901.5로 전체 분산의 합인 16,483의 90.4% 비율을 차지하고 있다.

## 적조영역의 자동 검출

### 1. 알고리즘 개요

본 연구에서는 입력되는 원격탐사 영상에 대하여 GLCM의 8가지 질감 특징을 이용해서 8개의 영상으로 변환한 후 주성분 분석을 수

행하였고, 주성분 영상으로 변환 후 분산을 누적한 영상을 bmp(bit map) 파일로 만들어 전처리를 수행하고 적조영역을 검출한다. 전체적인 시스템 흐름도는 그림 4와 같다.

### 2. 영상 전 처리

먼저 주성분 변환 분산 누적 영상인 변환1과 변환2를 합한 영상에 대해 과 분할을 방지하기 위해 중간 값 필터를 적용하였다. 중간 값 필터에서 그 화소의  $3 \times 3$  이웃점내에서 명암도 중간 값으로 화소 값을 교체하여 영상은 덜 흐려지면서 잡음감소의 효과가 있었다.

### 3. 적조영역 검출

본 연구에서는 적조영역을 검출하기 위해 전처리를 수행한 영상에 대해 모서리를 이용한 검출과 영역을 이용한 검출을 수행하였다.

적조영역에 대해 모서리를 이용한 검출을

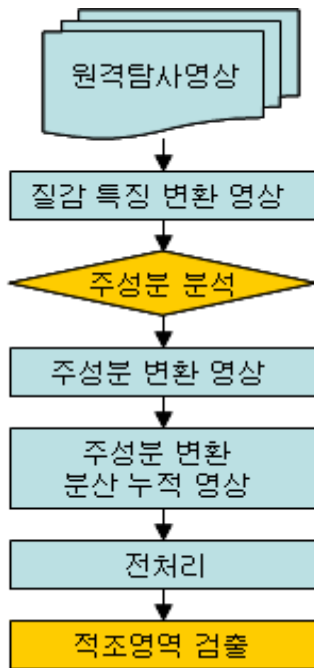


FIGURE 4. System flow chart

수행하기 위해서 네 단계를 실행했는데 첫째, 영상의 잡음을 제거하기 위하여 표준편차에 대한 가우시안 필터로 스무딩 한 다음 둘째, 식(2)와 같이 지역적인 기울기와 식(3)과 같이 모서리 방향을 이용했다.

따라서 모서리 점은 그 크기가 기울기 방향에서 지역 최대 값인 점으로 정의된다. 셋째, 이렇게 결정된 모서리 점들은 기울기 크기 영상에서 산마루로 간주되는 리지(ridge)가 되며

이들 리지의 정상에 따라 가면서 출력에 가는 선을 만들기 위하여 연결되고 이 선에 속하지 않는 모든 화소들은 검은색인 0값으로 처리하였다. 이러한 리지 화소들은 두개의 문턱치 T1, T2를 사용하여 처리된다. T2보다 큰 값을 가진 리지 화소들은 “강한” 에지화소라 하고, T1과 T2 사이의 값을 가지는 리지 화소들을 “약한” 에지화소라 한다. 따라서 주성분 변환 누적 영상에 대한 두 개의 문턱치는 0.00625와 0.015625인데 이는 식(2)와 (3)을 프로그래밍한 함수를 이용하여 자동 처리되는 값으로써 수치를 달리하여 실험한 결과보다 우수했다. 넷째, 이 알고리즘은 강한 화소에 8연결을 이용, 약한 화소들을 편입시킴으로써 에지 연결을 수행하여 하얀색의 가는 선들만 보이도록 했다.

다음으로 영역 검출을 위해 형태학적 분기점에 의한 분할을 적용하였다. 이러한 알고리즘은 유역 변환(watershed transform)으로 불리우지며 이러한 유역 변환에 있어서 가장 중요한 표기는 화소의 최소 값을 나타내는 미니마(minima), 다른 영역으로 나누어지는 집수지역(catchment basins regions), 그리고 집수지역에 의하여 서로 분리되는 유역 선(watershed line)이다. 영상에 대한 유역 변환의 지형학적 해석은 그림 5와 같다(Vincent와 Piencnt, 1991).

본 연구에서는 기울기를 이용한 유역 변환의 단점인 많은 수의 미니마로 인하여 심하게 과 분할되는 것을 문턱치를 적용한 알고리즘으

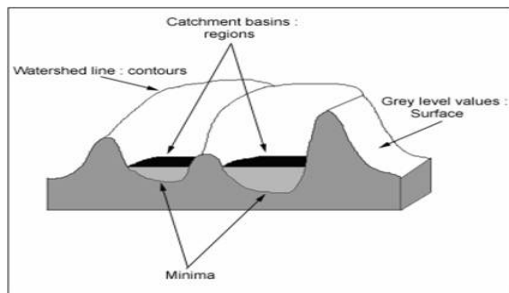


FIGURE 5. Watershed transform topographical analysis

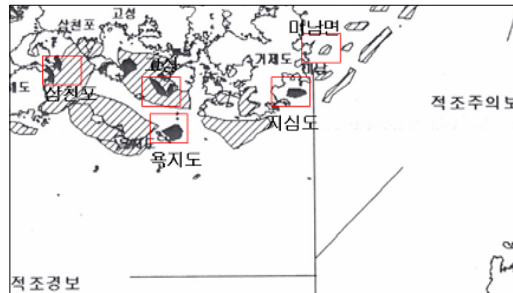


FIGURE 6. Harmful red tide occurrence sea area



로 해결하였다. 이는 영상에 속하는 연결 성분인 마커와 문턱치를 적용하여 기준이 되는 마스크를 이용한 방법이다. 이러한 문턱치 값은 실험결과 그레이레벨 값 85이며 이는 0에서 255까지 그레이레벨 값을 적용하여 가장 명확히 영역으로 검출할 수 있는 수치를 선정하였다.

## 연구 결과

실험에 사용된 원격탐사 영상은 2001년도 8월 24일 한반도 동남해안을 Landsat7 위성의 ETM센서로 촬영한 영상으로 크기는 8,794 × 7,839화소의 bmp파일이며, 면적이 180km × 80km인 것을 관심영역인 거제도 동남방 지심도 인근 해역에 296 × 314화소로 수작업을 통해 분할했다. 따라서 실험 영상의 면적은 8.8km × 9.4km이고 적조 영역의 크기는 4km × 2km이다. 그림 6은 적조 당일 선박 및 항공기 관찰에 의해 수작업으로 작성한 국립수산과학원의 2001년도 적조속보 11호의 유해적조발생해역도이다. 이 구역의 적조밀도는 440 ~ 1,760 cells/ml 이다. 또한 당일 발생한 거제도 미남면, 삼천포, 고성, 육지도 등 4개 지역에 대한 실험결과와 적조 현상이 없는 맑은 해역에 대한 실험결과를 부록에 수록하였다.

### 1. 주성분 변환 분산 누적 영상

우리는 그림 7과 같이 원격탐사 그레이 영상과 주성분 변환 후 분산 누적 비율이 90.4%인 변환1과 변환2를 합한 영상에 대해 적조영역을 검출하였다.

### 2. 적조영역 검출

기존의 해석에 의한 즉, 원격탐사 컬러 영상을 명암도로 처리한 원격탐사 그레이 영상의 적조 검출 영역과 2개의 주성분 분산 누적 영상인 변환1과 변환2를 합한 영상의 적조 검출 영역을 비교해 보았다. 기존의 해석에 의한 방법에서 인간의 눈은 그레이레벨 9단계 정도를 판단하며 주관적이나, 컴퓨터로 처리할 경우 그레이레벨은 256단계를 객관적으로 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 해석에 의한 판단이라 할 수 있는 원격탐사 그레이 영상에서 모서리 검출은 적조영역을 검출하는 것이 불가능 하였고 영역 검출은 적조영역이 해안선에 걸쳐 3개의 지역으로 나타내고 있다. 그러나 질감특징을 이용한 주성분 변환 분산 누적 영상의 경우 모서리 검출은 국립수산과학원의 유해적조발생해역도의 적조영역과 같이

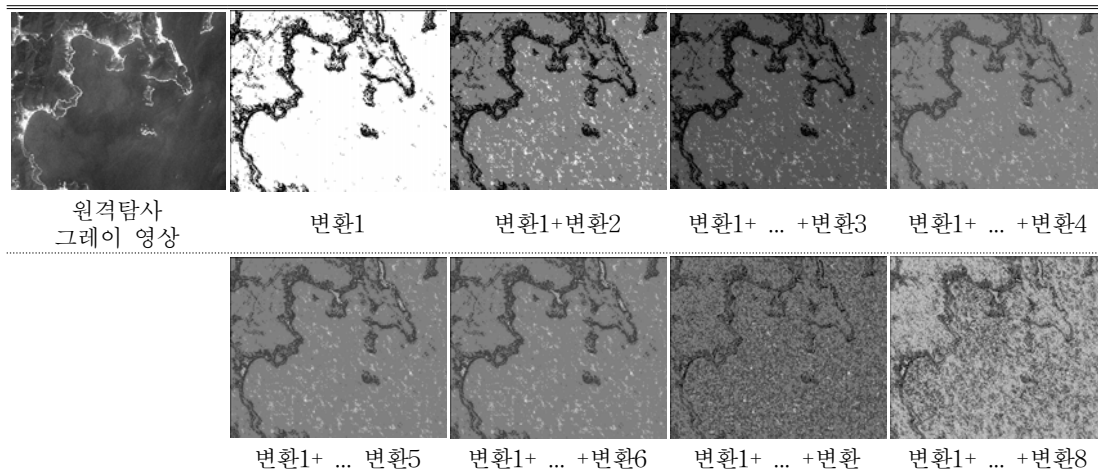


FIGURE 7. PCA conversion accumulation images

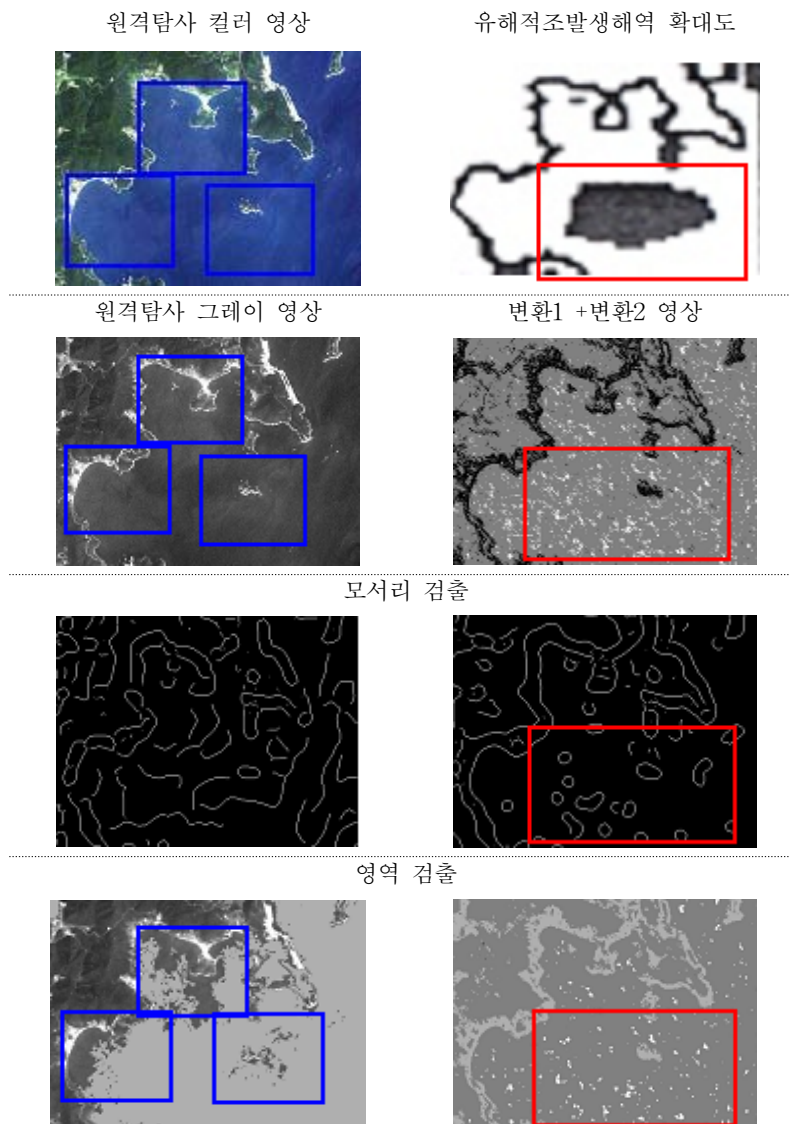


FIGURE 8. Result of red tide area

지심도 인근에서 검출이 가능하였고 영역 검출 또한 해안선 부분의 영역은 없어지고 실제 적조영역인 지심도 인근에 적조가 발생했음을 나타내고 있다. 이는 본 연구에서 제시한 알고리즘이 우리나라의 특성인 연안타류의 영향을 받지 않고 적조영역을 효과적으로 검출할 수 있다는 것을 나타낸다.

## 결론

본 연구에서는 원격탐사 영상의 적조영역에 대해 GLCM을 이용하여 질감 정보를 취득하고, 이 데이터로부터 주성분 분석을 통해 적조영역을 자동으로 검출하는 방법에 대해 제안하였다. 효율적인 적조영역의 질감 표현을 위

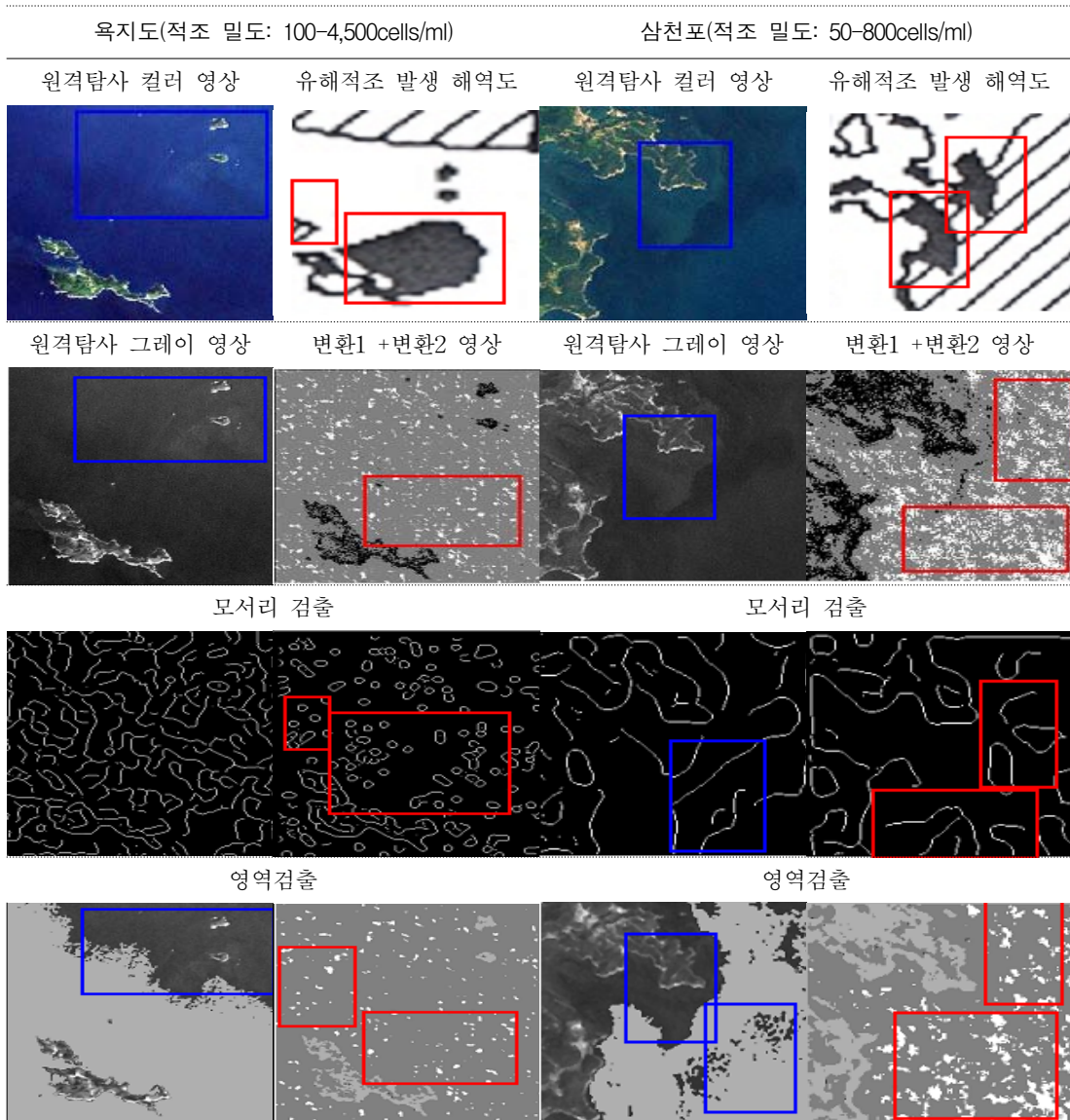
해 8개의 특징을 사용하였으며, 이로부터 2개의 주요 성분으로 표현을 압축시켰다. 실험결과 2개의 주성분 누적 백분율 분산 값은 90.4%로 이는 2개의 주성분이 거의 대부분의 정보를 가지고 있음을 알 수 있었다. 기존의 적조영역 검출은 해석 한 가지 특징에 의한 방법이 대부분이었으나 이러한 소수의 특징을 가지고 적조영역을 판단하는 것은 적조영역이면서도 적조영역으로 판단되지 않는 false-negative 오류를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 GLCM의 8가지 질감 특징 정보를 이용하였다. 기존의 해석에 의한 적조 검출 영역과 2개의 주성분 변환 분산 누적 영상에 의한 적조 검출 영역을 비교한 결과 본 연구에서 제시한 알고리즘의 타당성이 검증되었다. 이는 질감을 이용한 영상데이터의 차원을 8개의 차원에서 2개의 차원으로 줄여도 적조영역을 효과적으로 검출할 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 적조를 일으키는 여러 생물종 코클로디니움에 대해 적조영역을 검출하였으나 향후 여러 종류의 적조 발생 미생물을 대상으로 한 실험이 필요하다. 그리고 본 연구에서 제시한 8가지의 질감 특징보다 적조 특성을 더욱 잘 나타낼 수 있는 질감 특징을 개발해야 하며, 적조영역을 효율적으로 검출할 수 있는 알고리즘과 적조영역과 적조가 발생하지 않은 맑은 해역을 정량적으로 표현 가능한 방법에 대한 개발이 필요하다. 또한 초고정밀 원격탐사 영상을 이용한 적조영역 검출도 필요하다. **KAGIS**

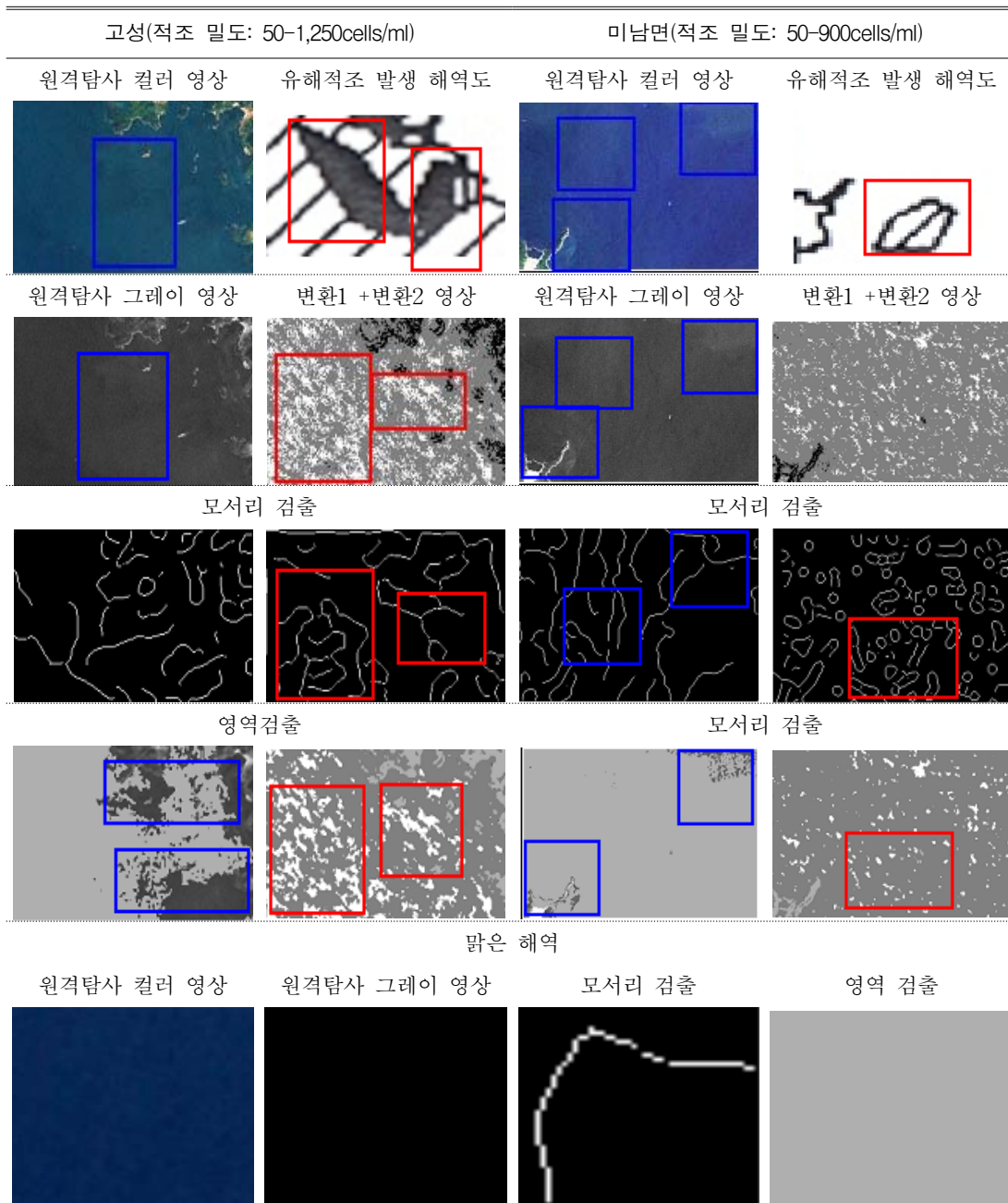
## 참 고 문 헌

- 가민호. 2000. 인공위성 원격탐사 정보의 활용. 대한원격탐사학회지 16(3):261-279.
- 국립수산과학원. 2005. 한국연안의 적조발생 상황. 5-11쪽.
- 김진기, 전형섭. 2002. 원격탐사를 이용한 남해연안의 적조발생지 추출. 대한 토목학회지 22(4D):791-799.
- 서영상, 장이현, 김학균. 2003. C. polykrikoides 적조의 시공간분포와 중규모 해양환경 변동간의 관계성. 한국지리정보학회지 16(3):139-150.
- 서용수. 2004. 위성 영상데이터의 주성분변환 및 주성분 기반 영상분류. 한국지리정보학회지 7(4):24-33.
- 윤홍주, 김승철, 윤양호, 김상우. 2002. 원격탐사를 이용한 한국 남해 중부해역에서의 적조 예찰 연구. 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회지 6(1):333-337.
- 정종철. 1999. 주성분 분석을 이용한 다중시기 원격탐사 자료 분석. 한국지리정보학회지 2(3):71-80.
- 한국지질자원연구원. 2005. 원격탐사 기술개발사업 활용분야 2차년도 요약 보고서. 74-86쪽.
- Chen J., W. Huang and J. Yang. 2005. Satellite Remote Sensing of the Oceanic Environment in China. SPIE Vol. 6636, pp.1018-1020.
- Haralick R.M. 1979. Statistical and structural approaches to texture. Proc. Of the IEEE 67(5):786-804.
- Ji G. and W. Zhao. 2004. An Ocean Red Tide Monitoring Method of the Aerial Remote Sensing Hyper-spectral Image. IEEE Radio Science Conference. pp.185-188.
- Palanisamy S., Y.H. Ahn, J.H. Ryu and J.E. Moon. 2005. Application of Optical Remote sensing Imagery for Detection of Red tide Algal in Korean waters. IEEE Geoscience and remote sensing symposium. pp.1912-1915.
- Takahashi W., H. Kawamura, T. Omura and K. Furuya. 2005. Detecting Red Tides in the Eastern seto Inland Sea with Satellite Ocean Color Imagery. IEEE Geoscience and remote sensing symposium, pp.1924-1927.
- Vincent Lue and Piecent Soille. 1991. Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion simulations. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence 13(6):583-598. **KAGIS**

부록. 남해안 일대 적조영역 검출 결과



파란색 박스는 인공위성 컬러영상의 경우 적갈색인 해색으로 판단한 적조영역으로 추정되는 부분이며, 이를 그레이 영상으로 변환 후 컴퓨터 256단계의 명암도로 처리하여 모서리 및 영역 검출을 수행하였다. 붉은색 박스의 경우 국립수산과학원의 유해적조발생해역도에 표기된 적조 영역이고, 질감을 이용한 주성분 변환 분산 누적 영상에 대해 모서리 및 영역 검출을 수행하여 적조영역으로 추정되는 부분을 표시하였다.



맑은 해역의 경우 모서리 검출은 바다의 수괴 현상으로 추정되는 하얀 띠가 있으나 영역검출의 경우는 검출되는 부분이 없다.