

원격탐사를 이용한 남해안의 적조영역 검출과 통계적 특징 분석에 관한 연구

서형수[†] · 이철우^{††}

요 약

1990년대 이후 적조현상은 전 세계적으로 환경문제의 큰 관심이 되고 있으며 선진각국들은 해상용 위성을 이용하여 조기에 적조영역을 검출하는 연구를 진행하고 있다. 그러나 우리나라는 대부분의 해안이 굴곡이 심하고 연안에서 탁류가 많아 저해상도인 해상용 위성으로 소규모 적조 영역을 검출하기가 어렵다. 또한 기존의 적조영역 검출은 해상용 위성영상의 해색(sea color) 한 가지 특징에 의한 방법이 대부분이었다. 이처럼 해색과 같이 영상에서 소수의 특징을 가지고 적조영역을 검출한다는 것은 false-negative 오류를 유발할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 고정밀 육상용 위성의 남해안 영상에 대해 GLCM(Gray Level Co-occurrence Matrix)의 질감 정보 6가지를 이용해서 질감정보를 취득하고 이 정보로부터 주성분 분석을 통해 차원을 축소하여 불필요한 성분을 제거한 후 2개의 주성분 누적 영상으로 변환시켰다. 실험결과 2개의 주성분 변환 누적 영상의 고유값은 94.6%였으며, 이를 해색 한 가지만을 이용한 적조영역 영상 및 주성분을 모두 가지고 있는 영상들과 비교했을 때 가장 정확한 결과를 나타내었다. 그리고 검출된 적조영역을 질감에 대한 통계적 특징을 이용하여 탁류가 많은 연안 및 적조현상이 없는 바다와 비교하여 정량적으로 구분하였다.

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

A Study on the Detection and Statistical Feature Analysis of Red Tide Area in South Coast Using Remote Sensing

Sur Hyung Soo[†] · Lee Chil Woo^{††}

ABSTRACT

Red tide is becoming hot issue of environmental problem worldwide since the 1990. Advanced nations are progressing study that detect red tide area on early time using satellite for sea. But, our country most seashores bends serious. Also, because there are a lot of turbid streams on coast, hard to detect small red tide area by satellite for sea that is low resolution. Also, method by sea color that use one feature of satellite image for sea of existent red tide area detection was most. In this way, have a few feature in images with sea color and it can cause false-negative mistake that detect red tide area. Therefore, in this paper, acquired texture information to use GLCM(Gray Level Co-occurrence Matrix)'s texture 6 information about high definition land satellite south coast image. Removed needless component reducing dimension through principal component analysis from this information. And changed into 2 principal component accumulation images. Experiment result, 2 principal component conversion accumulation image's eigenvalues were 94.6%. When compared with red tide area that uses only sea color image and all principal component image, displayed more correct result. And divided as quantitative, it compares with turbid stream and the sea that red tide does not exist using statistical feature analysis about texture.

Key Words : Remote Sensing, Texture, GLCM, PCA, Red Tide

1. 서론

원격탐사란 조사하고자 하는 개체나 현상과 물리적 혹은 직접적인 접촉없이 기록 가능한 도구를 이용하여 그 대상물

의 어떤 속성에 대한 정보를 측정하거나 수집하는 것을 말하며, 인공위성 원격탐사 영상이란 지구 표면에서 멀리 떨어진 인공위성에 의해 촬영된 영상을 뜻한다. 해색 원격탐사는 해수중에 포함된 다양한 물질의 양과 종류를 위성/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

※ 본 연구는 전남대학교 "고품질 전기 전자 부품 및 시스템 연구센터"의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

† 정 회 원 : 전남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

†† 정 회 원 : 전남대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2006년 10월 26일, 심사완료 : 2007년 1월 15일

발달된 분야는 해양 식물성 플랑크톤내에 있는 광합성 색소인 클로로필 분포에 대한 파악이다[8]. 이에 비해 위성 원격탐사에 의한 적조예찰은 적조의 규모가 위성의 공간 해상력보다 큰 규모로 발생되어야하나 일반적으로 적조발생의 규모는 미 형식으로 현재의 위성으로는 소규모 적조를 확인하기 어렵다[3]. 대부분의 해상용 위성은 해상도가 1km급으로 범세계적인 규모의 해양환경관측에 적합하며 우리나라와 같이 리아스식 해안에서 발생하는 다양한 해양환경을 관측하기는 거의 불가능하다[1]. 이처럼 원격탐사 영상에서 해석이나 소수의 특징만으로 적조영역을 판단하는 것은 실제 적조영역이지만 적조영역으로 추출되지 않는 false-negative 오류를 유발할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 고정밀 육상용 위성영상의 남해안 연안에 대해 GLCM을 이용하여 6가지의 질감 특징 정보를 취득하고, 이 정보로부터 주성분 분석을 통해 차원을 축소하여 불필요한 성분을 제거함으로써 적조영역을 자동으로 검출하는 방법을 개발하였다. 그리고 검출된 적조영역을 질감에 대한 통계적 특징을 이용함으로써 탁류가 많은 연안 및 적조현상이 없는 바다와 비교하여 정량적으로 구분하였다.

2. 연구 동향

2.1 국외 동향

적조 원격탐사 전문 알고리즘의 개발 시도는 1985년 미국의 Cader & Steward에 의하여 처음 시도되었다. 이들은 플로리다 연안에 발생한 편모조류(dinoflagellates)를 중심으로 헬기에 Spectro-Radiometer를 사용하여 원격 반사율을 측정 한 후 적조생물의 농도를 구하였다. 전 세계적으로 적조 원격탐사 기술의 현황은 적조 또는 식물성 프랑크톤이 대량으로 발생하는 open ocean(Case-I water)이거나 연안이더라도 적조 생물외에 다른 부유물의 농도가 높지 않은 곳에서 적조가 발생하면 위성으로 그 적조를 알아낼 수 있다. 즉, 적조 생물과 다른 부유물을 바다에서 구별하지 못한다는 것이다. 중국의 경우 적조 예찰은 "The ocean color-temperature algorithm"이 연구되었으나 이 역시 해수의 반사광과 온도를 이용한 경우이다[5]. 또한 일본의 경우는 SeaWiFS 센서를 이용하여 적조를 예측한 논문이 동경대학교에서 발표하였으나 이 또한 해석을 이용한 것이다[9].

2.2 국내 동향

국내의 경우에는 한국 해양연구소, 국립수산진흥원에서 NOAA 위성자료를 활용한 적조탐색을 시도한바 있다. 그러나 가장 필수 파장대인 440nm의 가시 밴드가 없어 어디까지나 시험적인 것 외에는 큰 의미가 없었다. 그리고 국립수산진흥원에서 4~5개의 밴드를 활용한 항공기에 의한 고공 적조 원격탐사를 시도한바 있으나 엄청난 장비 및 항공기 사용료로 인하여 도중에 포기한 적이 있다. 학술적으로는 해수의 온도를 고려하여 분광밴드를 주성분 분석으로 처리한 사례[2]와 기상인자인 강수광과 바람, 기온 등을 이용했다[4].

3. 원격탐사 영상의 질감 특징 표현

3.1 원격탐사 영상의 특징

원거리에서 대상물체의 특징을 정확히 판단하기 위해서는 다양한 파장대에서 얻어진 영상자료의 중첩을 통해 그 물체의 분광 특성을 분석하는 것이 필수적이다. 따라서 모든 물질은 전자기파 중 특정한 파장의 전자를 흡수하거나 반사하는 고유한 특성을 가지는데, 이 특성에 의해 어떠한 표적물로부터 반사되거나 복사되는 에너지의 세기는 물체의 특성에 따라 다르게 나타난다. 본 논문에서 사용한 Landsat 위성의 ETM+ 센서는 육지의 식물분포를 감지하는데 활용되며 바다의 식물성 프랑크톤의 분포량에도 적용이 가능하다. 또한 이 위성은 해상도가 30m로 1km 해상도를 지닌 NOAA나 SeaWiFS보다 고해상도 위성이다.

3.2 적조 현상의 특징

적조현상이란 해양에 서식하는 식물성 플랑크톤이나 그 외 박테리아나 미생물이 번식에 알맞은 환경조건이 될 때 일시에 많은 양이 번식되거나 또는 물리적으로 집적되어 바닷물의 색깔을 변색시키는 현상을 말한다. 이러한 적조발생은 첫째, 지형적으로 내만성이며 외양과의 해수교환이 적은 폐쇄성 해역에서 많이 발생하고 둘째, 육지로부터 강우 등으로 인하여 적조생물의 성장과 번식에 필요한 비료성분인 영양염류가 유입되어 바닷물속에 풍부하게 녹아 있어야한다. 또한 적조발생은 유동하는 수중에서 일어나는 점에서 적조생물의 집적과 같은 역학적 물리 환경작용도 직접 관여하고 있다. 해석은 적조 생물에 따라 다르지만 일반적으로 규조류인 Chaetoceros와 Skeletonema는 황갈색을, 그리고 편모조류인 Heterosigma, Prorocentrum, Eutreptiella는 적갈색 또는 황록색을 나타낸다. 이는 적조생물마다 광학적인 반사 스펙트럼 즉, 해석이 다르다는 것에 착안한다. 그러나 이것은 식물성 플랑크톤의 종들이 해수에서 고르게 분포되어 전부 단일 색을 나타낸다는 가정 하에 만들어진 것이며 적조는 발생 초기에는 복합종이며 무독성이나 점차 발전하면 단일종이고 유독성으로 변하는 특징이 있다[3].

3.3 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 적조 영역의 검출에 있어서 영상이 가지는 무늬 구조를 이용하면 일정 수준의 분할이 가능하게 된다.

Haralick는 질감 구별을 위한 특징으로 GLCM을 제안하였다[7]. GLCM 요소의 값은 영상에서 그레이 레벨 i 와 j 를 가진 두 픽셀이 거리 d 만큼 떨어져 있을 때 상대적인 발생 빈도를 확률변수로 나타내는 특징이 있다. 이 원리를 적용하면 영상 크기가 $M \times N$ 이고 거리가 d 이며 45° 간격으로 측정되는 GLCM의 빈도수 P_{ij} 를 정의할 수 있다. 일반적으로

영상은 256 그레이 레벨로 표현되나 본 연구에서는 행렬을 축소하기 위해 64 그레이 레벨만을 사용하였고 거리 d에 대해서도 제약을 주기 위하여 1에서 3까지 각각 0°, 45°, 90°, 135° 방향에 대한 행렬들을 계산하였다. 그리고 계산한 행렬에 대해 contrast, correlation, energy, entropy, homogeneity, maximum probability 등 6가지를 GLCM의 특징 표현으로 사용하였다.

이러한 각각의 질감특징에 대해 설명하면 contrast는 명암도 차이를 측정하는 특징으로 상대적으로 GLCM에서 대각선으로 멀리 떨어져 있는 P[i, j]요소에 대해서 높은 가중치를 가진다. correlation은 화소 쌍들이 인접할 확률이며 energy는 명암도의 균일함을 측정할 수 있는 특징이고 entropy는 변화하는 주기의 관찰에 대한 정도 즉, 좀 더 임의로 될수록 변수는 예측할 수 없고 구조가 없어지는 것을 말한다. homogeneity는 각 화소들 간의 균일함을 측정하기 위한 특징이며 maximum probability는 그레이 레벨값이 발생할 최대 확률을 나타낸다.

우리는 Landsat위성의 센서인 ETM+센서의 7가지 밴드 중 Blue 밴드인 1번, Green 밴드인 2번, Red 밴드인 3번 밴드를 이용하여 남해안 통영시 남부에 있는 미륵도 서안에 대해 컬러 영상을 만들고 이를 그레이 영상으로 변환하였다. 그리고 6가지의 질감 특징을 이용하여 원격탐사 컬러영상을 변환하였다.

4. 주성분 분석을 이용한 특징 추출

주성분 분석은 신호와 그것의 차원 축소간의 주된 차이점을 확인하는 방법이다. 주성분 분석은 결국 상관이 있는 변량들의 분산을 줄이는 견지에서 상관이 없는 변량의 집합으로써 기준축을 변환하여 특징벡터를 재배치하는 것을 말한다. 이러한 주성분 분석은 평균을 이용하여 식(1)과 같이 공분산 행렬을 계산한다.

$$C = \frac{1}{N-1} \sum_n (X_n - \mu)(X_n - \mu)^T \quad (1)$$

공분산 행렬을 통해서 n개의 근(λ_n)을 구할 수 있고 이들 근을 공분산 행렬의 고유값이라고 한다.

이 고유값을 이용하여 6개의 주성분 변환 영상을 획득할 수 있고 변환된 첫 번째 영상과 두 번째 영상의 고유값의 합은 10,027.6으로 전체의 합인 10,705.3의 94.6%를 차지하고 있다.

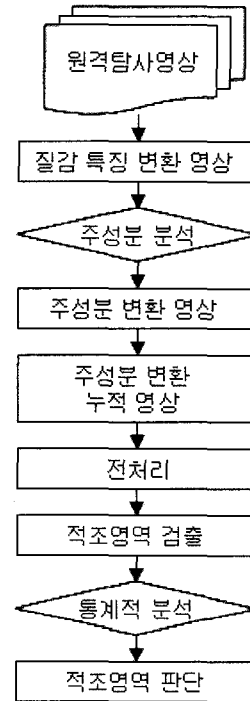
〈표 1〉 공분산 행렬에 대한 고유값

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	계
eigen value	7,785.8	2,341.8	299.6	136.1	100.7	41.1	10,705.3
비율	72.7%	21.9%	2.8%	1.3%	0.9%	0.4%	100%

5. 적조영역의 자동 검출

5.1 알고리즘 개요

본 논문에서는 먼저 입력되는 원격탐사 영상에 대하여 GLCM의 6가지 질감 특징을 이용해서 6개의 영상으로 변환한 후 주성분 분석을 수행하여 주성분 변환 누적 영상에서 적조영역을 검출한다. 전체적인 시스템의 흐름도는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 시스템 흐름도

5.2 적조영역 검출

본 논문에서는 적조영역을 검출하기 위해 주성분 변환 첫 번째와 두 번째를 합한 영상에 대해 모서리를 이용한 윤곽선 검출을 먼저 수행하였다. 이는 적조영역을 검출하기 위해 지역적인 기울기와 모서리 방향을 이용한 것이다.

다음으로 영역검출을 위해 형태학적 분기점에 의한 분할을 적용하였다. 이러한 알고리즘은 유역 변환으로 불리되며[6] 본 논문에서는 기울기를 이용한 유역 변환의 단점인 많은 수의 최소값으로 인하여 심하게 과분할되는 것을 문턱치 값을 적용한 알고리즘으로 해결하였다. 이는 영상에 속하는 연결 성분인 마커와 문턱치 값을 적용하여 기준이 되는 마스크를 이용한 방법이다.

6. 질감에 대한 통계적 특징 표현

영역을 묘사하는 중요한 방법은 그 질감을 정량화하는 것이다. 정량화하는 방법 중 본 논문에서는 적조로 검출된 영

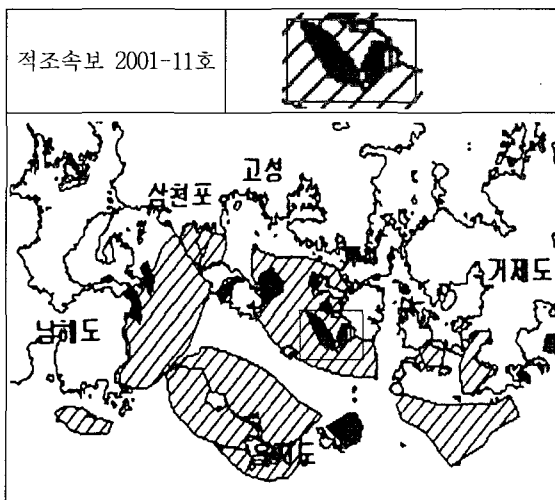
역에 대하여 통계적 측정 방법을 사용하였다. 질감 분석을 위해서 자주 사용하는 방법은 밝기 히스토그램에 대한 통계적 속성에 기반한다. 이는 통계적 적률에 기반하며 평균에 대한 n차 적률에 대한 표현식은 다음과 같다.

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (Z_i - m)^n p(Z_i) \quad (2)$$

여기서 z_i 는 영상의 밝기 정도를 나타내는 불연속 랜덤변수, 히스토그램 성분 $p(z_i)$ 는 밝기값 z_i 가 발생하는 확률이다. $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$ 이며, L 은 가능한 밝기 값들의 수이다. 평탄도(smoothness)는 영역에서 밝기의 상대적인 부드러운 정도를 측정한다. 3차 적률은 히스토그램의 비대칭 정도를 측정한다. 또한 이미 앞에서 질감특징을 표현하기 위해 사용한 contrast, correlation, energy와 entropy, homogeneity, 그리고 max probability,에 대해서도 통계적 특징을 정량화하였다.

7. 연구 결과

실험에 사용된 원격탐사 영상은 2001년도 8월 24일 한반도 동남해안을 Landsat위성의 ETM+센서로 촬영한 것이다. 영상 크기는 8794×7839화소의 bmp파일이며 면적이 180km×80km인 것을 관심영역인 통영시 남부 미륵도 서해안 영역에 234×149화소로 수작업을 통해 분할했다. 따라서 영상의 면적은 6.9km×4.2km이고 적조 영역의 크기는 넓은 좌측 부분이 2km×1km이며 좁은 우측 부분이 1km×1km이다. (그림 2)는 적조 당일 선박 및 항공기 관찰에 의해 수작업으로 작성한 국립수산물학원의 2001년도 적조속보 11호의 유해적조 발생 해역도이다.



(그림 2) 적조 발생해역도

7.1 적조영역 검출

원격탐사 그레이 영상과 주성분 분석 후 누적 비율이

94.6%인 주성분 변환 첫 번째 영상과 주성분 변환 두 번째 영상을 합한 영상, 그리고 주성분을 모두 가지고 있는 영상 등 3종류의 영상에 대해 적조영역을 검출하였다. 기존의 해석에 의한 방법인 원격탐사 그레이 영상은 윤곽선 검출로는 적조영역을 검출하는 것이 불가능하였고 영역검출은 적조영역이 해안선에 걸쳐있었다. 그러나 본 논문의 알고리즘을 적용한 영상은 윤곽선 검출이 해안가에 있는 작은 암초와 배 등과 비교할 수 있을 정도로 가능하였고 영역 검출도 해안가의 암초나 배등과 비교하여 작지만 가능했다. 주성분을 모두 가지고 있는 영상에 대해서는 윤곽선 및 영역 검출에 실패하였다. 이는 영상이 불필요한 성분을 가지고 있어 잡음의 역할을 함으로써 영상분할에 악영향을 미쳤음을 나타낸다.

7.2 질감의 통계적 특징에 의한 분석

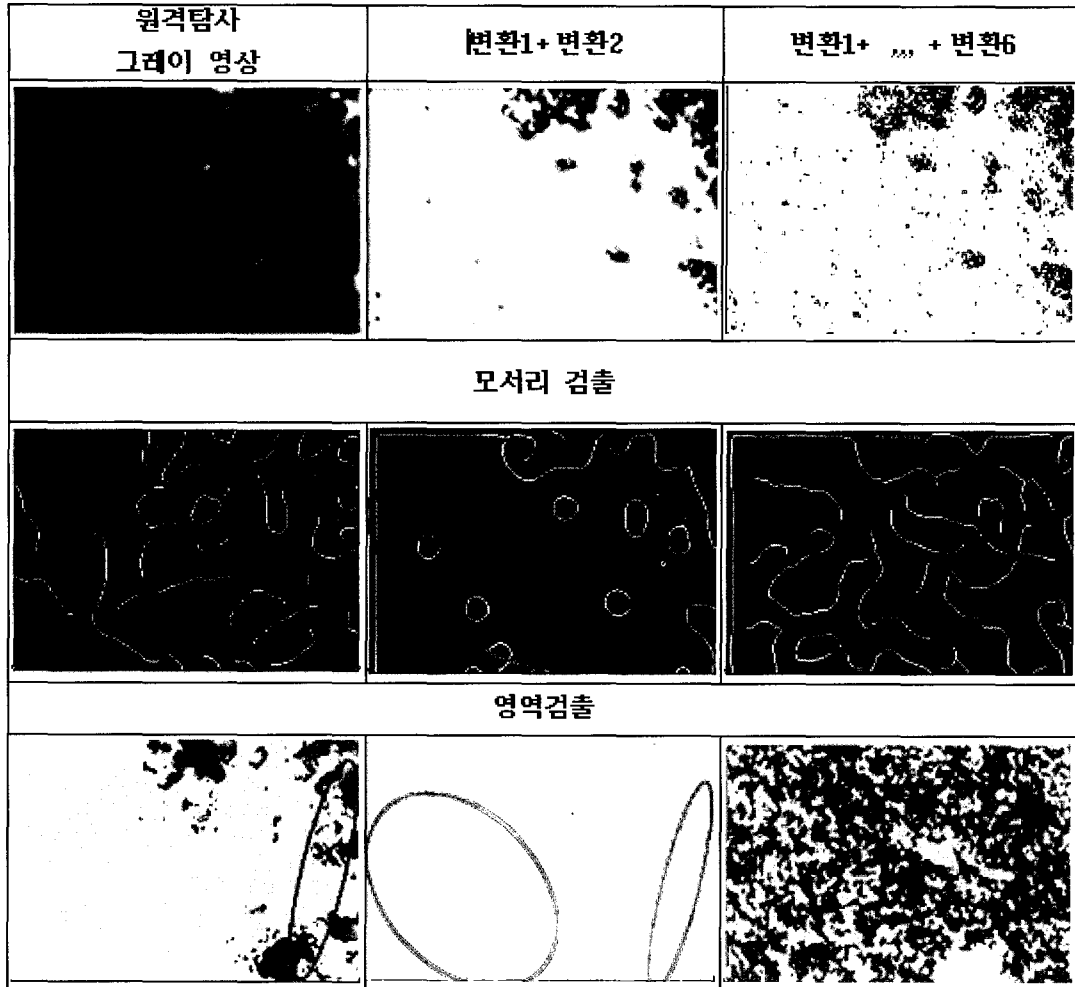
본 논문에서는 질감에 대한 통계적인 특징을 정량화하여 탁도가 높은 연안의 값과 실험에서 검출한 적조 영역의 값 그리고 청정해역인 외해의 값을 <표 2>와 같이 산출함으로써 상호 구분이 가능하였다. 열개 항목에 걸쳐 적조 영역은 평균과 표준편차 그리고 평탄도에서 대체로 연안과 외해의 중간 값을 유지하고 있었다. 그러나 히스토그램의 비대칭 정도를 나타내는 3차 모멘트는 연안과 외해에 비해 10배 이상의 차이가 났는데 이는 히스토그램의 중앙을 기준으로 오른쪽인 밝은 값들이 많이 있는 것을 나타내므로 적조의 밝기 특성이 연안의 탁류와 외해의 푸른 색과는 달리 광도가 크다는 것을 의미한다. 본 연구에서 사용한 질감 특징 정보인 contrast, correlation, energy, entropy, homogeneity, maximum probability는 연안과 외해의 값은 대체로 비슷하나 적조 영역은 차이가 있다. 이는 연안과 외해는 질감 특성이 적으나 적조 영역은 질감 특성이 크다는 것을 나타낸다.

<표 2> 질감의 통계적 특징

	연안	적조 구역	외해
평균	74.569	63.299	46.417
표준편차	5.6833	5.2022	4.0803
평탄도	0.00049649	0.00041602	0.00025597
3차 적률	0.0024547	0.026116	0.00018415
energy	0.056773	0.076311	0.067864
entropy	4.4536	3.9546	4.0568
maximum probability	0.0896	0.1124	0.0936
contrast	0.0187	0.0453	0.04065
correlation	0.1579	0.03845	0.0547
homogeneity	0.9906	0.9828	0.9797

8. 결론

본 논문에서는 원격탐사 영상의 적조영역에 대해 GLCM을 이용하여 질감 정보를 취득하고, 이 데이터로부터 주성분 분석을 통해 적조영역을 자동으로 검출하는 방법을 개발



(그림 3) 적조 영역 검출 결과

하였다. 그리고 적조영역의 질감에 대한 통계적 특징을 이용함으로써 탁류가 많은 연안 및 적조현상이 없는 바다와 비교하여 정량적으로 구분하였다. 효율적인 적조영역의 질감 표현을 위해 6개의 특징을 사용하였으며, 이로부터 2개의 주요 성분으로 표현을 압축시켰다. 연구결과 2개의 주성분 변환 누적 영상의 고유값은 94.6%로 이는 2개의 주성분이 거의 대부분의 정보를 가지고 있음을 알 수 있었다. 기존의 해석에 의한 적조 검출영역과 2개의 주성분 변환 누적 영상에 의한 적조 검출 영역을 비교한 결과, 본 논문에서 제시한 알고리즘의 타당성이 검증되었다. 또한 주성분을 모두 가지고 있는 영상은 오히려 불필요한 성분이 있어 분할에 저해요소가 됨을 알 수 있었다. 이는 모든 주성분을 가지고 있는 것보다는 영상데이터의 차원을 6개의 차원에서 2개의 차원으로 줄여야 적조영역을 더욱 효과적으로 검출할 수 있음을 의미한다. 그리고 검출된 영역에 대해 부유물이 있는 연안 및 청정해역인 외해와 질감에 대한 통계적 특징을 이용하여 적조영역 특성을 정량적으로 비교하였다.

본 논문에서는 적조를 일으키는 여러 생물 중 코클로디니움에 대해 적조영역을 검출하였으나 향후 여러 종류의 적

조 발생 미생물을 대상으로 한 실험이 필요하다. 특히 적조 초기에 연안에서 여러 미생물이 존재할 경우 나타나는 질감 측정이 필요하다. 그리고 본 논문에서 제시한 6가지의 질감 특징보다 적조 특성을 더욱 잘 나타낼 수 있는 질감 특징을 개발해야 하며, 적조영역을 효율적으로 검출할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다. 또한 해상도 1m급 등 고정밀 원격탐사 영상을 이용한 적조영역 검출도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 과학기술부 한국지질자원 연구원, “원격탐사 기술개발사업 활용분야 2차년도 요약 보고서”, pp.74-86, 2005.
- [2] 김진기, 전형섭, “원격탐사를 이용한 남해연안의 적조발생지 추출”, 대한 토목학회논문지, 제22권 제4D호 pp.791-799, 2002.
- [3] 국립 과학 수산원, <http://www.nfrid.re.kr/>
- [4] 윤홍주, 김승철, 윤양호, 김상우, “원격탐사를 이용한 한국 남해 중부해역에서의 적조 예찰 연구”, 한국해양정보통신

학회 춘계종합학술대회지, 제6권 제1호, pp333-337, 2002.

- [5] Jianxiang Chen, W. Huang, J. Yang, "Satellite Remote Sensing of the Oceanic Environment in China", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05. Proceedings. IEEE International Vol. 2. pp.1018-1020, 2005.
- [6] Lue Vincent, Piecent Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion simulations", IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 13, No 6, pp.583-598, 1991.
- [7] R. M. Haralick, "Statistical and structural approaches to texture", Proc. Of the IEEE, Vol.67, No.5, pp.786-804, 1979.
- [8] S. Palanisamy, Y. H. Ahn, J. H. Ryu, J.E. Moon, "Appllication of Optical Remote sensing Imagery for Detection of Red tide Algal in Korean waters", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05. Proceedings. IEEE International Vol. 2. pp.1912-915, 2005.
- [9] W. Takahashi, H. Kawamura, T.Omura, K. Furuya, "Detecting Red Tides in the Eastern seto Inland Sea with Satellite Ocaen Color Imagery", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05. Proceedings. IEEE International Vol. 2. pp.1924-1927, 2005.

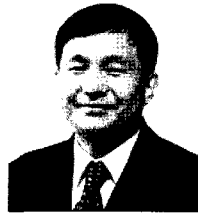


서형수

e-mail : shipilot@empal.com

1998년 해군사관학교 전자공학과(학사)
 1999년 국방대학원 전자계산학과(공학석사)
 2001년 해군 항공 조종사 소령 전역
 2001년~현재 전남대학교 컴퓨터공학과
 (박사과정)

관심분야: 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어 응용, 신호처리, 해양 위성학



이철우

e-mail : cwlee@chonnam.ac.kr

1986년 중앙대학교 전자공학과(학사)
 1988년 중앙대학교 전자공학과(공학석사)
 1992년 일본 동경대학교 전자공학과
 (공학박사)

1996~현재 전남대학교 컴퓨터 공학과 교수

관심분야: 영상처리, 멀티미디어 응용