

주성분분석과 원형율을 이용한 적조생물 인식

정회원 박 선*, 종신회원 이연우**, 정회원 정민이***, 이성로****°

Red Tide Algae Recognition using PCA and Roundness

Sun Park* *Regular Member*, Yeonwoo Lee** *Lifelong Member*,
Min A Jeong***, Seong Ro Lee****° *Regular Members*

요 약

적조란 유해조류의 대 번식으로 바다물의 색깔이 변하는 자연현상이다. 적조의 피해가 증가함에 따라서 적조에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 자동으로 적조류를 분류하는 연구는 미흡한 실정이다. 적조류는 영상 객체를 일치 할 수 있는 기준 중심 특징이 없기 때문에 인식이 어렵다. 이 때문에 기존에 연구들은 단순히 몇 종류의 적조류만을 분류에 이용하고 있다. 본 논문은 주성분분석과 영상 객체의 원형율을 이용한 새로운 적조류 인식 방법을 제안한다.

Key Words : red tide algae, image recognition, PCA(principle component analysis), roundness, entropy

ABSTRACT

Red tide is a natural phenomenon that change sea color by harmful algal blooms. There have been many studies on red tide due to increasing of red tide damage. However, to automatically classify the red tide algae is not enough. Recognition of red tide algae is difficult because they do not have matching center features for recognizing algae image object. Previously studies are used a few type of red tide algae for classification. In this paper, we proposed the red tide algae recognition method using PCA and roundness of image objects.

I. 서 론

적조(red tide)란 플랑크톤의 대량 번식으로 바다물의 색깔이 변하는 자연 현상을 말하는 것이었으나, 최근에는 적조 피해가 늘어나면서 적조를 유해조류의 대번식이란 의미로 사용하고 있다. 국내에서는 연안 산업화의 진행으로 적조현상이 증가하였으며, 90년대 이래로 양식장 등 수산업에 큰 피해를 주고 있다. 적조의 수산 피해를 최소화하기 위하여서 국립수산과학원에서는 선박, 육상, 항공 감시를 통하여 적조예보를 발령하고 있다^[1].

적조생물의 종류를 보면, 전 세계적으로 적조 발생 종은 200여 종 정도가 확인되고 있으며, 국내에서는

녹조류 4종을 포함하여 60여 종으로 편조류와 규조류가 대부분이며 원생동물인 섬모충이 1종 있다. 이중 유해조류는 어류 치사 종이 4종, 설사성 패독종 4종, 신경성 패독종 및 마비성 패독종이 각각 1종 있다^[1].

국내의 대부분 적조 감시는 사람의 손에 의존하고 있기 때문에 많은 시간과 예산이 소모되고 있다. 이 때문에 자동화된 효율적인 적조정보시스템이나 분류 방법 등이 필요하다. 국내의 적조정보에 대한 자동화 처리 방법에 대한 연구로는 적조 발생의 시공간 분석을 위한 적조정보시스템^[2], 시공간적인 적조 생물종의 분포 특성을 파악하기 위한 적조데이터베이스^[3], 지리 공간 정보시스템을 이용한 적조발생지의 공간결정연구^[4], 조류 측정 장치^[5], 위성영상을 이용한 적조탐지

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2010-0028295)

* 목포대학교 정보산업연구소(sunpark@mokpo.ac.kr), ** 목포대학교 정보통신공학과(ylee@mokpo.ac.kr),

*** 목포대학교 컴퓨터공학과(majung@mokpo.ac.kr), **** 목포대학교 정보전자공학과(srlee@mokpo.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-02-090, 접수일자 : 2011년 2월 7일, 최종논문접수일자 : 2011년 10월 24일

[6], 사례 기반 추론을 이용한 적조 예측[7] 등이 있다. 이들 연구는 대부분 기존 적조 발생 정보나 적조예보 자료를 기반으로 적조의 영향 분석이나 유해 적조 분류 및 예측에 대하여 연구하고 있다. 또한 위성으로부터 수신되는 해양 자료 등을 이용하여 해양 상의 적조 분포 및 영향이나 분류에 대한 연구에 그치고 있다. 그에 비해 국외의 적조정보에 대한 자동화 처리 방법에 대한 연구는 적조류를 실시간 자동으로 수집하여 영상화^[8]하고, 수집된 적조 생물의 영상 인식을 통하여 적조류를 분류^[9-11]하며, 위성 및 실시간 해양 환경 정보를 통하여 적조 분류 및 예측^[12] 등 다양한 분야에서 다각적인 연구가 이루어지고 있다. 적조류에 대한 연구를 진행하기 위해서는 적조류의 종류와 적조 생물 밀도(개체/ml)를 정확히 파악해야 한다. 그러나 국내에서의 적조류 분류 및 개체 수 파악에는 대부분 수작업에 의존하고 있다. 적조류의 개체 수를 파악에는 센서를 이용하여 자동화 방법^[14]에 대하여 어느 정도 진행되고 있으나 수집된 적조생물 영상자료로부터 적조류를 분류하는 연구는 아직 미흡한 편이다. 이는 국내의 연안 및 근 해역에서는 60종 이상의 적조류가 발생하고 있으며, 이들의 형태 또한 수만큼이나 다양한 모양을 보이고 있어서 자동화된 분류방법을 이용하는 데에 제한 사항으로 작용하고 있다.

특히 적조류 영상 간에 일치시킬 수 있는 기준점이 없어서 적조류 영상 인식을 더욱 어렵게 하고 있다. 예를 들면, 사람의 얼굴인식은 어느 정도 동일한 형태의 특징인 눈, 코, 입, 귀 등 영상 간에 일치시킬 수 있는 기준 특징들을 가지고 있다. 그러나 적조류는 너무 다양한 형태를 보이기 때문에 이러한 기준 특징들을 파악하기 힘들다. 이 때문에 이전 관련연구들을 보면 SVM, 베이지안 분류자, 퍼지 c-means 등^[9-11]을 이용하여서 자주 발생하는 몇 종류의 유해 적조를 중심으로 학습하여서 대부분 단일 분류를 하고 있다. 이는 요즘과 같이 2~3종의 복합 적조가 늘어나는 추세에서 정확한 분류가 어려운 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법은 국내에서 발생하는 모든 적조의 특징을 파악하여서 학습함으로써 해결할 수 있다.

본 논문에서는 국내 해역에서 발생하는 적조류를 자동으로 분류하기 위한 방법에 대하여서 연구한다. 적조류 자동 분류를 위하여서 본 논문의 제안한 방법은 주성분분석(PCA; principal component analysis)방법을 이용하여서 63종의 적조류를 학습하고, 적조류 영상 간에 일치시키기 위하여 영상 객체의 원형율을 이용하여 기준 특징을 추출하였으며, 영상 객체의 엔

트로피를 이용하여 정확한 적조류 영상을 인식한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련된 구로 적조류 영상 분류와 주성분분석에 대하여 알아 보고, 3장에서는 제안방법을, 4장에서는 적조류 영상 인식 결과를, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련연구

2.1 적조 영상 인식

Jiang의 저자들은 베이지안 분류자와 SVM을 이용한 적조류 분류방법을 제안하였다. 이들의 방법은 베이지안 분류자를 이용하여서 오염되거나 알려지지 않은 적조류를 제거하고, SVM을 이용하여서 적조류를 단일 분류한다^[11]. 그러나 알려지지 않은 적조류나 오염된 객체를 인식하는 데에는 좋은 성능을 보이지 않는다. 또한, 적조 분류의 학습 평가에는 8종의 적조류만 사용하여서 단일 분류하였다. Jiang의 저자들은 적조류 인식을 위하여 2단계 분류자를 사용한 방법을 제안하였다. 첫 번째 분류자인 SVDD(support vector data description)는 오염된 객체나 알려지지 않은 적조류를 제거하는 데에 사용하며, 두 번째 분류자인 SVM(support vector machine)은 적조류를 미리 분류된 분류 계층으로 분류한다^[9]. 이들의 방법은 9세종인 8종의 적조류만 학습에 이용하였으며 이들 방법 역시 적조 영상의 단일 분류에 중점을 두었다. Lili의 저자들은 적조류 분류를 위하여 SVM과 FCM(fuzzy c-means)군집방법을 이용하였다. 이들 방법은 먼저 SVM을 이용해서 검정 표본에 분류 표시를 하고, 확률 방법으로 잘못 분류된 자료를 FCM을 이용하여서 다시 분류 표시한다^[10]. 이들 방법 역시 5종의 적조류를 학습하는 데에 이용하였다. 이들 방법^[9-11]들은 소량의 학습된 적조류 이외의 적조류를 인식하는 데에는 어려움을 가지고 있으며, 단일 분류에 중점을 두고 있다.

2.2 주성분분석

주성분 분석(PCA; principal component analysis)은 상관관계가 높은 자료를 선형 변환하여 고차원의 정보를 유지하면서 저차원으로 차원을 축소하거나 중복을 제거하는 통계적 방법이다. 주성분 분석은 주로 신호처리, 특징 추출, 자료의 차원 감소, 영상 인식 등 많은 분야에서 사용된다. 특히 영상 인식 분야에서는 영상 자료의 특징 추출에 매우 효율적인 방법의 하나이다^[13].

주성분 분석을 이용한 영상 인식은 Turk와 Pentland^[14]에 의해서 얼굴인식 분야에 적용되었다. 주성분 분석에서 영상 집합에 대한 공분산 행렬의 고유벡터가 자료 사이의 상관관계를 제거하는 기저벡터가 된다. 각 영상은 고유벡터의 선형 결합으로 원본영상을 복원할 수 있다. 영상 집합으로 유도되는 고유벡터는 상위 몇 개의 고유벡터를 이용하여서 영상을 인식할 수 있다. 즉 영상보다 적은 수의 고유벡터를 이용하여서 영상 집합의 모든 영상을 인식할 수 있다.

주성분 분석을 이용하여서 영상으로부터 고유벡터를 얻는 방법은 다음과 같다. 하나의 영상은 $N^2 \times 1$ 벡터로 표현되며, 학습 영상은 M 개의 영상 X_1, X_2, \dots, X_M 에 대한 평균으로 표현된다. M 개의 영상에 대한 평균은 식(1)과 같다.

$$\bar{X} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \quad (1)$$

각 영상 X_i 는 식(1)에서 계산된 영상의 평균과의 차인 편차 $\Phi = X_i - \bar{X}$ 를 구함으로써 일반화한다. 영상의 편차로 구성된 행렬 A 에 A^T 를 곱하여서 식(2)과 같이 공분산행렬을 계산한다.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (X_n - \bar{X})(X_n - \bar{X})^T \quad (2)$$

공분산 행렬은 고유값과 고유벡터를 구하는 데에 이용한다. 즉, 영상의 공분산 행렬은 주성분 분석에 의해 다음 식(3)과 같이 나타낼 수 있다. 그리고 이로부터 고유벡터 e_i 와 고유상수 λ_i 를 구할 수 있다.

$$C = UAU^T \quad (3)$$

여기서 U 는 공분산 행렬의 고유벡터 e_i 를 고유값에 따라서 정렬한 $U = [e_1, e_2, \dots, e_M]$ 이고, U^T 는 U 의 전치 행렬이다. Λ 는 고유상수 λ_i 를 i 번째 열의 원소이고 모든 비 대각 원소가 0인 대각행렬이다. 이렇게 구해진 고유공간에 평균을 뺀 영상을 입력하여 투영시키면 식(4)와 고유벡터 영상 인식에 사용되는 가중치 벡터 W 를 구할 수 있다^[14].

$$W = U^T \Phi \quad (4)$$

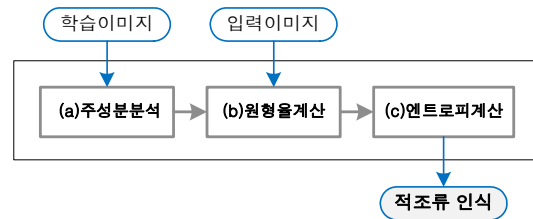


그림 1. 제안된 적조류 인식 블록도

III. 제안방법

본 논문에서 제안한 적조류 인식 과정은 그림 1과 같이 주성분분석, 원형율계산, 엔트로피계산 단계로 구성된다. 주성분분석단계에서는 국내 해역에서 발생하는 적조류 영상에 주성분분석을 적용하여서 학습한다. 원형율계산 단계에서는 입력영상과 학습영상의 원형율을 계산하고, 이 원형율에 가장 근접한 영상을 선택하여서 후보 인식 영상 집단을 구성한다. 엔트로피계산단계에서는 구성된 후보 인식 영상 집단의 각각의 영상의 엔트로피를 계산하여서 가장 엔트로피가 유사한 영상을 인식영상으로 선택한다.

3.1 주성분분석에 의한 적조류 영상 학습

이 장에서는 주성분분석을 이용하여 국내 해역에서 발견되는 63종의 적조류를 학습한다. 학습에 사용되는 63종의 학습 영상은 국립수산물품질관리원 적조정보 홈페이지^[11]에서 가져온 자료이다.

그림 1(a)과 같이 주성분분석에 의한 적조류 영상 학습방법은 다음과 같다. 첫 번째 단계는 학습영상의 벡터집합을 구성한다. 이때 각 영상의 크기를 115×95 픽셀로 고정하였으며, 대부분의 영상은 중앙에 중심이 일치하도록 하였다. 두 번째 단계에서는 배경과 빛에 의하여 발생하는 에러를 줄이기 위해 평균과 분산을 기준으로 모든 영상을 정규화 한다. 세 번째 단계에서는 식(1)을 이용해서 평균 영상 벡터를 계산하고, 계산된 평균 영상 벡터와 식(2)을 이용하여 학습 영상 벡터집합의 공분산 행렬을 계산한다. 네 번째 단계에서는 식(3)을 이용하여 주성분을 계산한다. 마지막 단계에서는 식(4)과 입력 영상을 이용하여 적조류를 인식할 수 있다.

63종의 학습 적조류 영상은 각기 다양한 형태를 보여 주고 있기 때문에 기준이 되는 중심을 일치시킬 수 없는 문제를 가지고 있다. 즉, 그림2와 같이 같은 입력 영상이라도 영상 객체의 위치가 다르면 다른 영상을 인식하는 문제를 가지고 있다. 그림 2(a)에서 *Cochlodinium P.* 영

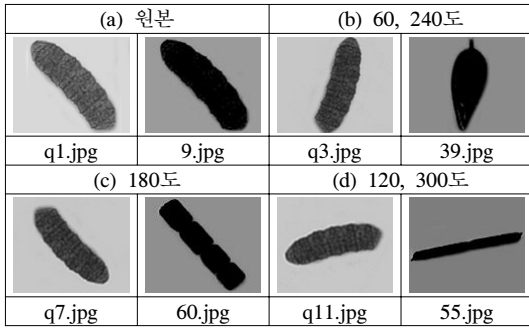


그림 2. 주성분분석을 이용한 영상 각도변화에 따른 영상 인식 결과

상(q1.jpg)을 입력하면 *Cochlodinium* P.의 고유영상(9.jpg)을 인식한다. 그러나 그림2(b)에서는 *Proocentrum* T.의 고유영상(39.jpg), 그림2(c)에서는 *Lauderia* B.의 고유영상(60.jpg), 그리고 그림2(d)에서는 *Rhizosolenia* I.을 인식하는 것과 같이 입력 영상의 위치에 따라서 다른 적조류를 인식하는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 사용된 입력 영상(q1.jpg)은 국내에서 가장 피해를 많이 준 *Cochlodinium* P.에 대하여서 구굴검색엔진의 영상검색 결과를 이용하였다.

3.2 원형률계산에 의한 인식 후보 적조류 선택

주성분분석만을 이용하여 적조류 영상을 인식할 경우에는 적조류 영상에 대한 중심 기준점이 없기 때문에 영상에 객체가 위치하는 장소나 각도에 따라서 전혀 다른 영상을 인식하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 그림1(b)과 같이 적조류 객체의 원형률을 계산하여 입력 영상에 가장 근접한 원형률을 선택하는 방법을 제안하였다. 즉 영상 객체가 얼마나 원형모양에 가까운가를 판단하여 유사한 영상으로 분류한다. 본 논문에서는 원형모양에 가까울수록 원형률이 1의 값을 가지며, 수평에 가까울수록 0의 값을 가진다. 다음 식(5)은 영상 객체의 원형률을 계산하는 식이다¹⁵⁾.

$$R(I) = \frac{4 \times \pi \times area}{perimeter^2} \quad (5)$$

여기서 I는 115×95 행렬로 구성된 그레이 영상이고, π는 원주율로 3.1416, area는 원형율을 구하고자 하는 객체의 면적, perimeter는 객체의 주변길이다.

표 1은 학습 적조류 영상에 대한 적조류 영상 원형율의 계산된 값을 정리한 것이다. 본 논문에서 사용되는 입력 영상의 원형율은 표 1(e)의 0.5~0.6사이

표 1. 학습 적조류 영상의 원형율 값

(a) 0~0.1		(b) 0.1~0.2		(c) 0.2~0.3		(d) 0.3~0.4		(e) 0.4~0.5	
영상	원형율	영상	원형율	영상	원형율	영상	원형율	영상	원형율
49	0.0869	16	0.1974	15	0.2949	31	0.3929	10	0.4989
63	0.0623	54	0.1953	55	0.2612	51	0.3816	1	0.4941
50	0.0612	59	0.1412	57	0.2252	52	0.3655	41	0.4832
45	0.0466	56	0.1243	6	0.2234	2	0.3651	47	0.4687
44	0.0395	5	0.1226			11	0.3524	7	0.4528
43	0.0261	62	0.1168			58	0.3432	60	0.4398
		4	0.1106			29	0.3226	53	0.4395
								32	0.4187

(e) 0.5~0.6		(f) 0.6~0.7		(g) 0.7~0.8		(h) 0.8~0.9	
영상	원형율	영상	원형율	영상	원형율	영상	원형율
22	0.5955	24	0.6378	19	0.7981	30	0.8816
33	0.5919			25	0.7925	46	0.8667
3	0.5789			14	0.7906	17	0.8546
8	0.5785			18	0.7837	20	0.8302
13	0.574			42	0.7787	38	0.826
48	0.5626			37	0.7419	28	0.8175
40	0.5459			12	0.7406		
39	0.5404			21	0.7283		
9	0.5241			27	0.7272		
23	0.5076			34	0.7234		
				26	0.7178		
				35	0.712		
				36	0.7116		

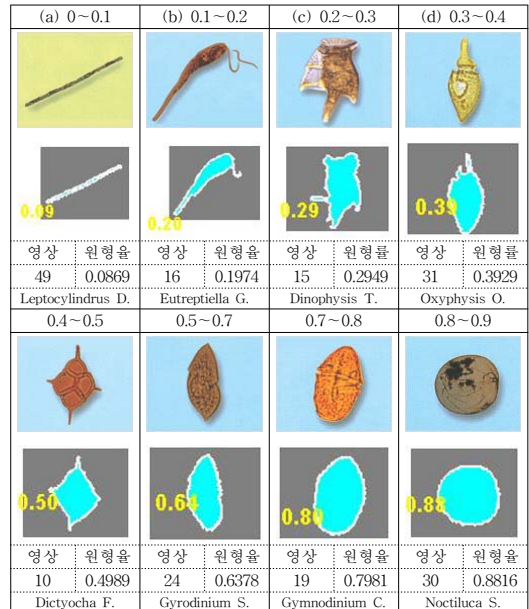


그림 3. 원형률 값에 따른 학습 적조류 영상 샘플

함되는 것을 알 수 있다. 또한 0.5~0.6사이의 원형율에 포함되는 적조류는 총 9종이 있다.

그림 3은 표 1의 각 단계별 원형율에서 가장 큰 원형율 값을 가지는 학습 영상을 보여준다. 그러나 그림

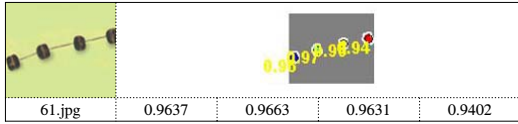


그림 4. 원형율이 열외값(outlier)을 갖는 영상

4와 같이 4개의 원형으로 구성된 *Thalassiosira D.*와 같은 경우 4개의 원형율 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이 때문에 본 논문에서는 *Thalassiosira D.*를 열외 영상으로 지정하였다.

3.3 엔트로피 계산에 의한 적조류 인식

입력 영상(q1.jpg)에 대한 원형율을 계산하더라도 표1(e)과 같이 서로 비슷한 원형율 값을 가지는 적조류 영상이 10종이 있다. 이러한 10종의 인식 후보 적조류로부터 입력 영상에 일치하는 적조류를 인식하기 위하여 본 논문에서는 그림1(c)과 같이 각 후보 적조류 영상의 엔트로피를 계산하여 입력 영상의 엔트로피에 가장 가까운 적조류 영상을 인식한다. 각 영상에 대한 엔트로피 계산은 식(6)과 같다. 본 논문에서는 엔트로피계산 이전에 영상 객체를 흑백영상으로 변환하여 잡음을 제거하였다.

$$Entropy(I_{bw}) = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i) \quad (6)$$

여기서 I_{bw} 는 115×95 행렬로 구성된 흑백 영상이고, p 는 흑백영상 I_{bw} 의 히스토그램으로 나타 낼 때에 히스토그램의 수이다^{15,16}.

IV. 적조류 인식 및 실험 결과

본 장에서는 제안방법에 의한 적조류 인식결과에 대한 인식절차의 예와 실험결과를 보인다.

예 1) 표 2와 그림 5는 제안방법을 이용한 적조 영상 인식절차를 예로 나타낸 것이다. 여기서 표 2는 제안 방법의 각 단계별 중간 결과로, 표 2(a)는 주성분분

표 2. 제안방법의 각 단계별 결과

과일	q1.jpg	9.jpg	39.jpg	60.jpg
(a) 흑백영상				
(b) 원형율	0.5542	0.5241	0.5404	0.4398
(c) 엔트로피	0.8654	0.8769	0.6608	0.7426
(d) 적조류	Cochlodinium P.	Cochlodinium P.	Prorocentrum T.	Lauderia B.

석만을 적용했을 때 인식된 4종(9.jpg, 39.jpg, 55.jpg, 60.jpg)의 적조류이며, 표 2(b)는 입력 영상의 원형율 값으로, 입력 영상의 원형율에 근접한 2종중에서 *Cochlodinium P.*(9.jpg/0.5241)보다 *Prorocentrum T.*(39.jpg/0.5404)가 입력영상에 더 가까운 것을 알 수 있다. 또한, 표2(c)는 입력 영상에 가장 근접한 엔트로피를 갖는 1종이 *Cochlodinium P.*(9.jpg/0.8769)임을 알 수 있다.

그림 5는 제안방법과 *Cochlodinium P.* 입력 영상(q1.jpg)을 이용하여서 표2의 절차에 따라서 인식된 최종 영상인 *Cochlodinium P.*이다.

실험 1) 본 논문의 실험 자료로 국립수산과학원의 적조정보시스템¹¹으로 부터 가져온 63종의 적조 영상과 구글의 영상 검색¹⁷으로 검색된 15종의 적조 영상에 대하여 각각 5개를 검색하여 총 138개의 영상을 이용하여 학습하였다. 또한 평가를 위하여서 15종의 적조 영상 각각에 대하여 총 500개의 적조 영상을 검색하여서 평가 자료로 구성하였다. 각 영상의 크기를 115×95 픽셀과 그레이칼라로 변환하였으며, 영상은 중앙에 중심이 일치 하도록 하였다. 평가 척도로 인식 결과의 정확률을 이용하였고, 평가 방법은 제안방법과 이전 적조 영상 인식 방법 간의 정확률을 비교하였다.

그림 6은 제안방법과 비교방법간의 평균 정확률을 비교 결과이다. 그림4에서 SVM은 SVM을 이용하여서 적조를 분류하는 방법이고^{9,11}, NB는 나이브베이즈인 분류자를 이용한 방법이며¹¹, FCM은 퍼지 c-means를 이용한 방법이다¹⁰. 마지막으로 PCA는 본 논문의 저자들이 제안한 방법으로 주성분분석과 영상 객체의 원형율을 이용한 적조 인식 방법이다.

평가결과 제안방법인 PCA가 FCM에 비해서는



그림 5. 제안방법을 이용한 영상 인식 결과

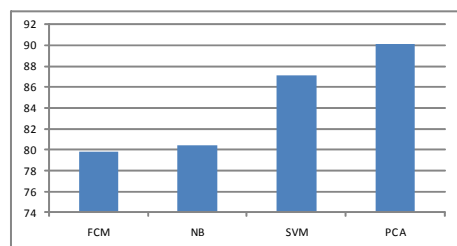


그림 6. 정확률 비교 결과

10.3%가, NB에 9.7%가, SVM에 비해서는 3%의 평균 정확률이 더 높다. 이는 제안방법과 비교하여서 차이가 많이 나는 이유는 FCM, NB, SVM의 경우 적조 영상들의 크기만을 일치시키고 제안방법과 같이 중심 특징을 고려하지 않고 단순 분류만 이용하기 때문인 것을 생각된다.

V. 결 론

유해조류인 적조의 피해가 증가함에 따라서 국내에서는 적조에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 현재까지는 자동으로 적조류를 인식하는 연구는 미흡한 실정이다. 적조류 인식은 영상을 분류할 수 있는 중심 기준 특징이 없기 때문에 다른 영상 객체에 비하여서 자동으로 인식하기 어렵다. 이 때문에 기존 연구들은 단순히 몇 종류의 적조류만을 이용하여서 대부분 단일영상을 중심으로 분류하고 있다. 이 때문에 요즘과 같이 2~3종이 복합적으로 발생하는 적조를 분류시 한종의 우세종의 적조만을 중심으로 분류하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위하여서 주성분분석과 영상 객체의 원형율을 이용한 새로운 적조류 인식 방법을 제안한다. 제안된 방법은 주성분분석을 이용하여 학습영상을 고유벡터로 만들고, 각 학습영상과 입력영상의 원형율을 계산하여 입력 영상에 가장 근접한 영상을 선택하여 후보 영상을 선택한다. 선택된 후보 영상의 엔트로피를 계산하여 엔트로피가 가장 일치하는 영상을 최종 영상으로 선택한다. 제안방법은 엔트로피와 원형율을 이용하여 적조류 영상의 중심기준점이 없이도 영상을 인식할 수 있다. 이 때문에 제안방법은 국내에서 발생하는 63종의 적조에 대하여서 다중 분류할 수 있는 장점을 갖는다.

본 논문에서는 학습을 위해서 미리 가공되어진 63종이 영상을 국립수산과학원의 적조정보 홈페이지에서 가져와서 이용하였다. 그러나 실제 적조류 영상은 주변 환경, 또는 위치나 빛에 따라 많은 왜곡을 발생시킬 수 있다. 이 때문에 향후 연구는 실시간으로 수집되는 적조류에 적용이 필요하며, 실제 환경 변수를 반영한 처리 방법이 개발되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 국립수산과학원 적조정보 홈페이지 <http://portal.nfrdi.re.kr/redtide/index.jsp>
 [2] 정종철, "적조정보시스템의 GIS데이터베이스화

연구", *한국GIS 학회지* 12(3), pp.36~38, 2004.
 [3] 정종철, "GIS를 이용한 적조의 시공간적 분포 분석", *한국GIS 학회지* 13(3), pp.253~260, 2005.
 [4] 김진기, "GSIS를 이용한 적조발생지의 공간결정 연구", *한국지형공간정보학회지*, 15(2), pp.51-57, 2007.
 [5] B. C. Kim, H. W. Kang, Y. H. Kim, "Measurement of Algae Population for Red-Tide Prediction", *SICE-ICASE International Joint Conference*, pp.4684~4687, 2006.
 [6] 김용민, 변영기, 허용, 유기윤, "MODIS Level 2 DATA를 이용한 *Cochlodinium Polykrikoides* 적조 탐지", *대한토목학회논문지*, 27(4D), pp.535~540, 2007.
 [7] 송병호, 정민아, 이성로, "사례 기반 추론을 이용한 적조 예측 모니터링 시스템 구현 및 설계", *한국통신학회논문지*, 35(12), pp.1819~1826, 2010.
 [8] J. Dai, B. Wang, J. Xie, "A real time algae imaging system", *High technology letter*, pp.1316~1320, 2006.
 [9] T. Jiang, C. Wang, B. Wang, J. Xie, N. Jia, T. Luo, "Real-time Red Tide Algae Recognition using SVM and SVDD", *In proceeding of International Conference on Intelligent Computing and Intelligent System (ICIS)*, pp.602-606, Oct. 2010.
 [10] X. Lili, J. Tao, X. Jiozhen, Z. Shaoping, "Red Tide Algae Classification Using SVM-SNP and Semi-supervised FCM", *In proceeding of International Conference on Education Technology and Computer (ICETC)*, pp.389-392, Jun. 2010.
 [11] T. Jiang, C. Wang, B. Wang, J. Xie, N. Jiao, T. Luo, "Real-time Red Tide Algae Classification Using Bayes Classifier and SVM", *In proceeding of International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE)*, pp.2888-2891, May 2008.
 [12] F. Fdez-Riverola, J. M. Corchado, "FSfRT: Forecasting System for Red Tides", *Applied Intelligence* 21, pp.251~264, 2004.
 [13] 한학용, "패턴인식 개론 *MATLAB* 실습을 통한 입체적 학습", *한빛미디어*, pp.241-277, 2009.
 [14] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for

Recognition”, *Journal of cognitive Neuroscience*, 3(1), pp.71-86, 1991.

- [15] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, “Digital Image Processing Using MATLAB”, New Jersey, *Prentice Hall*, 2003.
- [16] J. Han, M. Kamber, “Data Mining Concepts and Techniques”, *Morgan Kaufmann*, 2006.
- [17] 구글 이미지 검색“[http://www.google.com/imgp?hl=ko](http://www.google.com/img/p?hl=ko)”, 2011.

박 선 (Sun Park)

정회원



1996년 2월 전주대학교 전자계산학과 졸업
 2001년 2월 한남대학교 정보통신공학과 석사
 2007년 8월 인하대학교 컴퓨터정보공학과 졸업
 2011년~현재 목포대학교 정보산업연구소 전임연구교수

<관심분야> 정보검색, 데이터마이닝, 데이터베이스, 해양생물 IT정보융합

정 민 아 (Min-A Jeong)

정회원



1994년 2월 전남대학교 전산통계학과 석사
 2002년 2월 전남대학교 전산통계학과 박사
 2005년 3월~현재 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레메틱스), 임베디드시스템

이 성 로 (Seong Ro Lee)

정회원



1987년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업
 1990년 2월 한국과학기술원 석사 졸업
 1996년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사졸업
 1997년 9월~현재 목포대학교

정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레메틱스응용분야, 임베디드시스템

이 연 우 (Yeonwoo Lee)

종신회원



1994년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
 2000년 2월 고려대학교 전자공학과 박사
 2000년10월~2003년12월 영국 Edinburgh 대학교 Research Fellow

2004년 1월~2005년 8월 삼성종합기술원
 2005년 9월~현재 국립목포대학교 공과대학 정보통신공학과, 부교수

<관심분야> 해상무선통신, e-Navigation, Cognitive Radio, 4G 이동통신