NMF와 이미지 보정을 이용한 적조 이미지 인식 향상

박선* · 이성로**

Enhancing Red Tide Image Recognition using NMF and Image Revision

Sun Park* · Seong Ro Lee**

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소
지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980) 및 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터
지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2011-C1090-1121-0007)

요 약

적조는 유해 조류의 이상 대량번식으로 바닷물의 색이 적색이나 황색으로 변하며, 어패류를 대량으로 집단 폐사시키는 등 바다환경에 좋지 않은 영향을 미치는 전 세계적인 자연현상이다. 국내에서는 90년대 이후로 어패류 양식장에 지속적인 피해를 입히고 있다. 적조 생물에 대한 연구는 수산업 피해가 증가함에 따라서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 자동으로 적조 이미지를 인식하여서 유해적조를 관별하는 적조이미지 검색에 대한 국내의 연구는 미흡한 실정에 있다. 특히 전 세계적으로 200여종의 적조 생물은 각기 다른 크기와 모양을 가지고 있기 때문에 이미지 인식을 위한 기준 특징을 추출하기 어렵다. 이 때문에 기존에 연구들은 몇 종류의 적조 생물만을 이미지 인식에 이용하고 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결 할 수 있도록 NMF(non-negative matrix factorization, 비음수 행렬분해)와 이미지의 회전각 보정을 이용한 새로운 적조 이미지 인식 향상방법을 제안한다.

ABSTRACT

Red tide is a temporary natural phenomenon involving harmful algal blooms (HABs) in company with a changing sea color from normal to red or reddish brown, and which has a bad influence on coast environments and sea ecosystems. The HABs have inflicted massive mortality on fin fish and shellfish, damaging the economies of fisheries for almost every year from 1990 in South Korea. There have been many studies on red tide due to increasing damage from red tide on fishing and aquaculture industry. However, internal study of automatic red tide image classification is not enough. Especially, extraction of matching center features for recognizing algae image object is difficult because over 200 species of algae in the world have a different size and features. Previously studies used a few type of red tide algae for image classification. In this paper, we proposed the red tide image recognition method using NMF and revision of rotation angle for enhancing of recognition of red tide algae image.

키워드

적조생물, 이미지 인식, 비음수 행렬분해, 회전각 보정

Key word

red tide algae, image recognition, NMF, rotation angle revision

* 정회원 : 목포대학교 정보산업연구소 전임연구교수(교신저자, sunpark@mokpo.ac.kr)
** 정회원 : 목포대학교 정보전자공학과 교수

접수일자 : 2011. 09. 15
심사완료일자 : 2011. 10. 13

I. 서 론

일반적으로 적조(red tide)란 일시적인 조류(algae)들의 대량 번식으로 바다물의 색깔이 적색이나 황색으로 변하는 자연현상을 말하였으나, 전 세계적으로 수산업에 피해가 지속적으로 증가하면서 유해 조류의 대번식이란 의미로 사용되고 있다. 국내에서는 1990년 이후 연안 산업화의 진행으로 적조현상이 증가하고 있으며, 특히 1995년에는 764억 원으로 역대 최대의 수산업 피해를 입히며 매년 적조에 대한 피해를 입고 있다. 이러한 적조 피해가 늘어남에 따라서 매년 방제작업과 적조 감시 작업으로 많은 예산을 소모하고 있다[1].

전 세계적으로 적조를 발생 시키는 적조 생물의 종은 200여 종 정도가 확인되고 있다. 국내에서는 녹조류 4종을 포함하여 60여 종의 적조 생물들이 발견되고 있다. 이들 중에서 국내의 수산업에 피해를 일으키는 유해조류는 어패류 폐사종 4종과 패독증 유발종 3종을 포함한 총 7종이 있다. 어패류 폐사종은 독성 물질을 생성하여서 어류나 패류를 직접 치사시키는 독성물질을 생성하는 종으로 *coccolodinium polykoides*, *heterosigma akashiwo*, *gymnodinium mikimotoi*, *gyrodinium sp* 등이 있다. 패독증 유발종은 굴, 홍합 등의 패류를 독화시켜 사람이 먹으면 마비성 패독증을 일으키는 *alexandrium tamarense*, *dinophysis acuminata*, *nitzschia pungens f. multiseries* 등이 있다. 이들 유해적조류들중 국내에서는 특히 *coccolodinium polykoides*에 의한 양식업의 피해가 가장 크다[1].

적조를 연구하기 위해서는 적조류의 종류와 적조생물 밀도(개체/ml)를 정확히 파악해야 하나 국내에서는 대부분 수작업에 의해 이루어지고 있다. 적조 생물의 개체 수를 검사하는 방법으로 센서를 이용[2]한 연구가 국내에서 어느 정도 진행되고 있으나 수집된 적조생물 이미지 자료로부터 적조 생물을 분류하는 연구는 아직 초기단계에 있다.

국내 해역에서는 발생하는 60종의 적조류들은 종의 수만큼이나 다양한 모양을 보이고 있어서 자동화된 분류방법을 이용하는 데에는 제한 사항이 있다. 특히 자동 적조 영상인식에서는 적조류 이미지들 간에 일치시킬 수 있도록 하는 기준 특징이 없어서 적조 이미지 인식을 더욱 어렵게 하고 있다. 즉, 얼굴인식의 경우 눈, 코, 입, 귀, 눈썹 등 이미지를 일치시킬 수 있는 기준 특

징이 있다. 그러나 적조류들은 형태와 크기가 너무 다르기 때문에 얼굴인식과 같은 기준 특징들을 파악하기 힘들다.

이 때문에 적조인식에 대한 관련연구들은 자주 발생하는 몇 종류의 유해 적조에 SVM(support vector machine)[3], 베이저안 분류자[4], 퍼지 c-means[5]등을 이용하여서 단일 적조 이미지를 인식하고 있다. 이는 요즘과 같이 2~3종의 복합 적조가 늘어나는 추세에서 정확하게 인식하기 어려운 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문의 저자들은 이전에 PCA(principal component analysis)[6]와 NMF(non-negative matrix factorization)[7]를 이용하여 의미특징을 추출한 후 이미지 객체의 원형율과 엔트로피를 이용한 적조 인식 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법 역시 기준 특징을 추출하기에는 제약사항이 있다.

본 논문은 위의 적조 인식문제를 해결하기위해서 NMF(non-negative matrix factorization, 비음수 행렬분해)와 적조 이미지의 회전각 보정 방법을 이용한 새로운 적조 이미지 인식 방법을 제안한다. 제안방법은 비음수 행렬분해를 이용하여서 적조생물을 학습하고, 적조 생물의 기준 특징을 추출하기 위해서 이미지의 원형율을 이용하여, 적조 이미지의 회전각 보정을 이용하여 적조 인식의 정확률을 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 NMF에 대하여 알아보고, 3장에서는 제안방법을, 4장에서는 실험 및 평가를, 5장에서는 결론을 제시한다.

II. Non-negative matrix factorization

NMF는 주어진 비음수 행렬로부터 의미 특징인 비음수의 인수를 찾는 행렬 분해 알고리즘이다[8]. NMF 알고리즘은, 식(1)의 목표함수에 의한 유클리디안 거리 J 가 0에 가깝게 수렴 할 때까지 식(2)를 이용하여 의미 특징 행렬 W 와 H 의 값을 동시에 갱신한다[8].

$$J = \|A - WH\|^2 \quad (1)$$

식(1)의 목적은 행렬 A 를 비음수 $m \times r$ 행렬 W 와 비음수 $r \times n$ 행렬 H 로 분해하는 것이다. 여기서, A 는 m 개의

픽셀과 n 개의 이미지로 이루어진 $m \times n$ 행렬이고, r 은 의미 특징의 개수로 학습 및 입력 이미지의 수와 같이 설정된다.

$$\begin{aligned} H_{ij} &\leftarrow H_{ij} \frac{(W^T A)_{ij}}{(W^T W H)_{ij}}, \\ W_{ij} &\leftarrow W_{ij} \frac{(A H^T)_{ji}}{(W H H^T)_{ji}} \end{aligned} \quad (2)$$

III. 제안방법

본 논문에서 제안한 방법은 그림 1과 같이 전처리, 원형율계산, 회전각 보정, NMF, 특징거리 계산 단계로 구성된다.

그림 1. 제안 방법의 블록도
Fig. 1 Block diagram of proposed method

3.1. 전처리

그림 1(a)의 전처리 단계에서는 학습 적조 이미지를 이용하여서 이미지 집합을 구성한다. 본 논문에서는 국내 해역에서 발견되는 60종의 적조 이미지를 학습 자료로 이용하기 위해 국립수산물품질관리원 적조정보 홈페이지 [1]에서 가져왔다. 각 이미지는 중앙에 중심이 일치하도록 하였으며 크기를 115×95 픽셀로 고정하였다. 적조류는 발생 해양환경에 따라서 나타내는 색이 다르기 때문에 색에 의한 이미지 인식은 어렵다. 이 때문에 본 논문에서는 그레이 이미지를 이용한다. 이미지 벡터 집합으로, 적조 이미지의 크기가 $i \times j$ 이고, 학습 이미지의 개수가 n 일 때, 각 학습 이미지를 n 개의 $i \times j$ 열벡터로 식(3)과

같이 학습 이미지 벡터 집합(S)을 구성한다.

$$S = \{ij_1, ij_2, \dots, ij_n\} \quad (3)$$

3.2. 원형율계산

60종의 적조 이미지는 각기 다양한 형태를 가지고 있기 때문에 그림 2와 같이 같은 적조류 이미지라도 이미지 상의 위치가 다르면 다른 이미지로 인식하는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 그림 1(b) 원형율 계산과 그림 1(c) 회전각 보정 방법을 이용한다. 즉, 인식을 원하는 적조 이미지 원형율과 이미지 회전각 보정을 통하여 유사한 기준특징을 갖는 인식 이미지 후보 집합을 구성한다.

그림 2. 조류 이미지 각도변화에 따른 이미지 인식 결과
(a) 0도시 인식 이미지 (b) 60,240도시 인식 이미지
(c) 180도시 인식 이미지 (d) 120,300도시 인식 이미지
Fig. 2 Algal image recognition result with respect to transformation of image angle
(a) 0 angle image (b) 60, 240 angles image (c) 180 angle image (d) 120, 300 angles image

원형율계산 단계에서는 식(4)를 이용하여서 이미지 객체가 얼마나 원형모양에 가까운가를 판단하여 유사한 이미지로 분류하여 인식후보 이미지 집합을 구성한다. 본 논문에서는 원형모양에 가까울수록 원형율이 1의 값을 가지며, 수평에 가까울수록 0의 값을 가진다[9].

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

여기서 I 는 115×95 행렬로 구성된 그레이 이미지이고, π 는 원주율로 3.1416, $area$ 는 원형율을 구하고자하는 객체의 면적, $perimeter$ 는 객체의 주변길이다. 다음 그림 3은 식(4)를 이용하여 적조생물에 원형율을 적용한 예이다.

영상 원형율	영상 원형율	영상 원형율	영상 원형율
10 0.4989	24 0.6378	19 0.7981	30 0.8816
Dictyocha F.	Gyrodinium S.	Gymnodinium C.	Noctiluca S.

그림 3. 적조생물의 원형률 계산 결과
Fig. 3 Result of calculating of circle rate of red tide algae

3.3. 적조 이미지 회전각 보정

이미지를 검색하기 위해서는 이동, 크기, 회전에 대한 값이 변화하지 않아야 하기 때문에 인식후보 이미지 집합과 질의 이미지를 그림4와 같이 회전각을 보정한다.

그림 4. coclodinium p.의 회전각 보정
(a) 원본이미지 (b) 회전각 보정
Fig. 4 Rotation angle revision of coclodinium p.
(a) Original image (b) Revision of angle

3.4. NMF

그림 1(d)의 NMF 단계에서는 인식후보 이미지 집합과 질의 이미지를 비음수 행렬 분해하여서 의미 특징으로 추출한다. 적조 이미지를 비음수 행렬 분해함으로써 그림5(a)를 그림5(b)와 같이 적조 이미지 상의 중요한 특징들의 집합인 의미특징으로 추출할 수 있다.

그림 5. coclodinium p.의 비음수 행렬분해 결과
(a) 원본이미지 (b) 의미특징 이미지
Fig. 5 Result of NMF of coclodinium p.
(a) Original image (b) Semantic feature image

이는 다음 j 번째 적조 이미지 S_j 는 행렬 W 의 l 번째 열 벡터 W_{*l} 과 행렬 H 의 요소 H_{lj} 가 선형조합을 이루며 식(5)와 같다. 즉, l 번째 의미 특징 벡터 W_{*l} 는 S_j 의 이미지 벡터 내에서의 가중치가 의미변수 H_{lj} 이다.

$$S_j = \sum_{l=1}^r H_{lj} W_{*l} \quad (5)$$

3.5. 특징거리 계산

그림 1(e)의 특징거리 계산은 식(1)을 이용하여서 질의 이미지의 의미특징과 인식후보 이미지의 의미특징 집합 간의 유클리디안 거리가 최소가 되는 이미지를 추출하여 적조 이미지를 인식한다.

IV. 실험 및 평가

본 논문의 실험 자료로 국립수산물학원의 적조정보시스템[1]의 국내에 발생하는 60종의 적조 이미지 중 구굴의 이미지 검색[10]으로 검색된 15종의 적조 이미지에 대하여 총 138개의 이미지를 이용하여 학습하였다. 또한 학습 이미지를 포함한 15종의 적조 이미지 각각에 대하여 총 500개의 적조 이미지를 검색하여서 평가 자료로 구성하였다. 평가는 검색된 이미지가 어떤 적조 이미지 인지를 평가하면 되므로 검색이미지의 성공과 실패만을 판단하는 정확률을 평가적으로 이용하였다. 평가 방법은 제안방법과 다른 적조 이미지 분류방법 간의 정확률을 비교하였다.

그림 6. 정확률 비교 결과
Fig. 6 Result of comparison of precision

그림6은 제안방법과 비교방법간의 평균 정확률을 비교 결과이다. 그림6에서 SVM은 SVM을 이용하여서 적조를 분류하는 방법이고[3], NB는 나이브베이즈안 분류자를 이용한 방법이며[4], FCM은 퍼지 c-means를 이용한 방법이다[5]. PCA[6]와 NMF[7]는 주성분분석과 비음수 행렬분해를 이용하여서 적조를 인식 방법이다. RNMF는 본 논문에서 제안한 방법이다.

평가결과 제안방법인 RNMF가 FCM에 비해서는 14%가, NB에 13.4%가, SVM에 비해서는 6.7%가, PCA에 비해서는 3.6%가, NMF에 비해서는 1.5%의 평균 정확률이 더 높다.

V. 결론

적조 이미지를 자동으로 인식할 때에는 이미지를 분류할 수 있는 중심 기준 특징이 없기 때문에 다른 종류의 이미지에 비하여서 인식하기 어려운 제약사항이 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위하여서 비음수 행렬 분해의 의미 특징과 이미지의 원형을 및 회전 각 보정을 이용한 새로운 방법을 제안했다. 실험 결과 제안방법의 평균 정확률은 93.8%로 높은 이미지 인식율을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구(2011-0022980) 및 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-C1090-1121-0007).

참고문헌

- [1] 국립수산물과학원 적조정보 홈페이지
<http://portal.nfrdi.re.kr/redtide/index.jsp>, 2011년.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 박선, 이성로, 박석천, 임향섭, 신준우, 권장우, "주성분분석을 이용한 적조생물 영상 인식, 제35회 정보처리학회 춘계대회, 2011.
- [7] 박선, 이성로, "의미특징을 이용한 적조생물 인식", 대한전자공학회논문지, 9월 게재예정, 2011.
- [8] D. D. Lee, H. S. Seung, "Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization," Nature, vol. 401, pp.788-791, 1999.
- [9] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, "Digital Image Processing Using MATLAB", New Jersey, Prentice Hall, 2003.
- [10] 구글 이미지 검색
"http://www.google.com/imghp?hl=ko", 2011.

저자소개

박선(Park Sun)

1996년 전주대학교(학사)
2001년 한남대학교
정보산업대학원(석사)
2007년 인하대학교 대학원(박사)

2008~2009년 호남대학교 컴퓨터공학과 전임강사
2010년 전북대학교 전기전자정보 인력양성사업단
박사후과정
2011년~현재 목포대학교 정보산업연구소 전임연구
교수

※ 관심분야: 정보검색, 데이터마이닝, 데이터베이스,
해양생물 IT정보융합

이성로(Lee Seong Ro)

1987년 고려대학교(학사)
1990년 한국과학기술원(석사)
1996년 한국과학기술원(박사)
1997년 9월~현재 목포대학교
정보전자공학과 교수

※ 관심분야: 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신
시스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템