

광학 위성영상을 이용한 김 양식장의 시설현황 추출 기법 연구

양찬수* · 문정연* · 박진규*

*한국해양연구원 해양위성연구단

Detection Approach of Laver Cultivation Grounds Using Optical Satellite Imagery

Chan-Su Yang* · Jeong-Eon Moon* · Jin-Kyu Park*

*Ocean Satellite Research Group, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, 426-744, Korea

요약 : 연안 김 양식장의 효과적 관리를 위해서는 실제 시설량의 조사가 필요하며, 인공위성을 이용한 방법이 가장 효과적이다. 본 연구에서는 스펙트로미터에 의한 해수 및 김 양식장 시설에 대한 광 측정값을 통하여 파장별 특성을 조사하였다. 10m의 해상도를 갖고 있는 SPOT-5 다중분광영상을 사용하였으며, 김 양식장의 자동탐지알고리즘의 개발을 위하여 경기도 화성시 제부도 남방해역에 대한 2005년도 영상을 사용하였다. 김 양식장을 추출하기 위하여 우선 3밴드 영상의 분광특성을 이용한 밴드차(Band difference) 영상을 작성하여, 두 가지 방법(형태학적 처리기법 및 Canny 에지 탐지기법)으로 처리를 한 후, 두 결과를 합성하여 라벨링함으로써 탐지율을 극대화하였다. 양식장 시설 현황 조사 결과는, 정부에서 전체 생산량을 조절할 수 있게 하며, 양식업자가 좋은 수확을 달성하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 김양식장, SPOT-5 영상, 다중분광, 자동탐지

1. 서론

우리 나라 김양식은 약 500년 가까운 역사를 갖고 있고, 최초의 시설인 “섧발양식”부터 “뜬발(뜬홀림발 또는 부류식)”으로까지 변천해 왔다. 시설량은 80년대 말부터 외해어장 개발로 급속히 증가하여 89년에는 976,631책이 되고, 이후 감소 추세를 보이고 있다(해양수산부[2000]). 책(기준책: 2.2m x 40m = 88m² = 1책)당 생산량은 80년대에는 2~3년 주기로 풍·흉을 거듭하여 변동폭이 심하게 나타났고, 90년대부터 노출 뜬발식(부류식) 양식기술 발달로 계속 증가 추세에 있다.

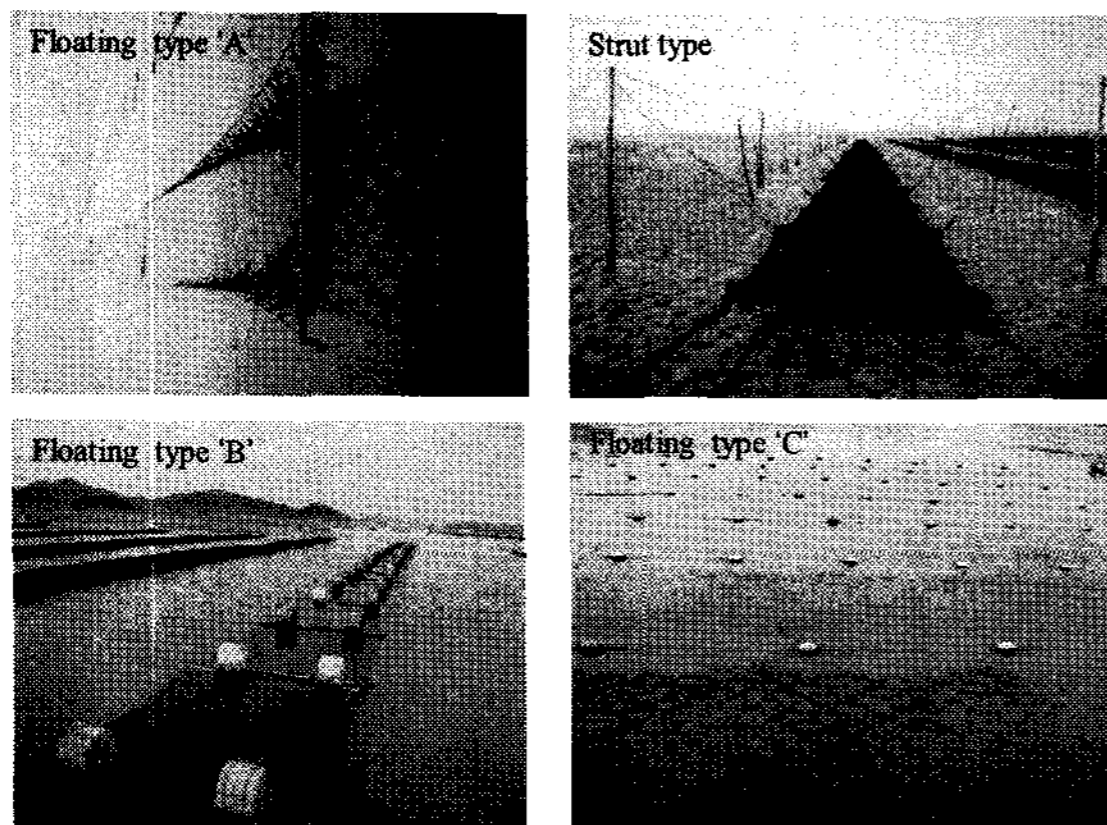


Fig. 1. Net types of laver farm.

이와 같은 상황에서 무면허 양식장의 관리 및 수급안정을 위한 적정생산량을 유지하기 위한 정책을 지속적으로 추진하기 위하여 김 양식장의 지속적인 모니터링이 필요하다고 할 수 있다.

연안 김 양식장의 효과적 관리를 위해서는 실제 시설량의 조사가 필요하며, 인공위성을 이용한 방법이 가장 효과적이라고 할 수 있다. 하지만, 양식장은 지역에 따라 시설 형태와 규격이 다르므로, 현장 자료를 바탕으로 조사가 이루어져야 한다.

Fig. 1에서와 같이 김양식 시설의 종류는 다양하다. 부류식(Floating type) A는 화성, 안산 등에서, 부류식 B는 진도, 해남, 완도, 고흥, 장흥 등 대부분 해역에서 사용하는 방식으로 폭은 1.8-2.4m, 길이는 40-200m 정도의 크기를 갖는다. 부류식 C 유형의 경우 군산, 서천, 부산 강서구 지역에 주로 설치되어 있으며, 책(柵)의 크기는 폭 1.6-2.0m, 길이 22-40m 정도이다. 지주식(Strut type)은 신안, 목포 등의 해역에 주로 설치되어 있으며 사진에서 보는 바와 같이 갯벌에 폭 1.8m, 길이 40-200m 내외이다.

연안 해역에서 지주식이나 부류식의 김 시설 정보를 위성자료로 분석하여 추출하기 위한 체계적인 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이[1996]는 서천 해역에 대해 약 30m의 해상도를 갖는 LANDSAT-5 TM을 이용하여 영상에서 보이는 픽셀의 면적을 통한 시설량 예측을 시도하였다. 그러나, 현장조사 및 공간 해상도의 부족으로 인하여 정확한 책 수의 산정은 불가능하다. 또한, 우리나라 전 연안에 대한 조사를 하는 경우에는, 현장조사, 좌표 등록, 자동 추출 기법이 필요하다.

본 연구에서는 연안의 전체 김 양식장의 시설 현황을 조사하

기 위하여, 10m의 해상도를 갖고 있는 SPOT-5의 다중분광영상을 주로 사용하였으나, 판독을 위하여 PAN영상(2.5m의 해상도)도 이용하였다. 우선 위성영상의 결과를 향상시키기 위하여, 연안 김 양식장의 시설 현장조사 및 양식장 DB 구축을 실시하였다. 또한, 위성영상의 해석을 효율적으로 수행하여 작업자에 의한 오차를 최소한으로 하고, 짧은 시간내에 시설량을 산출하기 위한 자동 추출 알고리즘을 소개한다. 마지막으로 인공위성영상에 의해 얻어진 시설 현황을 지역별로 분석하고, 정부로부터 받은 허가시설량과의 비교를 실시한다.

2. 데이터 및 연구 방법

2.1 SPOT-5 영상

SPOT(Satellite Pour l' Observation de la Terre) 위성은

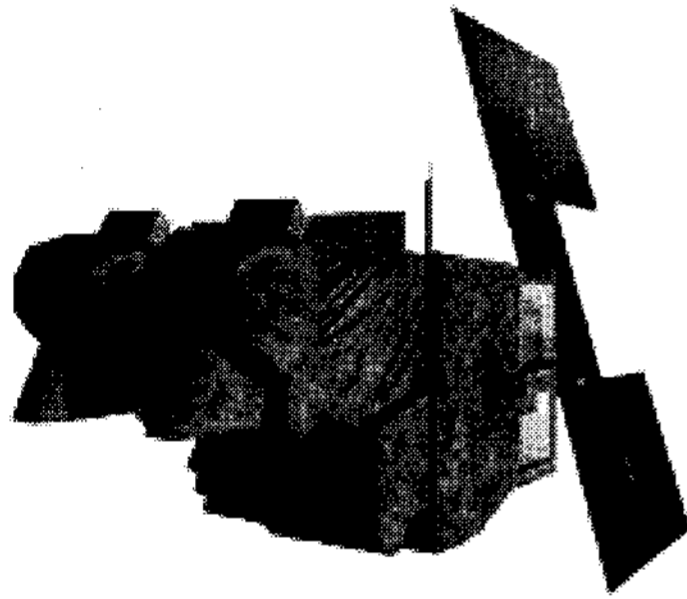


Fig. 2. SPOT-5 satellite.

Table 1. Spot-5 band specifications.

Sensor	Wavelength(μm)	Resolution	Swath
HRG Panchromatic Mode	PA	0.49-0.69	2.5m/5m
	B1	0.49-0.61	
HRG Multispectral Mode	B2	0.61-0.68	10m
	B3	0.78-0.89	
	B4	1.58-1.75	20m
			120km
HRS	PA	0.49-0.69	10m
VEGETATION	B0	0.43-0.47	
	B2	0.61-0.68	
	B3	0.78-0.89	1km
	B4	1.58-1.75	

Belgium, Sweden과 France의 French National Space Center(CNES)의 공동연구로 개발된 원격탐사 시스템이다. 최초의 SPOT 위성은 1986년 2월 22일에 발사되었으며, 현재는 SPOT-5 까지 발사되었다(Fig. 2). SPOT-5 위성에 대한 자세한 사양은 Table. 1에서와 같다. SPOT-5는 공간해상력이 약 10m 정도인 다중분광모드와 공간해상력이 약 2.5m 정도인 panchromatic 모드(흑백영상)이다.

김 양식장 시설 현황을 조사하기 위하여 연안에 대하여 공간해상도 2.5m인 SPOT-5 흑백영상과 공간해상도 10m인 SPOT-5 다중분광모드영상(Full scene 12장, 1/2 scene 2장, 1/4 scene 4장)을 2005년 1월 19일에서 4월 1일까지 촬영하였다(Fig. 3). 이 시기는 김 생산이 절정을 이루는 1-2월을 중심으로 고려된 것이다. 대상지역은 경기, 충남, 전북, 전남, 부산지역 등

이다.

2.2 스펙트로미터에 의한 해수 및 김 양식장 시설에 대한 광 측정

Fig. 3에 묘사된 것과 ASD사의 듀얼 스펙트로미터를 사용하여 김 양식장 시설 및 주변 해역에서의 $E_d(0^+)$ (downwelling irradiance above surface), L_{sky} (sky radiance), L_{wT} (total radiance above surface), tL_{la} (total radiance of layer under surface)를 측정하였다.

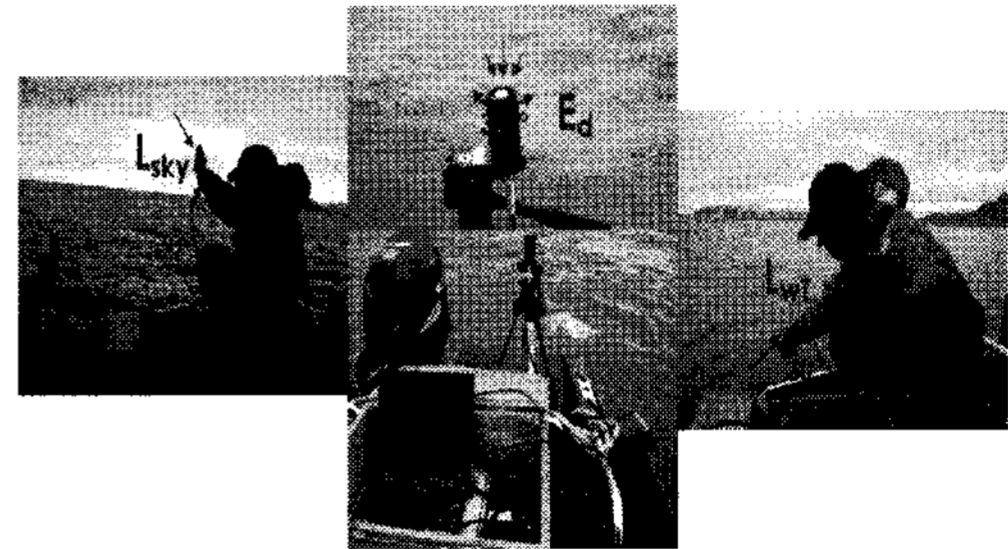


Fig. 3. ASD사의 듀얼 스펙트로미터를 이용하여 선상에서 $E_d(0^+)$, L_{sky} , L_{wT} 를 측정하는 모습

L_w (water leaving radiance)란 해수표면에 형성된 물과 대기의 경계면을 통과하여 나오는 해수 수피로부터 반사된 광량이라고 하며, 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$L_w(\lambda) = L_{wT}(\lambda) - \{L_{sky}(\lambda) \times F_r(\lambda, \theta)\}$$

여기서, $F_r(\lambda, \theta)$ 는 Fresnel reflectance 값으로써, 파장(λ)과 입사각(θ)의 함수이지만 본 연구에서는 파장에 관계없이 입사각이 30° 일 때의 값 0.025로 일정하다고 가정하였다.

따라서, L_{la} (radiance of layer under surface)는 해수표면 바로 아래 양식되고 있는 김으로부터 반사된 광량이라고 정의하였으며, 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$L_{la}(\lambda) = tL_{la}(\lambda) - \{L_{sky}(\lambda) \times F_r(\lambda, \theta)\}$$

여기서, L_{sky} 와 $F_r(\lambda, \theta)$ 항은 해수표면에 형성된 대기의 영향을 제거해주기 위하여 사용되었다.

원격반사도(R_{rs})는 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$R_{rs}(0^+, \lambda) = \frac{L_w(\lambda)}{E_d(0^+, \lambda)} [sr^{-1}]$$

Fig. 4에는 김양식장의 상태별 L_{la} (radiance of laver under surface) 및 L_{wT} (total radiance above surface)를 나타낸 것이다.

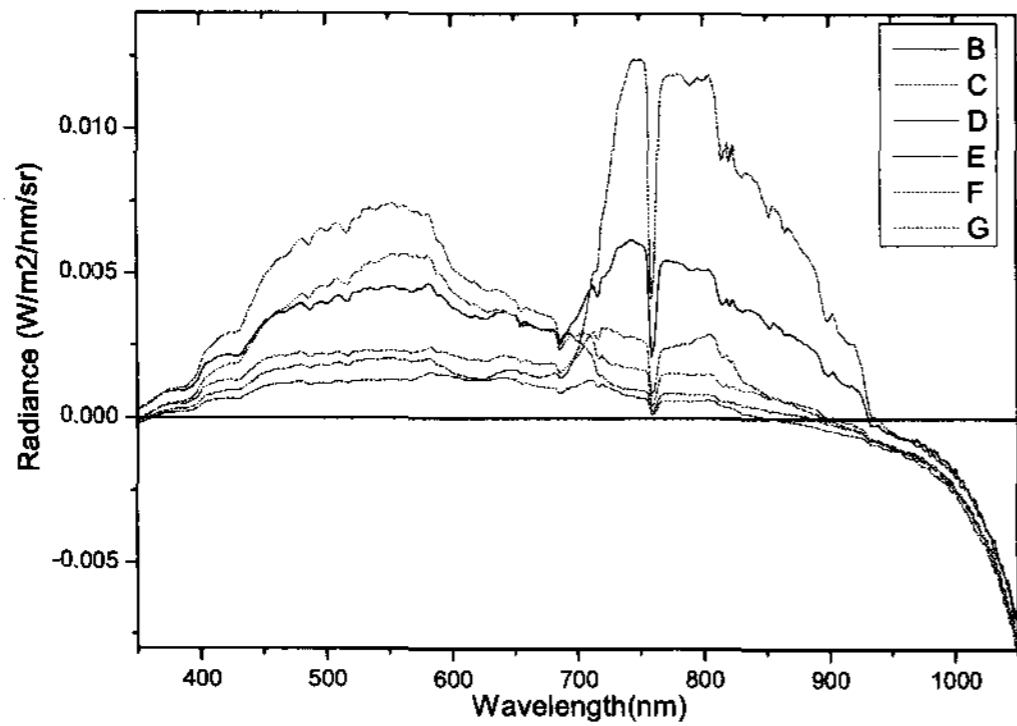


Fig. 4. Radiance of B: L_{laver1} (After harvest), C : L_{laver2} (after harvest, submerged in depth of 30cm), D : L_{laver3} (before harvest), E: L_{laver4} (before harvest, submerged in depth of 30cm), F: L_{laver5} (with only a few of laver), G: L_{w_Water}

김 양식장의 시설을 추출하기 위해 사용되어지는 일반적인 흐름은 Fig. 5와 같다.

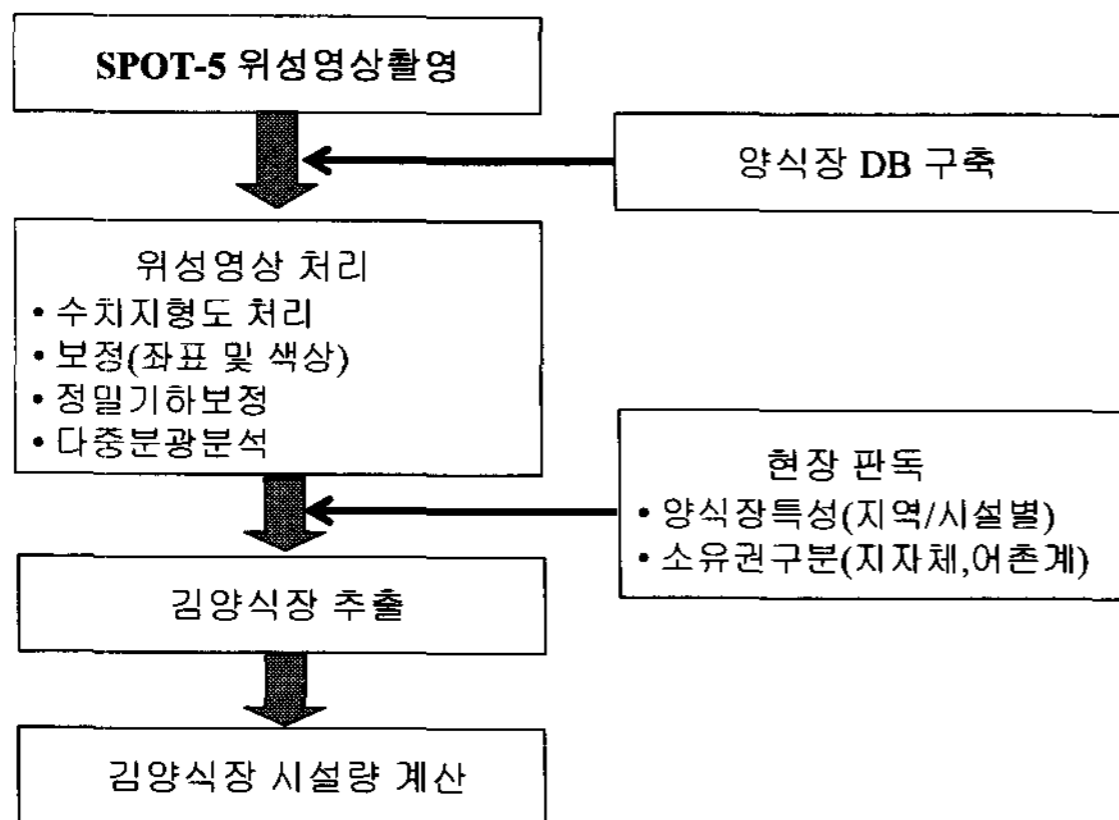


Fig. 5. Overview of laver farm detection using SPOT-5 images.

3. SPOT-5 영상을 이용한 김 양식장의 자동탐지방법

3.1 SPOT-5 다중분광 영상의 분광 특성

SPOT-5 위성영상은 파란색 영역의 밴드가 존재하지 않기 때문에, 분광해상도가 부족하며, 색 구분 능력이 떨어진다고 할 수 있다. 따라서, 영상자체에 대한 시각처리에는 한계가 있다고 할 수 있다. Fig. 5에는 세 밴드를 사용하여 김 양식장의

그물이 있는 부분과 그렇지 않은 부분에 대한 분광특성을 나타내었다. Fig. 6은 제주도 남방해역에 대한 SPOT-5 밴드 1에서 3까지의 양식 시설의 모습을 보여 주고 있다. 밴드 1에서는 주변 바다 영역보다 다소 밝으나, 그 외 밴드에서는 어두운 값을 나타내고 있다.

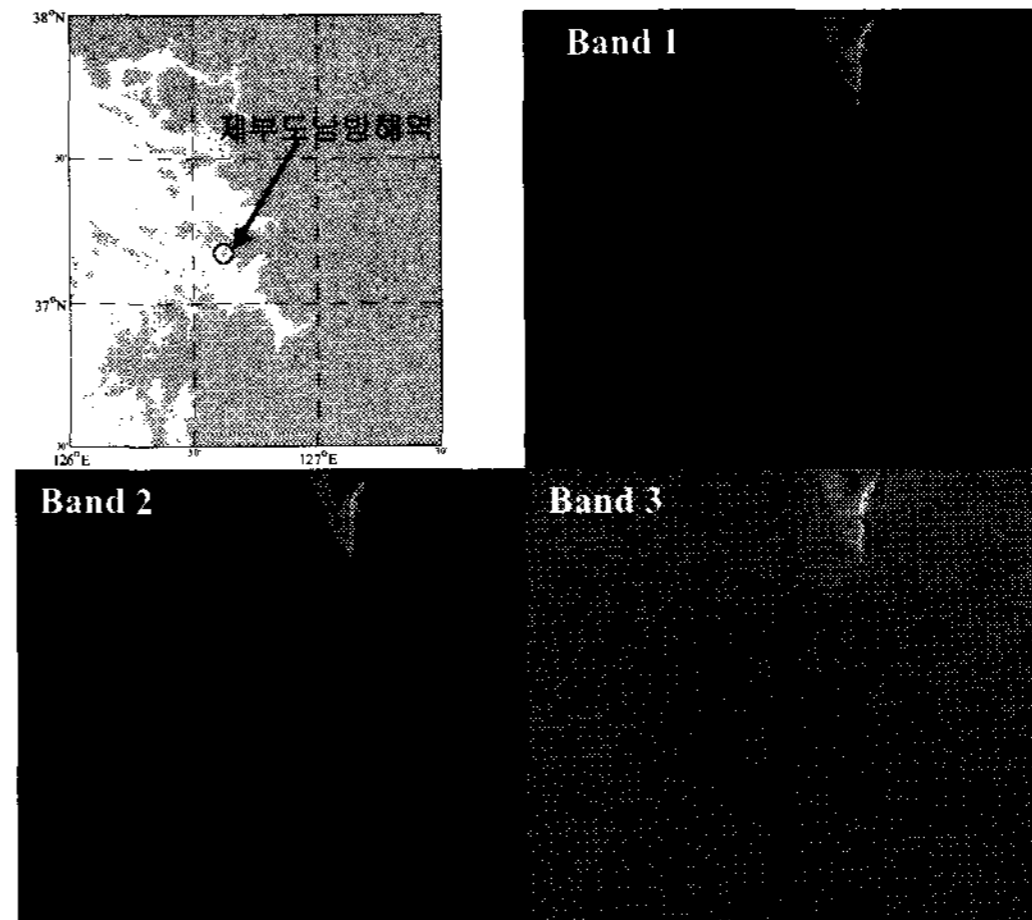


Fig. 6. Study area and its images for Spot-5 bands 1, 2 and 3.

3.2 김 양식장의 자동 추출 기법

영상 음영 강조기법으로 처리하거나 RGB 영상처리에 의한 시각화도 양식장 식별이 가능하나, 이러한 방법은 시설이 해수면에 잠기거나, 시설물의 광 신호가 주변과 큰 차이가 없는 경우, 혹은 신호가 약한 경우 등에서는 시설물의 정보를 추출하기 어려우며, 추출에 많은 시간과 전문가에 따른 결과의 차이가 발생할 수 있다. 여기서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 기법을 소개한다.

먼저, Fig. 6에서 보여준 세 개의 밴드 영상에 대해 육지를 제거한다. 이 세 밴드의 분광특성을 고려해 다음 식과 같이 해서 얻어진 영상에 대해서 영상 강조기법(Enhancement)을 적용한다(Fig. 8의 (a)영상).

$$(Band2 + Band3) - a + (Band3 - Band1 - \beta) * \gamma$$

여기서, Band 1, Band 2, Band 3은 각각 SPOT-5 영상의 밴드, a , β , γ 는 위 식에서 바다영역과 양식장 영역의 밝기차가 최대가 되는 상수로 영상에 따라 다르다.

Fig. 7에서와 같이, 얻어진 영상에 대해서 두 가지 방법으로 처리를 수행한다. 첫 번째 방법에서는, 오츠의 방법(Otsu[1979])으로 얻어진 임계치를 이용하여 2차 화상을 생성하고, 형태학적 처리기법인 팽창과 침식(Haralick & Shapiro[1992])을 적용한다(Fig. 8의 (b)영상). 일부 노이즈가 존재하고

있고, 2 곳의 양식장 시설이 나타나지 않고 있다. 위성 김 시설 분석기술의 기본 이론은 김이 주변보다 상대적으로 밝거나 어둡게 보이는 것을 활용한 것이다. 이처럼, 대부분 수확이 이루어지거나, 김이 물에 잠긴 경우라면 그 시설면적의 상당 부분이 위성에 감지되지 못한다는 것을 증명한다. 이러한 문제를 최소화하기 위하여 에지 탐지를 이용하였다.

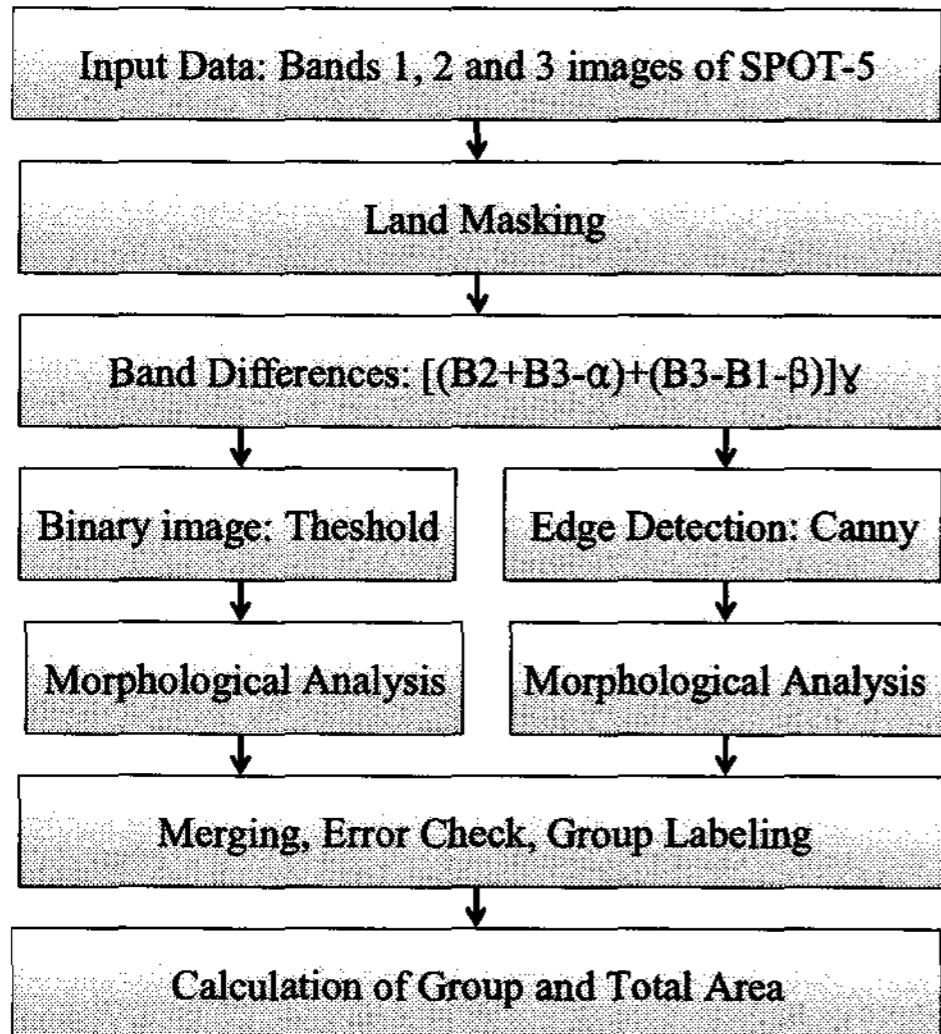


Fig. 7. Basic structure of the detection algorithm of laver farm.

두 번째 방법에서는, Canny 에지 탐지기법(Canny[1986])을 적용한다. 이 기법에 의해 얻어진 영상에 대해 공간으로 인식될 수 있는 영상은 검정색으로 채워졌다(Fig. 8의 (c)영상 참조). Fig. 8의 (b)와 (c) 영상을 이용하여 결합한 후, 라벨링(Fig. 9 참조)하면 Fig. 8의 (d)영상이 출력된다. 라벨링 개수는 총 76개이며, 각 라벨영역에 대한 면적을 계산하였다. 여기서 계산된 김 양식장 시설량은 7,598 책(평균 시설 밀도 34.62 %) 수였다.

4. 연안 김 양식장의 시설현황

양식장의 시설량을 정확하게 판독하기 위해서는 현지 조사를 통해 지역별 양식장 유형과 규격을 파악하고, 이 자료를 토대로 표준화된 방식을 통해 양식장의 시설량을 판독하여야 한다. 여기서는, 김 양식어장의 시설면적을 산출한 후, 기준책(2.2m x 40m = 88m² = 1책) 규격으로 환산하여 시군별로 시설량을 판독하였다.

후 기

본 연구는 한국해양연구원 기본연구사업 "하구역의 관리 및 기능회복 기술 개발"의 일환으로 수행

되었다.

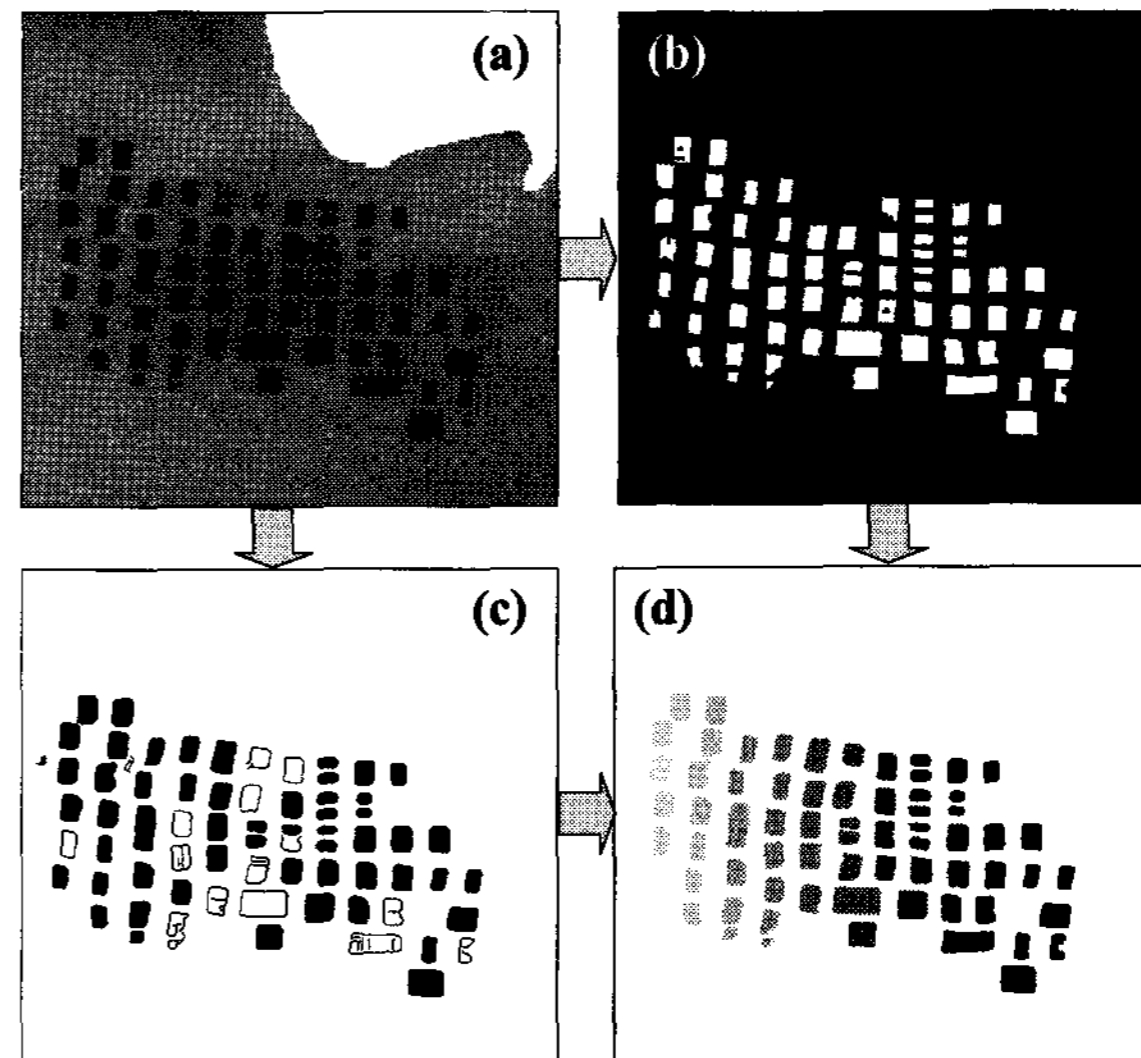


Fig. 8. Example images of the detection procedure. Image (d) is merged from images (b) and (c), and is labeled for 76 objects.

참고문헌

- [1] 이종화, 1996, "서해안 김 양식장에 관한 연구 - VII. LANDSAT-5호 위성의 영상처리에 의한 금강 하구산 김 양식장의 시설현황 분석", 수산과학연보, 12, 1-13.
- [2] 해양수산부, 2000, 어업손실액 평가의 산출기준개발에 관한 연구 -평년어업경비를 중심으로-
- [3] Canny, J.F., 1986, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6), 679-698.
- [4] Haralick, R.M., and L. G. Shapiro, 1992, Computer and Robot Vision, Vol. I, Addison-Wesley, 158-205.
- [5] Otsu, N., 1979, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1), 62-66.