

인공위성 원격탐사의 활용: 김양식장의 현황 모니터링

양찬수* · 문정연* · 이누리* · 박성우**

*한국해양연구원 해양위성연구단, **㈜비엔티솔루션

Satellite Remote Sensing Application: Facilities Analysis of Laver Cultivation Grounds System

Chan-Su Yang* · Jeong-Eon Moon* · Nu-Ree Lee* · Sung-Woo Park**

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

**BNT Solution, Seoul, 100-827, Korea

요 약 : 연안 김 양식장의 효과적 관리를 위해서는 실제 시설량의 조사가 필요하며, 인공위성을 이용한 방법이 가장 효과적이다. 본 연구에서는 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. 마지막으로 2005년 우리나라 연안의 김 양식장에 대한 인공위성 조사 결과, 실제 시설량은 676,749 책(柵)으로, 면허시설량 572,745 책보다 다소 많은 것으로 나타났다. 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

ABSTRACT : The cultural grounds of laver has been surveyed using SPOT-5 satellite images to calculate the facilities of laver cultivation area in the coastal waters of Korea. 10m resolution multispectral images of SPOT-5 are adopted for the south area of Daebu Island, Hwaseong city to develop an automatic detection approach of laver nets that consists of the following: band difference technique, canny edge detector and morphological analysis. The satellite-based facilities number was relatively high as compared with the licensed number in 2005, 676,749 chaek and 572,745 chaek(柵, unit of measure for laver farm), respectively. The data could be applied to achieve a good harvest for laver seaweed growers and to control its national production keeping a stable market price for the government body.

KEY WORDS : Laver Farm, Spot-5 Image, Multispectral, Automatic Detection

1. 서 론

우리 나라 김양식은 약 500년 가까운 역사를 갖고 있고, 최초의 시설인 “섧밭양식”부터 “뜯밭(뜯흠립밭 또는 부류식)”으로 까지 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 뜯밭식(부류식) 양식기술 발달로 계속 증가 추세에 있다. 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 규모가 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 면

*대표저자 : 정희원, yangcs@kordi.re.kr, 031)400-7678

**비회원, raima@bntsolution.com, 02)2233-5063

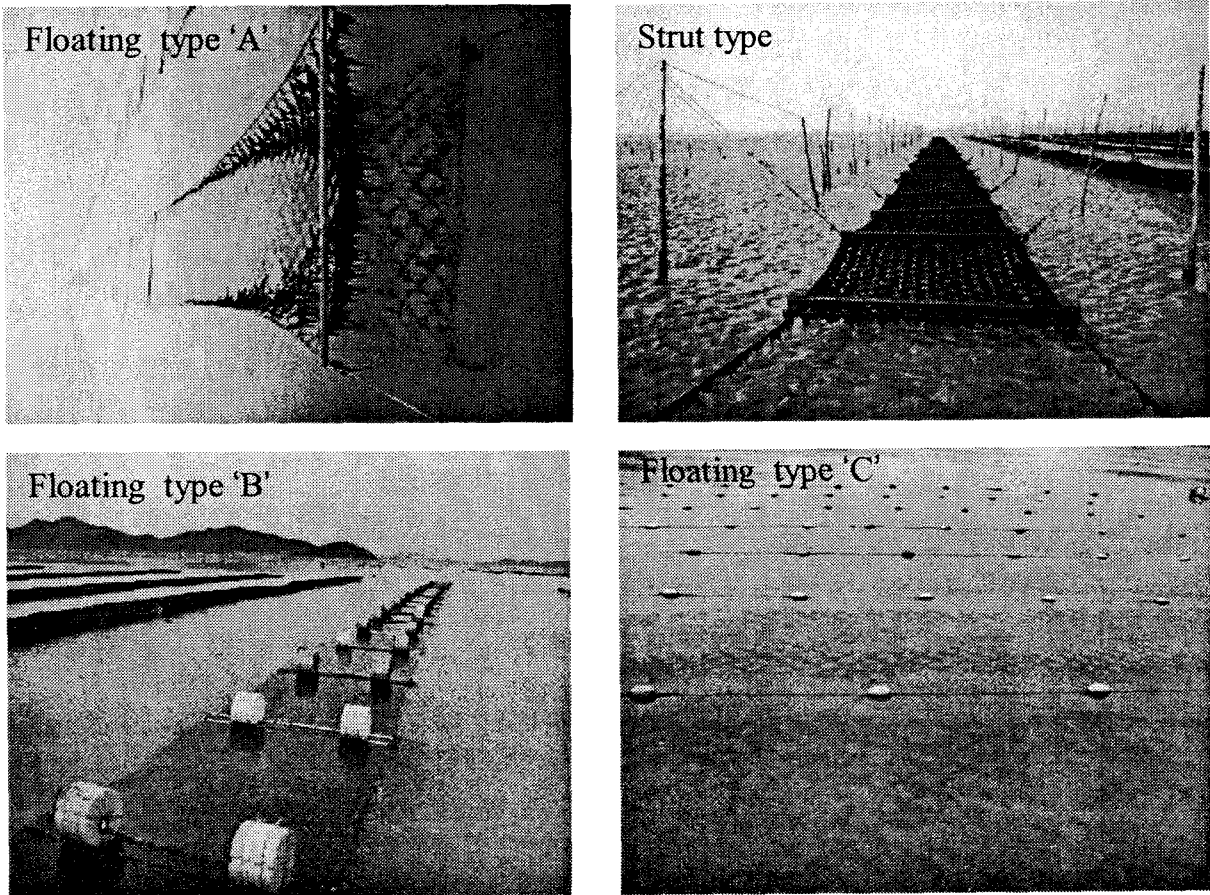


Fig. 1. Net types of laver farm.

적을 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 조사하기 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 인공 위성 영상에 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

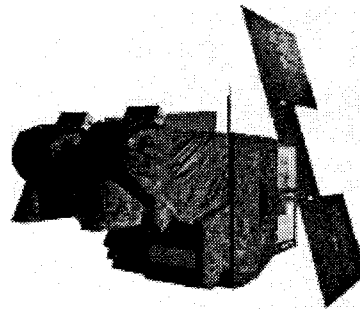


Fig. 2. SPOT-5 satellite.

Table 1. Spot-5 band specifications.

Sensor	Wavelength(μm)	Resolution	Swath
HRG Panchromatic Mode	PA 0.49-0.69	2.5m/5m	60km
HRG Multispectral Mode	B1 0.49-0.61	10m	60km
	B2 0.61-0.68		
	B3 0.78-0.89		
	B4 1.58-1.75		
HRS	PA 0.49-0.69	10m	120km
VEGETATION	B0 0.43-0.47	1km	2250km
	B2 0.61-0.68		
	B3 0.78-0.89		
	B4 1.58-1.75		

Belgium, Sweden과 France의 French National Space Center(CNES)의 공동연구로 개발된 원격탐사 시스템이다. 최

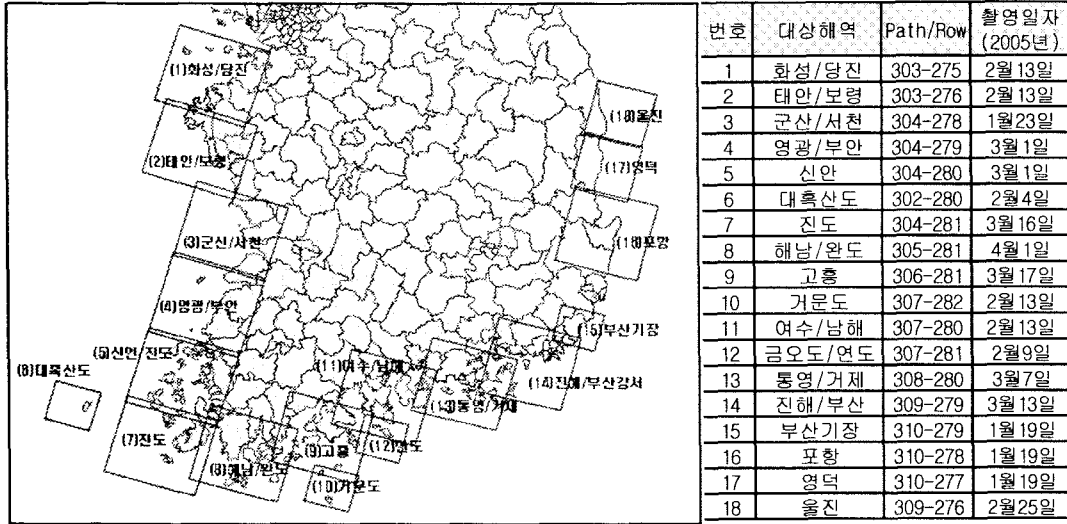


Fig. 3. Coverage map and acquisition information of SPOT-5 images used for laver farm survey.

초의 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 공간 해상도 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 연구 방법

본 연구 수행의 전체적인 흐름은 Fig. 4와 같다.

(1) 김 양식어장 면적 및 어장도 데이터베이스(DB) 구축

양식업 면허권이 등록되어 있는 65개 지자체에 대하여 양식 어장 관련 면허대장 및 어장도를 입수하여, 이를 기반으로 오류 분석 및 어장도 DB를 구축하였다.

(2) 위성영상 처리

국립지리원에서 제작한 1/5,000 수치지도를 기준으로 SPOT-5 위성영상의 좌표 보정 및 정밀기하보정을 수행하였다. 수치지형도는 먼저 위성영상의 좌표보정을 위하여 수치지형도에서 도로 관련 요소들을 추출하고 이를 위성영상의 좌표 보정을 위한 지상기준점(GCP) 자료로 사용하였다. 또한, 수치지형도를 통해 제작된 수치표고모형을 이용하여 고도값 보정을 포함하는 정밀기하보정을 수행하였다.

(3) 김양식장 추출

양식장의 추출은 위성영상의 분광특성을 이용함과 동시에 육안 식별을 병행하여 수행한다. 이 과정에서, 영상의 분광특성

에 의한 3개 밴드의 상호차이를 이용하여 밴드차(Band difference) 영상을 만든 후, 두 가지 방법(형태학적 처리기법 및 Canny 에지 탐지기법)으로 각각 처리를 하여, 두 결과를 합성하는 양식장 탐지 알고리즘을 적용한다. 현지조사를 통해 조사된 자료들은 위성영상에서 계산된 '책' 수, '책' 면적 등과 조합하여 양식장을 추출한다.

(4) 김양식장 시설량 산출

처리된 SPOT-5 위성영상 자료에서 양식장을 추출하고 그 시설량을 산출하는 작업을 수행한다. 이 결과를 어장도 중첩하여 비교한다. 시설 책 수의 산정은 시설물의 내부 시설밀도에 의하여 결정된다. 본 연구에서는 현장조사에서 얻어진 시설 밀도 정보를 이용하여, 기준책(2.2m x 40m = 88m² = 1책) 규격으로 환산하여 시군별로 시설량을 조사하였다. 각 지역별로 실제 시설 규격에 차이가 있고(그물폭이 1.8, 2.0, 2.2, 2.4 등으로 다양), 또한 단순면적 산출로는 정확한 시설량 판독이 불가능하기 때문에 현지 조사를 통하여 파악된 김 양식장 시설 종류에 따라 시설량을 산출하였다.

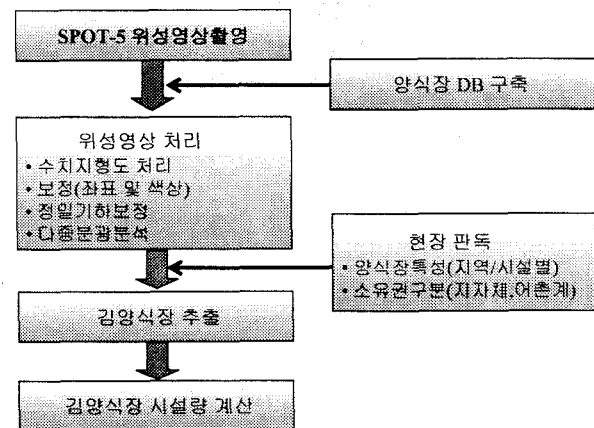


Fig. 4. Overview of laver farm detection using SPOT-5 images.

3. SPOT-5 영상을 이용한 김 양식장의 자동탐지기법

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.

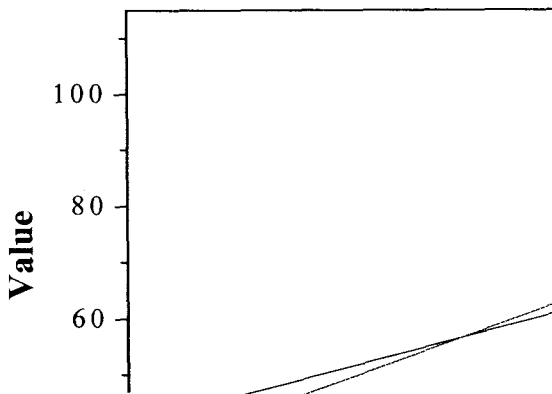


Fig. 5. Spectral profile for sea area and laver net.

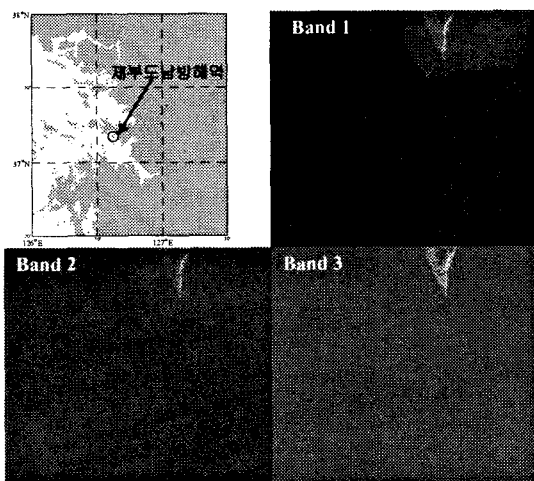


Fig. 6. Study area and its images for Spot-5 bands 1, 2 and 3.

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

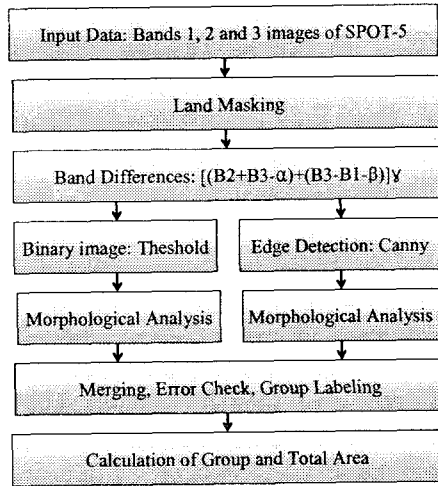


Fig. 7. Basic structure of the detection algorithm of laver farm.

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 얻어진 영상에 대해서 영상 강조기법(Enhancement)을 적용한다(Fig. 8의 (a)영상).

$$(Band2 + Band3) - a + (Band3 - Band1 - \beta) * \gamma \tag{1}$$

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

Fig. 7에서와 같이, 얻어진 영상에 대해서 두 가지 방법으로 처리를 수행한다. 첫 번째 방법에서는, 오투의 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.

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.

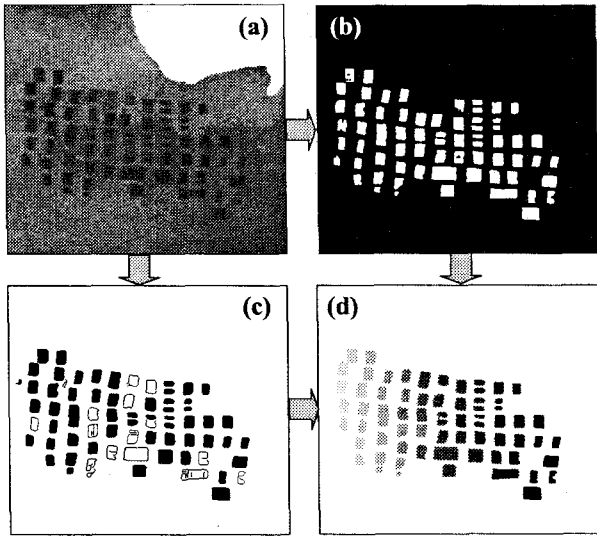


Fig. 8. Example images of the detection procedure. Image (d) is merged from images (b) and (c), and is labeled for 76 objects.

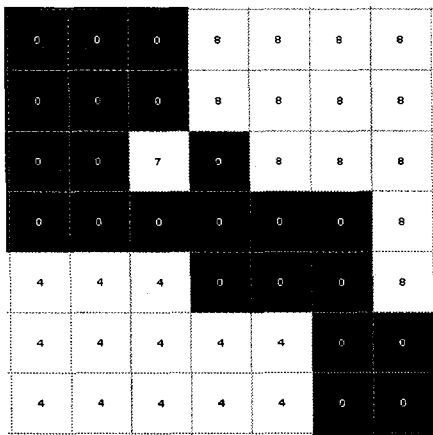


Fig. 9. Example of label matrix for the labels 4 and 8.

AIS는 항행선박이 자동으로 발신하는 위치, 침로, 속력 등 항해관련 정보를 수신하여 처리하고, 타 선박에 중계함으로써 연안해역의 해상교통안전을 확보하고 항만내 해상교통관제와 조난선박의 수색 및 구조활동을 효율적으로 지원하는데 그 목적이 있다. 따라서, AIS는 선박과 선박간, 선박과 육상관제국과의 보고시스템, 그리고 VTS시스템과의 연계운용을 도모하여 항해 안전은 물론 교통관제의 효율성을 향상시켜야 하며, 사용자는 AIS시스템으로부터 관련정보를 자동으로 취득할 수 있어야 한다.....(중략)

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.

Fig. 10은 화성과 목포 해역에 대해서 2005년 2월 13일과 3월 1일에 촬영된 SPOT-5를 사용하여 산출된 시설량과 면허시설량을 함께 표기 한 것이다. 작은 사각형에 음영으로 표시된 영역은 위성에 의해 산출된 각 시설을 나타내며, 보다 큰 사각형으로 표시한 부분은 면허시설 위치를 나타낸다. 바다의 특성상 정확하게 위치를 고려해서 작업하는 것은 어려움이 있으나, 위치뿐만 아니라 면적도 많이 차이나는 것을 알 수 있다. 제주도의 경우, 2005년 기준으로 면허시설량(단위: 책)은 4,680책이었으나, 실제시설량은 7,598 책이었다. 목포의 경우, 면허시설량과 실제시설량의 차이가 약 200 책 정도로 아주 적었다.

Fig. 11은 2005년 기준으로 김양식장이 많은 함평만에서 고흥반도에 이르는 해역에 대한 시설량결과를 나타낸 것이다. 해남반도 및 다도해해상국립공원 해역에서 우리나라 김 양식의 대부분이 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 11의 표에는 면허시설량(단위: 책)과 인공위성 자료에 의한 시설량의 비교를 표시하였다. 2005년의 총 면허건수는 1,150건, 면허면적 55,137ha, 부과책수 572,745책이었으나, 실제시설량은 676,749 책으로 부과책수 대비 118.2%로 18.2%의 시설이 초과하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 김 양식장을 대상으로 2005년 1월 19일부터 4월 1일까지 얻어진 위성영상을 이용하여 김 양식장의 시설량을 산출하는 것을 목표로 하였다. 구체적으로는 다음과 같은 연구내용이 수행되었다.

- (1) 김 양식어장 면허 및 어장도 데이터베이스(DB) 구축
- (2) 수치지도를 기준으로 SPOT-5 위성영상의 좌표 보정 및 정밀기하보정
- (3) 김양식장 추출 및 시설량 산출

10m의 해상도를 갖고 있는 SPOT-5 다중분광영상을 사용하여, 김양식장 탐지 알고리즘을 개발하였다. 추출확률을 높이기 위하여, 3밴드 영상의 분광특성을 이용한 밴드차, 형태학적 처리, Canny 에지 탐지, 라벨링 등을 사용하였으며, 양식장을 추출하는데 성공하였다. 지역별 시설량 산출결과를 면허시설량과 비교를 하였으며, 대부분 면허지내 시설비율이 적었으며 또한 면허시설량을 초과하여 시설한 것으로 조사되었다. 전체적으로 볼 때, 실제 시설량은 676,749 책(柵)으로, 면허 시설량

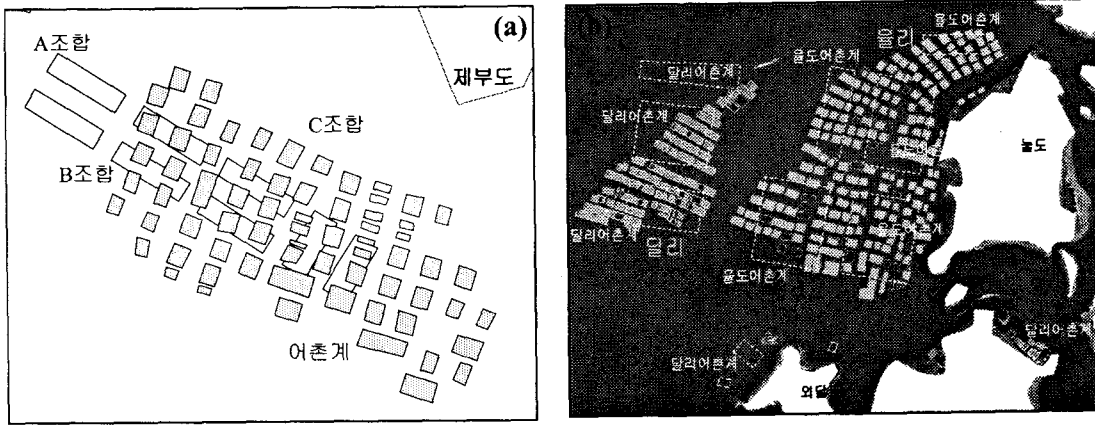


Fig. 10. Laver cultivation areas at Hwaseong(a) and Mokpo(b). Dotted-boxes represent the licensed area in 2005.

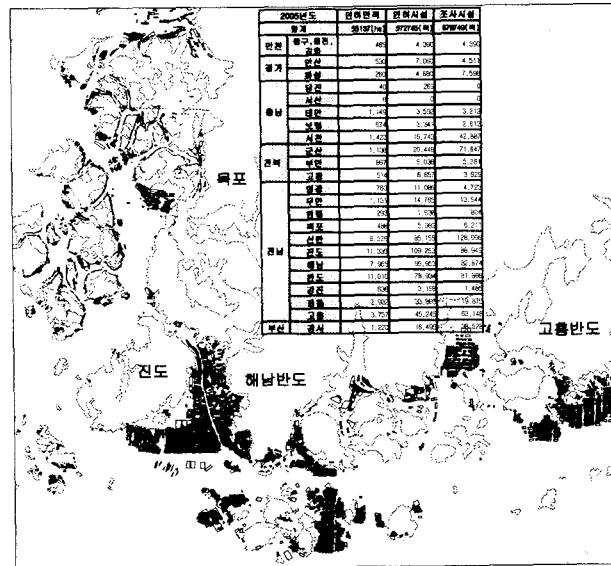


Fig. 11. Comparison of Laver cultivation grounds to the licensed facilities in the coast of Korea in 2005.

572,745 책보다 다소 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 현황 조사 결과는 정부측면에서 전체 생산량을 조절할 수 있게 하며, 양식업자가 좋은 수확을 달성하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

본 연구는, 광역 연안 모니터링을 통해 지속적인 연안관리를 하기 위한 기술개발의 일환으로, 향후에는 보다 광범위한 관측폭을 갖고 있고, 기상영향을 받지 않는 SAR(합성개구레이더)를 이용하여 양식장 시설 모니터링 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국해양수산개발원 수산업관측센터의 "위성영상정밀기하보정 및 김·어류 양식어장 관측"과 한국해양연구원 기본연구사업 "하구역의 관리 및 기능회복 기술 개발"의 일환으로 수행되었다.

참 고 문 헌

- [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.