

SPOT-5 위성영상에 의한 2005년 한국 연안 김 양식장의 시설현황 분석

양찬수^{1,*} · 박성우²

¹한국해양연구원 해양위성연구단

²비엔티솔루션

Facilities Analysis of Laver Cultivation Grounds in Korean Coastal Waters Using SPOT-5 Images in 2005

Chan-Su Yang^{1,*} and Sung-Woo Park²

¹Ocean Satellite Research Group, Korea Ocean Research & Development Institute(KORDI),
Ansan P.O. Box 29, Gyeonggi-do 425-600, Korea

²B&T Solution, KICOX Venture 803, Guro-dong, Guro-gu, Seoul 152-050, 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, 경기도 화성시 제부도 남방해역에 김 양식장의 자동탐지 기법을 적용하고 평가하였다. 김 양식장을 추출하기 위하여 우선 3밴드 영상의 분광 특성을 이용한 밴드차(Band difference) 영상을 작성하여, 두 가지 방법(형태학적 처리기법 및 Canny 에지 탐지기법)으로 처리를 한 후, 두 결과를 합성하여 레이블링함으로써 탐지율을 극대화하였다. 인공위성영상을 이용하여 얻어진 2005년 한국연안 김 양식장 시설량은 676,749책(柵)으로, 면허시설량 572,745책보다 많은 것으로 나타났다. 또한, 준법시설 비율은 52.9%로 아주 낮았다. 이와 같은 양식장 시설 현황 조사 결과는, 정부에서 전체 생산량을 조절할 수 있게 하여 안정적인 시장 가격을 유지하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

Abstract – The cultural grounds of laver have been surveyed using SPOT-5 satellite images. The facilities of laver cultivation area in the coastal waters of Korea were calculated. 10 m resolution multispectral images of SPOT-5 are adopted for the southern area of Jebu 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 number of satellite-based facilities 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 ratio of a law abiding facility was very low at 52.9%. These data could be applied to control its national production keeping a stable market price for the government body.

Keywords: Laver Farm(김 양식장), SPOT-5 Image(SPOT-5 영상), Multispectral(다중분광), Automatic Detection(자동탐지)

1. 서 론

우리나라 김 양식은 약 500년 가까운 역사를 갖고 있고, 최초의 시설인 “섶밭양식”부터 “뜯밭(뜯흠림밭 또는 부류식)”으로까지 변천해 왔다. 시설량은 80년대 말부터 외해어장 개발로 급속히 증가하여 89년에는 976,631책이 되었으나, 이후 감소 추세를 보이고 있다(해양수산부[2000]). 책(기준책: 2.2 m×40 m=88m²=1책)당 생

산량은 80년대에는 2~3년 주기로 풍흉을 거듭하여 변동폭이 심하게 나타났으나, 90년대부터 노출 뜯밭식(부류식) 양식기술 발달로 계속 증가 추세에 있다. 또한, 김 양식장 시설이 계속 증가되는 상황에서, 무면허 양식장의 관리 및 수급안정을 통한 적정생산량을 유지하기 위한 정책이 필요하다. 이와 같은 정책을 추진하기 위해서는 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,

*Corresponding author: yangcs@kordi.re.kr

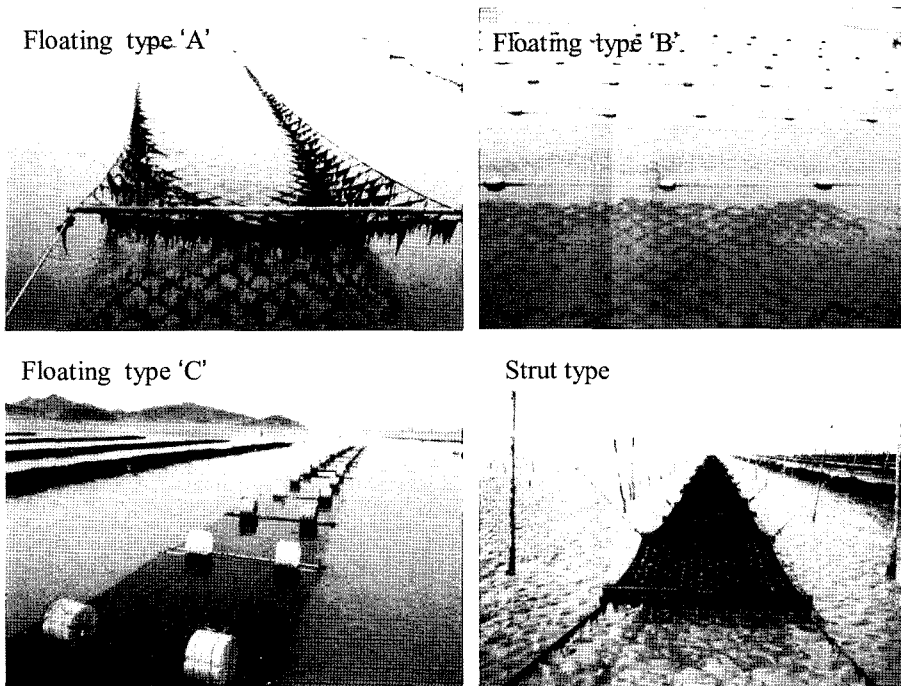


Fig. 1. Net types of laver farm.

현장 자료를 바탕으로 조사가 이루어져야 한다.

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

연안 해역에서 지주식이나 부류식의 김 시설 정보를 위성자료로 분석하여 추출하기 위한 체계적인 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이[1996]는 서천 해역에 대해 약 30 m의 해상도를 갖는 LANDSAT-5 TM을 이용하여 영상에서 보이는 픽셀의 면적을 통한 시설량 측을 시도하였다. 그러나 현장조사 및 공간 해상도의 부족으로 인하여 정확한 책 수의 산정은 불가능하였다. 따라서 우리나라 전 연안에 대한 시설량 조사를 하는 경우에는, 현장 조사를 기반으로 하는 양식장 데이터베이스 구축과 영상의 좌표 등록을 한 후, 시각적 해석법보다는 자동 추출 기법이 사용되어야 한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 연안의 전체 김 양식장의 시설 현황을 조사하기 위하여, 10 m의 해상도를 갖고 있는 SPOT-5의 다중분광영상을 주로 사용하였으나, 판독을 위하여 PAN영상(2.5 m의 해상도)도 이용하였다. 우선 위성영상의 결과를 향상시키기 위하여, 연안 김 양식장의 시설 현장 조사 및 양식장 데이터베이스 구축을 실시하였다. 또한, 위성영상의 해석을 효율적으로 수행하여 작업자에 의한 오차를 최소한으로 하고, 짧은 시간 내에 시설량을 산출하기 위한 자동 추출 알고리즘을 적용하였다. 마지막으로 인공위성 영상에 의

해 얻어진 시설 현황을 지역별로 분석하고, 정부로부터 받은 허가 시설량과 비교하였다.

2. 데이터 및 연구 방법

2.1 SPOT-5 영상

SPOT(Satellite Pour l' Observation de la Terre) 위성은 Belgium, Sweden과 France의 French National Space Center(CNES)의 공동 연구로 개발된 원격탐사 시스템이다. 최초의 SPOT 위성은 1986년 2월 22일에 발사되었으며, 현재는 SPOT-5까지 발사되었다. SPOT-5의 HRG(High Resolution Geometric)센서는 공간해상력이 약 10 m 정도인 다중분광모드와 공간해상력이 약 2.5 m 정도인 panchromatic 모드(흑백영상)가 가능하다.

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

2.2 연구 방법

본 연구 수행의 전체적인 흐름은 Fig. 3과 같다.

2.2.1 김 양식어장 면허 및 어장도 데이터베이스(DB) 구축

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

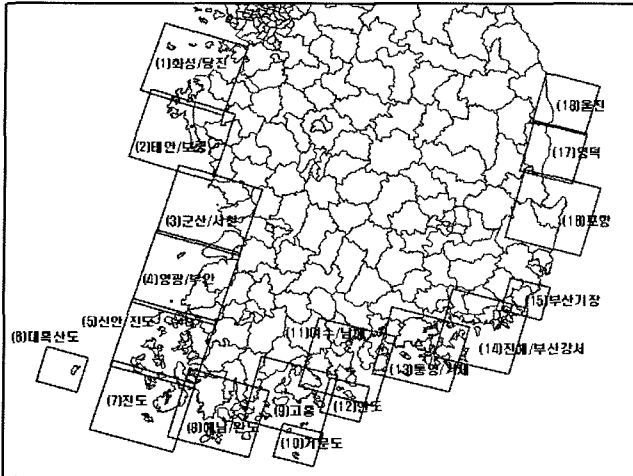


Fig. 2. Coverage map of SPOT-5 images used for laver farm survey.

Table 1. Acquisition information of the same data as in SPOT-5 images shown in Fig. 2

No.	Area	Path/Row	Acquisition Date
1	화성 / 당진	303-275	February 13, 2005
2	태안 / 보령	303-276	February 13, 2005
3	군산 / 서천	304-278	January 13, 2005
4	영광 / 부안	304-279	March 1, 2005
5	신안	304-280	March 1, 2005
6	대흑산도	302-280	February 4, 2005
7	진도	304-281	March 16, 2005
8	해남 / 완도	305-281	April 1, 2005
9	고흥	306-281	March 17, 2005
10	거문도	307-282	February 13, 2005
11	여수 / 남해	307-280	February 13, 2005
12	금오도 / 연도	307-281	February 9, 2005
13	통영 / 거제	308-280	March 7, 2005
14	진해 / 부산	309-279	March 13, 2005
15	부산기장	310-279	January 19, 2005
16	포항	310-278	January 19, 2005
17	영덕	310-277	January 19, 2005
18	울진	309-276	February 25, 2005

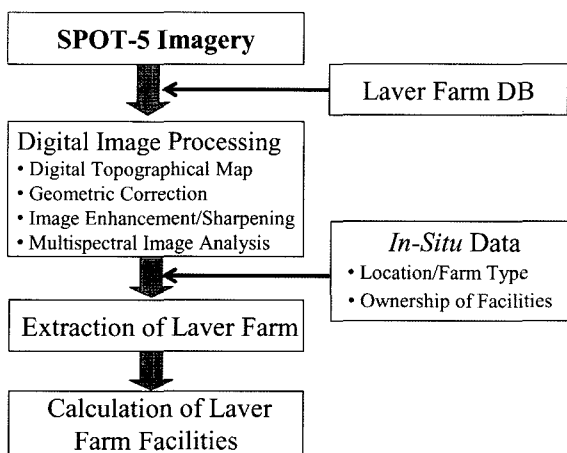


Fig. 3. Overview of laver farm detection using SPOT-5 images.

2.2.2 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 좌표보정을 위한 지상기준점(GCP) 자료로 사용하였다. 또한, 수치지형도를 통해 제작된 수치지표고모델을 이용하여 고도값 보정을 포함하는 정밀기하보정을 수행하였다.

2.2.3 김 양식장 추출

양식장의 추출은 위성영상의 분광특성을 이용함과 동시에 육안 식별을 병행하여 수행하였다. 이 과정에서, 영상의 분광특성에 의한 3개 밴드(밴드1: 0.49-0.61 μm, 밴드2: 0.61-0.68 μm, 밴드3: 0.78-0.89 μm)의 상호 차이를 이용하여 밴드차(Band difference) 영상을 만든 후, 두 가지 방법(형태학적 처리기법 및 Canny 에지 탐지기법)으로 각각 처리를 하고, 두 결과를 합성하는 양식장 탐지 알고리즘을 적용하였다. 현지조사를 통해 조사된 자료들은 위성영상에서 계산된 ‘책’ 수, ‘책’ 면적 등과 조합하여 양식장을 추출하였다.

2.2.4 김 양식장 시설량 산출

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

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 있

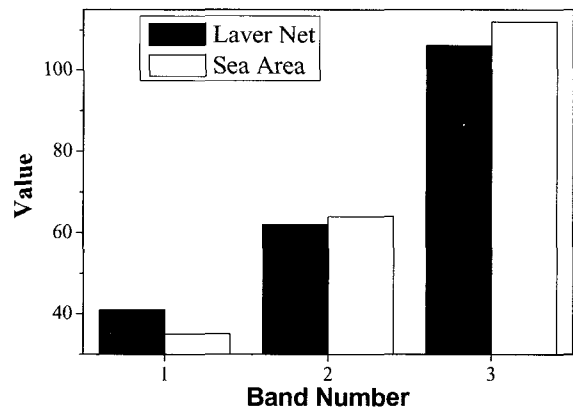


Fig. 4. Spectral profile for sea area and laver net.

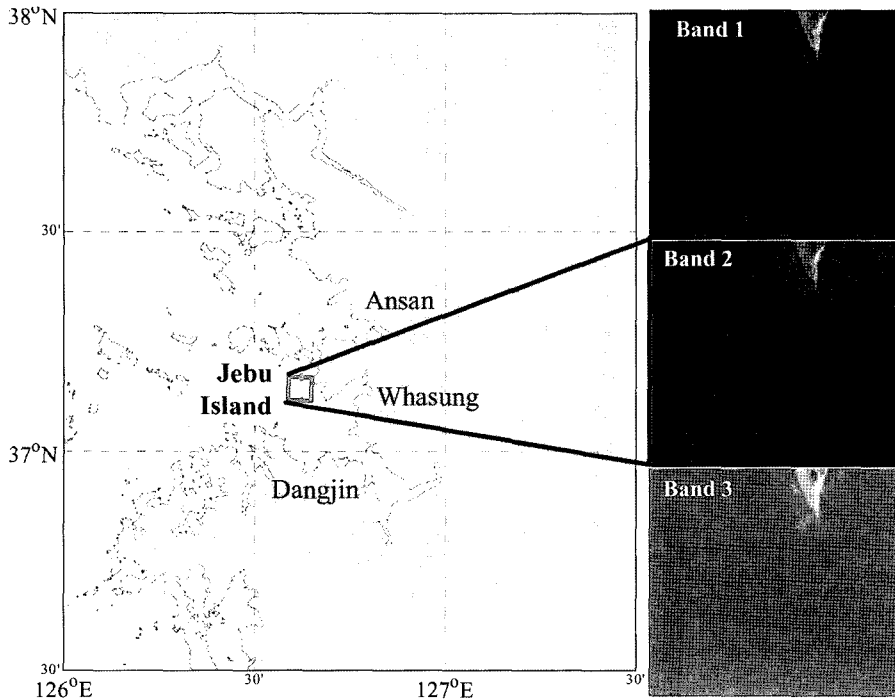


Fig. 5. Study area and its images for Spot-5 bands 1, 2 and 3.

다. 따라서, 영상자체에 대한 시각처리에는 한계가 있다고 할 수 있다. Fig. 4에는 세 밴드를 사용하여 김 양식장의 그물이 있는 부분과 그렇지 않은 부분에 대한 분광특성을 나타내었다. 하지만 양식장의 경계부분에서는 그 구별은 어려우며, 육안으로는 식별이 거의 불가능하다. Fig. 5은 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.

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.

본 연구에서 사용한 김 양식장 탐지 및 시설량 계산 과정을 Fig. 6에 나타내었다. 먼저, Fig. 5에서 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. 7(a)영상).

$$((\text{Band2} + \text{Band3}) - \alpha) + (\text{Band3} - \text{Band1} - \beta) * \gamma \quad (1)$$

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

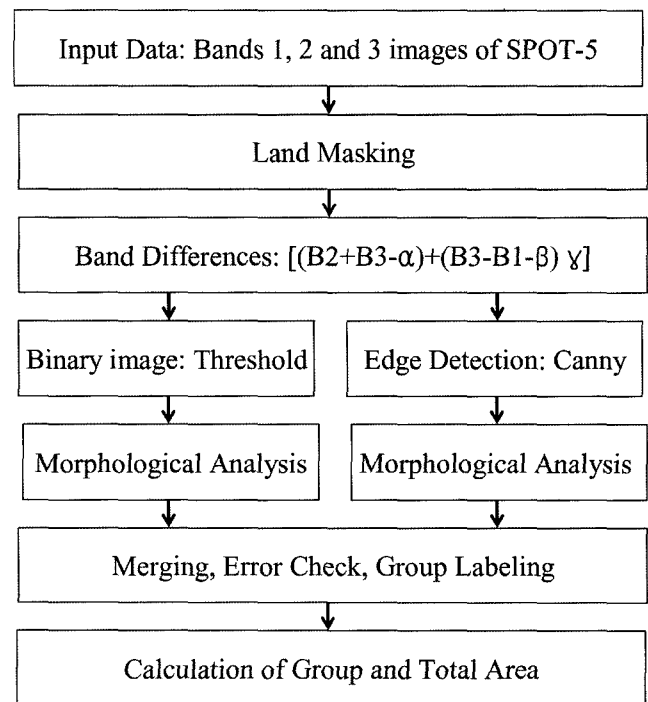


Fig. 6. Basic structure of the detection algorithm of laver farm.

대한 최소치, β 는 Band 3와 Band 1의 차 영상에 대한 최소치, γ 는 식 (1)의 두 번째 항의 최대값이 255를 넘지 않도록 하는 정수 값이다. 픽셀 포맷은 1 바이트로 하여, 데이터 처리속도가 빠르도록 하였다.

Fig. 6에서와 같이, 식 (1)에서 얻어진 영상(Fig. 7(a)영상)에 대

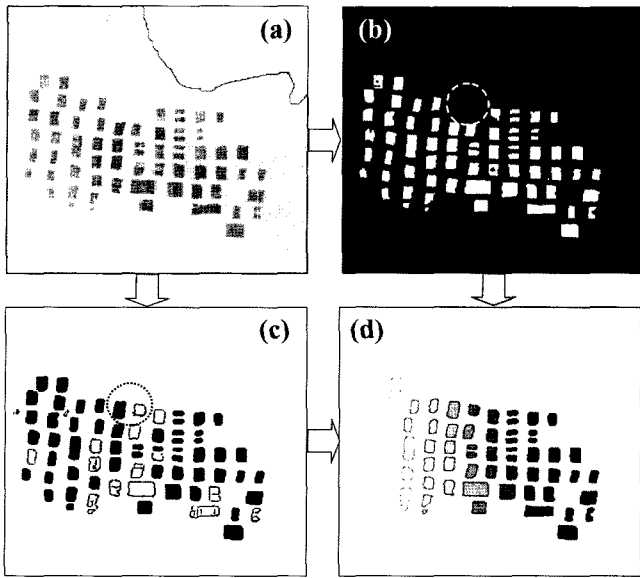


Fig. 7. Example images of the detection procedure. Image (d) is merged from images (b) and (c), and is labeled for 76 objects with grayscale color. Image (a) is retrieved from equation (1).

해서 다음 두 가지 방법으로 처리를 수행한다.

첫 번째 방법에서는, �츠의 방법(Otsu[1979])으로 얻어진 임계치를 이용하여 2차 화상을 생성하고, 형태학적 처리기법인 팽창과 침식(Haralick & Shapiro[1992])을 적용한다. Fig. 7의 (b)영상이 이 방법에서 얻어진 결과를 나타낸 것이다. 양식장 시설의 내외부에 있는 대부분의 잡음은 형태학적 필터링을 통해 제거되었으나, 일부 노이즈(Fig. 7(b)영상의 흰색 영역안의 검은색)가 존재하고 있고, 양식장 시설 중에서 가운데 위쪽 2 곳의 양식장 시설(Fig. 7(b)영상의 점선원)이 나타나지 않고 있다. 위성 김 시설 분석기술의 기본 이론은 김이 주변보다 상대적으로 밝거나 어둡게 보이는 것을 활용한 것이다. 이처럼, 대부분 정확이 이루어지거나, 김이 물에 잠긴 경우라면 그 시설 면적의 상당 부분이 위상에 감지되지 못한다는 것을 증명한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 추가로 에지 탐지를 이용하였다.

두 번째 방법에서는, Canny 에지 탐지기법(Canny[1986])을 적용한다. 일반적으로 사용되는 Sobel 에지탐지기법은 기울기(gradient)의 최대값을 사용하는데 반해, Canny 기법은 가우스필터를 사용해서 기울기를 정하고 최대와 최소의 임계치를 이용하여 강하거나 약한 에지를 동시에 추출하는 것이 가능하다. 남(2001)은 색, 위치, 크기 등이 일정하지 않은 문자를 인식하는데 있어 Canny 에지 추출 기법을 적용하였으며, 그 결과 높은 인식률을 얻었다. 양식장에 대해서도 Prewitt, Sobel, Canny의 3가지 방법을 적용해보았으나, Canny 방법만이 에지 검출에 효과가 있었다.

Canny 에지 탐지기법을 Fig. 7의 (a)영상에 적용하여 양식장의 경계선을 추출하였다. 여기에서 얻어진 경계선이 폐곡선인 영역에 대해서는 검정색으로 채워 양식장후보 객체로 정하였다(Fig. 7의

0	0	0	8	8	8	8
0	0	0	8	8	8	8
0	0	7	0	8	8	8
0	0	0	0	0	0	8
4	4	4	0	0	0	8
4	4	4	4	4	0	0
4	4	4	4	4	0	0

Fig. 8. Example of label matrix for the labels 4, 7 and 8.

(c)영상 참조).

다음 단계는, 상기 두 가지 방법을 Fig. 7의 (a)영상에 적용하여 얻어진 Fig. 7의 (b)와 (c) 영상을 이용하여 결합하는 것이다. 이 과정에서 에러체크는 작업자의 최종판단에 의해 이루어지며, Fig. 8에서처럼 레이블링에 의해 각 레이블영역을 나누고 그에 대한 면적을 계산하였다. Fig. 7의 (d)영상은 레이블링된 영역을 그레이스케일 영상으로 나타낸 것이며, 개수는 총 76개이다. 여기서 계산된 김 양식장 시설량은 7,598책(평균 시설 밀도 34.62%) 수였다.

4. 연안 김 양식장의 시설현황

양식장의 시설량을 정확하게 관측하기 위해서는 현지 조사를 통해 지역별 양식장 유형과 규격을 파악하고, 이 자료를 토대로 표준화된 방식을 통해 양식장의 시설량을 관측하여야 한다. 여기서는, 김 양식어장의 시설면적을 산출한 후, 기준책 규격으로 환산하여 시군별로 시설량을 관측하였다.

Fig. 9는 화성과 목포 해역에 대해서 각각 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 어려우나, 위치뿐만 아니라 면적도 많이 차이는 것을 알 수 있다. 제주도의 경우, 2005년 기준으로 면허시설량(단위: 책)은 4,680책이었으나, 실제시설량은 7,598책이었다. 그러나 목포의 경우, 면허시설량과 실제시설량의 차이가 약 200책 정도로 아주 적었으며, 위치도 대체적으로 허가받은 해역을 중심으로 이루어졌음을 알 수 있다.

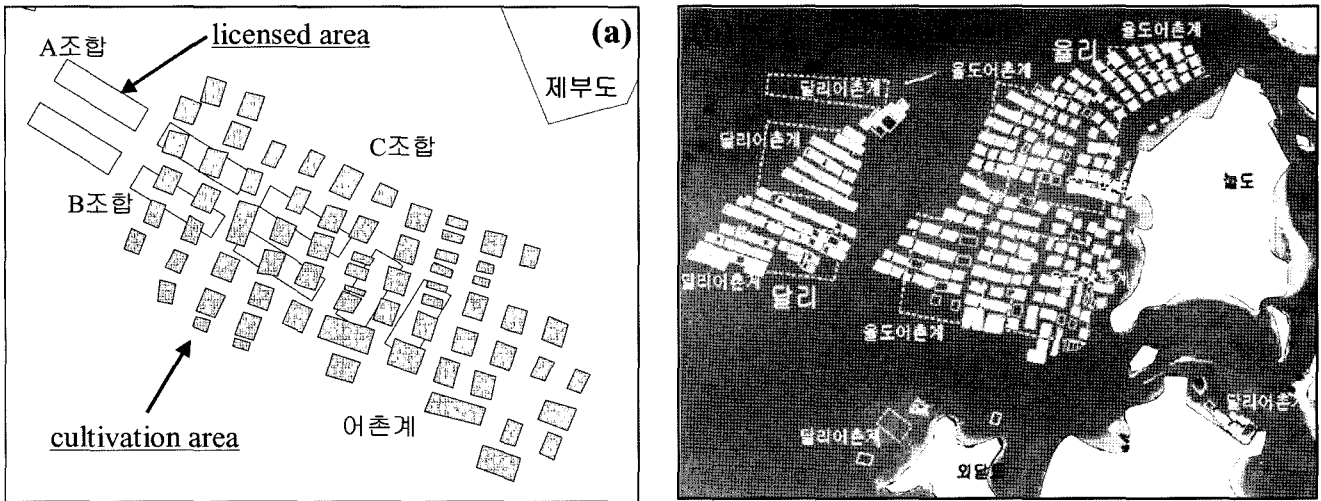


Fig. 9. Laver cultivation areas at Hwaseong (a) and Mokpo (b). Dotted-boxes represent the licensed area in 2005.

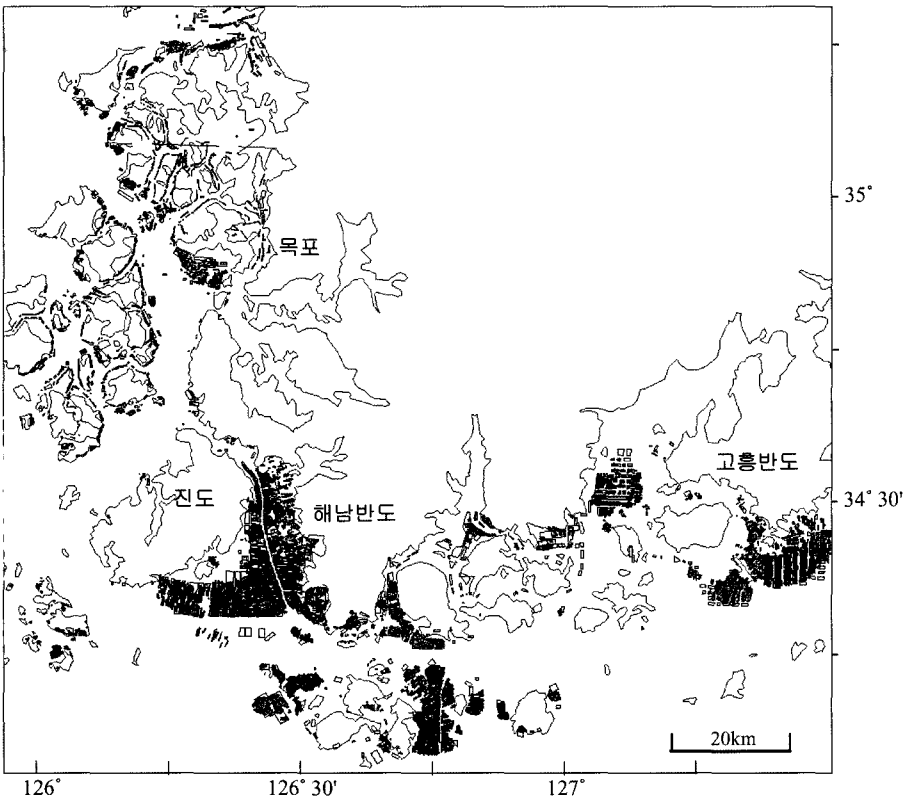


Fig. 10. Laver cultivation grounds in 2005 of Jeollanam-do, accounting for nearly 85% of the total domestic market.

Fig. 10은 2005년 기준으로 김 양식장이 집중되어 있는 전라남도 함평만에서 고흥반도에 이르는 해역에 대한 시설량 현황을 나타낸 것이다. 해남반도 및 다도해해상국립공원 해역을 중심으로 한 전라남도 해역은 실제 시설량을 기준으로 할 때 전국 김 양식 시설량의 72.8%를 차지한다. 전라남도는 면허시설 485,034척에 비해 실제시설은 492,473척으로 나타났다.

Table 2에는 2005년 전국 면허면적 및 시설량과 Table 1의 인공 위성 자료에 의한 관측 시설량의 비교를 나타내었다. 2005년의 총

면허건수는 1,150건, 면허면적 55,137 ha, 부과 책 수 572,745 책이었으나, 실제시설량은 676,749 책으로 부과 책 수 대비 118.2%로 18.2%의 시설이 초과하였다. 대부분의 지역에서 면허시설량과 실제시설량사이의 차이가 있으며, 특히 전북 군산의 경우, 면허시설에 비해 시설량은 3.5배에 이르며, 전남 영광 및 장흥 등은 면허시설의 1/3정도 시설량을 나타내었다. 반면에, 면허시설을 받은 해역에 실제 시설을 한 정도를 나타내는 준법시설 비율은 52.9%로 아주 낮았다. 면허시설이 가장 많은, 전남의 준법시설량도 가장 높

Table 2. Comparison of laver cultivation grounds to the licensed facilities in the coast of Korea in 2005.

2005 년도		면허면적	면허시설	조사시설
합 계		55,137(ha)	572,745(책)	676,749(책)
인 천	중구, 용진, 강화	465	4,390	4,390
경 기	안 산	530	7,060	4,511
	화 성	260	4,680	7,598
충 남	당 진	40	269	0
	서 산	6	0	0
	태 안	1,149	3,592	3,212
	보 령	674	3,341	2,613
전 북	서 천	1,423	15,743	42,887
	군 산	1,136	20,448	71,647
	부 안	897	5,036	5,261
	고 창	514	6,657	3,629
전 남	영 광	760	11,086	4,723
	무 안	1,131	14,765	13,544
	함 평	293	1,636	804
	목 포	488	5,989	6,211
	신 안	6,526	85,155	128,996
	진 도	11,335	109,253	88,949
	해 남	7,955	95,953	82,874
	완 도	11,010	78,934	81,866
	강 진	636	3,158	1,485
	장 흥	2,932	33,860	19,875
부 산	고 흥	3,757	45,245	63,146
	강 서	1,220	16,495	38,528

아 전체 준법시설량의 83.1%를 차지한다. 따라서 준법시설의 비율을 높이기 위한 방향으로의 행정노력이 많이 필요하다고 할 수 있다.

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) 김 양식장 추출 및 시설량 산출

10 m의 해상도를 갖고 있는 SPOT-5 다중분광영상을 사용하여, 김양식장 추출 및 시설량 산출을 실시하였고, 김 양식어장 데이터베이스와의 비교를 통해 준법 시설량의 조사를 실시하였다. 추출 정확도를 높이기 위하여, 3밴드 영상의 분광특성을 이용한 밴드차, 형태학적 처리, Canny 에지 탐지, 레이블링 등을 사용하였으며, 여기서 제안된 추출기법은 양식장을 추출하는데 효과적이었다.

지역별 시설량 산출결과를 면허 시설량과 비교를 하였으며, 실제 시설량은 676,749책(冊)으로, 면허 시설량 572,745책보다 다소 많아 면허 시설량을 초과하여 시설한 것으로 조사되었다. 이와 같

은 양식장 시설 현황 조사 결과는, 정부에서 전체 생산량을 조절할 수 있게 하여 안정적인 시장 가격을 유지하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 또한, 대부분 면허지내 시설비율이 적었으며 준법시설 비율은 52.9%로 아주 낮았다. 준법시설이 적다는 것은 선박 운항, 해상 경비 등 해상활동의 안전을 위협하는 것이므로, 준법시설의 비율을 높이기 위한 방향으로의 행정노력이 많이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구는, 광학영상에 대한 양식장 탐지 기법을 적용한 것으로, 그 탐지 정도는 양식장 시설의 광특성에 의존한다고 할 수 있다. 그러나 구름의 영향이 없는 데이터를 취득하는데 많은 어려움이 있으며, 3-4개 밴드만을 이용해서 수면에 잠겨있는 양식장의 시설을 추출하는데 한계가 있다. 따라서 기상 영향 받지 않는 SAR(합성개구레이더)를 이용하면 양식장의 네트와 지주대 탐지에 효과적일 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 한국해양수산개발원 수산업관측센터의 “위성영상 정밀기하보정 및 김·어류 양식어장 판독”, 한국해양연구원 기본연구사업 “하구역의 관리 및 기능회복 기술 개발”의 일환으로 수행되었다. 마지막으로, 논문심사과정에서 많은 조언을 해주신 익명의 심사위원분들께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 남미영, 2001, “명암도 변화와 Canny 에지를 이용한 컨테이너 영상의 문자인식에 관한 연구”, 한국멀티미디어학회 춘계 학술발표논문집, 111-115.
- [2] 이종화, 1996, “서해안 김 양식장에 관한 연구 - VII. LANDSAT-5호 위성의 영상처리에 의한 금강 하구산 김 양식장의 시설현황 분석”, 수산과학연보, Vol. 12, 1-13.
- [3] 해양수산부, 2000, 어업손실액 평가의 산출기준개발에 관한 연구 -평년어업경비를 중심으로-.
- [4] Canny, J.F., 1986, “A Computational Approach to Edge Detection”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, 679-698.
- [5] Haralick, R.M., and L. G. Shapiro, 1992, Computer and Robot Vision, Vol. I, Addison-Wesley, 158-205.
- [6] Otsu, N., 1979, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 62-66.

2006년 4월 20일 원고접수

2006년 8월 15일 수정본 채택