

연구논문

## 다중분광 위성자료를 이용한 김 양식어장 탐지

정 종 철

남서울대학교 지리정보시스템공학과  
(2005년 5월 17일 접수, 2005년 6월 9일 승인)

### Detection of Laver Aquaculture Site of Using Multi-Spectral Remotely Sensed Data

**Jongchul Jeong**

Dep. of Geographical Information System Engineering Namseoul University  
(Manuscript received 17 May 2005; accepted 9 June 2005)

### Abstract

Recently, aquaculture farm sites have been increased with demand of the expensive fish species and sea food like as seaweed, laver and oyster. Therefore coastal water quality have been deteriorated by organic contamination from marine aquaculture farm sites. For protecting of coastal environment, we need to control the location of aquaculture sites.

The purpose of this study is to detect the laver aquaculture sites using multispectral remotely sensed data with autodetection algorithm. In order to detect the aquaculture sites, density slice and contour and vegetation index methods were applied with SPOT and IKONOS data of Shinan area. The marine aquaculture farm sites were extracted by density slice and contour methods with one band digital number(DN) carrying 65% accuracy. However, vegetation index algorithm carried out 75% accuracy using near-infra red and red bands.

Extraction of the laver aquaculture site using remotely sensed data will provide the efficient digital map for coastal water management strategies and red tide GIS management system.

Key words : marine aquaculture farms site, multi-spectral remotely sensed datat

## I. 서론

연안해역 양식어장은 연근해 어획량의 감소로 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 인식전환과 양식기술의 발전에 의해 급속히 증가하였고, 원양어업의 쇠퇴와 함께 국내 어업 생산량의 큰 비중을 차지하게 되었다. 또한, 고품종, 다량생산의 어업기술로 인해 일본을 비롯한 외국의 수출이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연안해역의 양식어장을 위성자료에 의해 관측하고자 하는 연구는 SPOT과 IRS와 같은 5-10m급 해상력의 위성자료가 이용되면서부터 기술적 개발이 이루어져 왔다.

미국 NOAA는 연안관측센터를 두고 위성자료에 의한 연안맵핑이나 연안동식물 보호 프로그램을 관리하고 있는데, 이러한 연구 프로그램의 일환으로 연안 양식이나 연안서식지 분석 등을 위성자료에 의해 수행하였다. 또한 FAO(2004)와 Mouchot(1990)은 레이다 영상을 이용하여 연안의 양식시설을 관측하는 연구를 수행하였다.

국내에서도 해양수산부에서 연안환경조사 및 관리를 위한 위성자료 이용방안 연구를 통하여 현장조사 자료와 위성자료 등을 이용하여 국내 연안의 양식시설을 조사 분석하는 연구가 있었다(해양수산부, 2000). 또, 무분별한 양식시설의 효율적인 관리와 무허가 시설의 규제를 위해 항공사진을 이용한 연안 양식시설 추출의 연구가 있었고, 연안개발에 의한 부유사 유입으로 양식어류의 집단폐사가 발생하거나 유류오염, 적조와 같은 연안환경피해에 의해 나타나는 피해 규모의 산정시 위성자료의 활용 등이 시도된바 있다(해양수산부, 2001).

연안양식어장의 정확한 위치를 파악하고 이들의 시설종류별 관리 현황도를 위성자료를 통해 벡터 자료화하여 GIS 시스템으로 구축하는 것은 매년 발생하는 적조피해를 방지하고 예방대책을 수립하여 피해를 저감시키는데도 기여할 것으로 판단된다.

하지만 연안해역 양식어장을 위성영상 자료에 의해 분석하고자 하는 연구는 아직 부족한 실정이다.

해양양식장의 관리방안을 제시하는 연구에서 Landsat TM 영상에 의해 스크린 디지털화 방법을 제안한 연구가 제시되었으나(박경 외, 2004), 이는 위성자료의 공간해상력에 의해 추출 정확도가 달라지고 영상의 픽셀에서 벡터를 추출하는 과정에서 오차가 발생할 수 있는 단점이 있다. 또, 해당 양식시설의 종류에 따라 설치시기와 수확시기 등이 다른데 이에 대한 시기적 비교는 양식장 증감의 비교로 부적합할 수 있다.

본 연구에서는 위성 관측자료에 의해 연안해역 양식어장을 분석하여 양식시설의 공간범위를 추출하는데 있어서 위성자료의 분광특성과 공간해상력을 비교하여 양식어장의 공간범위를 자동추출하고 이를 해양GIS 정보시스템 구축의 기본 자료로 이용 가능한 벡터자료의 구축에 연구의 목적이 있다.

## II. 양식 종류별 양식어장 탐지

국내에서 이루어지는 주요 양식어종은 어류에는 넙치, 농어, 방어, 송어, 연어, 조피볼락(우럭), 참돔 등이 있으며, 해조류는 김, 다시마, 미역 등이다. 또한, 패류에는 굴, 바지락, 전복, 진주조개, 피조개 등 있고 기타 성게, 우렁쉥이, 해삼 등이 양식되고 있다.

이러한 양식방법 중 위성영상에서 탐지할 수 있는 양식어장 종류별 형태는 폐쇄식과 개방식 양성이 있다. 폐쇄식 양식방법은 해상가두리 양식장이 주로 탐지되며 해상가두리 형태는 주로 크기는 5m×5m 가두리가 여러개로 묶여져 있어 탐지 시에는 5m×5m 형태로 군집되어 있는 직사각형 내지 정사각형의 물체를 탐지할 수 있다. 개방식 양식방법으로는 부류식과 연승수하식이 주로 탐지되며 부류식과 연승수하식의 특징은 한쪽 면의 길이가 보통 100m이며 주로 크기가 1ha(100m×100m) 형태이다. 부류식은 김과 같이 수면에서 주로 양식하는 방법이며, 연승수하식은 수면아래에서 양식하는 방법으로 탐지 시에 주로 스티로폼 부자의 일정한 형태를 보고 탐지가 가능하다.

양식어장 탐지에 적용 가능한 위성영상 종류는 일반적인 양식어장의 형태를 분석하여 이에 적합한 위성영상 자료를 형태별 양식어장 탐지에 적용 가능할 수 있는 영상종류를 살펴보면 어장의 크기가 최하 10m 이상이므로 위성영상의 공간해상도가 이보다는 높아야 하며 해조류 등을 추출하기 위해서는 다중분광 (Multispectral)영상이어야 한다.

### III. 연구범위 및 방법

본 연구에서는 위성영상에서 탐지할 수 있는 양식어장 종류 중 김 양식장의 공간범위를 파악할 수 있는 방안을 제시하였다. 김 양식어장의 공간범위는 위성영상의 공간해상도와 분광해상도에 의해 구분되었고, 이를 자동 추출하여 면적을 산정할 수 있는 방안을 제시하였다.

연구에 적용된 위성영상은 IKONOS(2000년 4월 8일 촬영)와 SPOT(98년 11월 5일 촬영)이며, 전라남도 신안군 지역의 위성영상 자료이다.

탐지방법은 밴드별 분광대 특성을 이용하여 분류하였다. 또한, 영상자료의 적외선영역과 적색영역 밴드를 이용한 연안식물의 추출을 (band3+band2)/(band3-band2) 적용 하였다. 또한 IKONOS는 공간해상력이 우수하여 가시영역의 밴드에서 영상합성에 의해 스크린 디지털이징하는(박경 외, 2004) 방법과 Density slice와 동일 DN(digital number)값을 갖는 픽셀을 contour로 추출하는 기법을 적용하여 이들 결과를 비교하였다. 각각의 적용방법에서 얻어진 결과는 위성자료와 추출 벡터를 중첩하여 자동추출방법의 정확도를 평가하였다.

그림 1은 김양식시설의 개략도로서 위성에 의한 양식시설 탐지의 공간적 규모를 비교할 수 있다. 이를 위성자료에 의해 추출하기 위해서 표 1과 같이 각각의 위성자료에 의한 공간해상력과 분광해상력을 비교하였다. 위성영상이 갖는 공간해상력을 바탕으로 양식시설의 크기를 비교하여 위성자료에 따른 탐지 가능 양식어종의 종류를 비교하였다. 또한 양식시

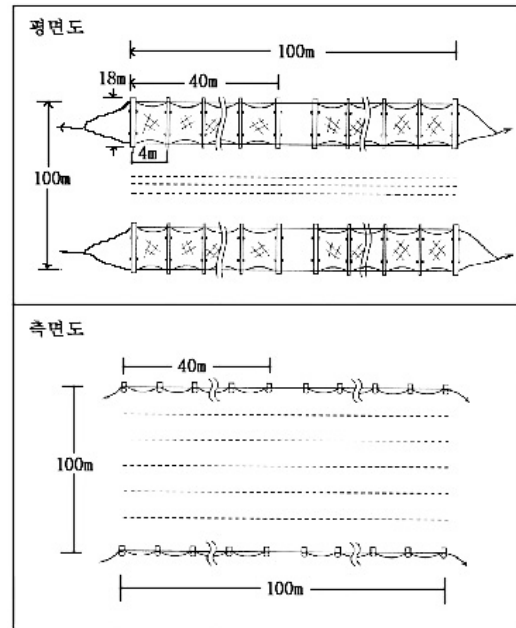


그림 1. 김 양식시설의 개략도

설의 관측이 주로 양식시기에 관측되므로 표 2에 해조류 양식의 양식지역과 생산시기를 제시하였다.

### IV. 연구결과 및 고찰

우리나라에서 김 양식은 주로 남, 서해안의 목포, 완도, 진도, 부안, 보령, 인천에서 이루어지고 있으며, 생산 시기는 가을에서 다음해 봄까지 이루어진다. 따라서 위성에 의해 김 양식의 생산범위를 추출하기 위해서는 이 시기의 영상자료가 사용되어야 하며 특히 수확기의 영상에서는 김 양식의 특성이 보다 뚜렷하게 관측된다.

해조류 양식어장의 일반적인 형태는 개방형 양식방법이 주를 이루며 그 중에 부류식(뜸발식) 양식방법, 연승식(침설식) 수하양식 방법을 많이 사용한다. 해조류 중 가장 많이 생산되는 김 양식어장의 경우 줄 부류식을 사용하고 있어서 김의 수확이 이루어질 때는 김 양식시설에서 왕성한 광합성이 이루어진다. 이러한 김 양식의 양식 특성은 위성영상에서 해수와

표 1. 위성영상 종류와 탐지 가능한 양식법

	위성영상종류	공간해상도 (meter)	파장대 영역( $\mu\text{m}$ )	관측폭(km)	탐지 양식어종 종류
IKONOS	PAN	1	0.45~0.90	11	대부분의 양식어장 탐지 가능
	MULTI	4	0.45~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.90	11	
	Pan-Sharpened	1	0.45~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 (0.76~0.90)	11	
SPOT	PAN	10	0.51~0.73	60	최하 20m~30m 이상 크기의 해수가 두리 양식어장이나 1ha가 넘는 부류식 수하양식어장 탐지가능
	MULTI	20	0.50~0.59 0.61~0.68 0.79~0.89 (1.58~1.75)	60	최하 40m~60m 이상 크기의 해수가 두리 양식어장이나 1ha가 넘는 부류식 수하양식어장 탐지가능
LANDSAT	MULTI	30	0.45~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.90 1.55~1.75 10.4~12.5 2.08~2.35	185	1ha가 넘는 밀집된 부류식 양식어장 탐지 가능
아리랑1호	PAN	6.6	0.51~0.73	17	최하 40m~60m 이상 크기의 해수가 두리 양식어장이나 1 ha가 넘는 부류식 수하양식어장 탐지가능

표 2. 해조류 양식의 양식지역과 생산시기

어종	특징	양식지역	생산시기	양식방법
김		남, 서해안(목포, 완도, 진도, 부안, 보령, 인천)	가을 ~ 봄	개방형 양식(말목식, 부류식)
미역		동, 남해안(기장, 부산, 진도, 완도)	가을 ~ 봄	개방형 양식(연승 수하식)
파래		남해안(부산, 남해, 하동, 진도, 완도)	가을 ~ 봄	개방형 양식(부류식)
툇		서, 남해안, 제주도	2년	개방형 양식(연승 수하식)

양식시설을 구분하는 요소를 제공하는데 해수의 반사특성은 적외선 영역에서 DN 값이 이론적으로 0이다. 하지만 해수에 포함된 부유사와 수면 밑에 있는 시설 등의 반사값에 의해 위성영상에서 0 이상의 DN값이 나타나는데 이를 동일 DN값에 의해 추출하는 방법이 적용되었다(RSI, 2004).

SPOT 영상의 근적외선밴드에서 DN값을 구분하여 김양식장을 추출한 결과는 양식장의 반사특성이 3개의 구분 지역으로 나누어진다. 이는 해수에 포함된 부유사나 수심에 의한 바닥 효과(bottom reflectance) 반사 특성에 의해 구분되는데, 본 연구에서는 DN값의 비교를 통해 추출하였다. 영상에서



그림 2. SPOT 영상에서 근적외선밴드의 DN값을 구분하여 김양식장 추출

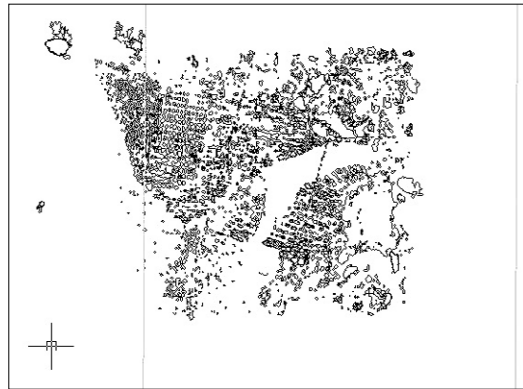


그림 3. SPOT 영상에서 추출된 김양식장의 벡터 좌표계(그림에서의 구분선은 1:25000 수치지도의 도곽 경계선)

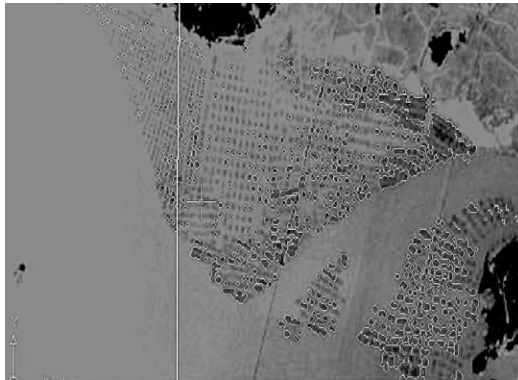


그림 4. SPOT 영상에서 근적외선밴드와 적색밴드를 이용한 식생지수 알고리즘 적용의 김양식장 추출방법

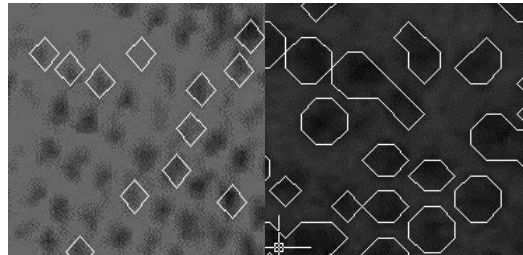


그림 5. DN값 추출(좌)과 식생지수 추출 후 contour 추출(우)에 의한 김양식장 추출 결과비교

추출된 벡터는 그림 3과 같이 지리좌표계를 통해 벡터지도로 전환하였다. 프로젝션은 UTM Zone 52 North를 Datum은 WGS-84 적용하였다.

추출된 김 양식장의 벡터지도는 위성영상에 중첩하여 추출된 벡터 정보의 정확도를 평가하게 되는데 그림 4는 SPOT 영상의 근적외선밴드와 적색밴드를 이용한 식생지수 알고리즘을 적용하여 김양식장을 추출한 결과이다.

본 연구에서 적용한 DN값의 구분방법(Density slice, DN contour)과 식생지수 추출방법의 비교 결과는 그림 5와 같다.

그림 5에서 단일 밴드의 DN값 적용은 DN값의 적용치(DN 79-85)의 적용 결과에 따라 김 양식장의

추출이 55%에서 65% 범위를 나타내고 있다. 이는 단일 밴드의 분광 특성에서 얻어지는 결과로 연구지역의 해역이 양식장 위치에 따라 수심에 차이가 있고, 바다 물의 해수색(water color)이 부유사와 유기오염물과 같은 해수 성분의 특성에 의해 차이가 나타나기 때문에 김양식장의 벡터추출에서 추출 정확도가 낮다.

본 연구에서는 이를 극복하기 위해 DN값의 밴드를 2회 이상 추출하여 여기서 추출된 결과의 벡터지도를 중첩시키는 방법을 적용하였다. 이 경우 김 양식장의 추출은 63%에서 72%의 추출 결과를 나타내었다. 하지만 이 방법은 영상의 조건과 영상 내에서 벡터 적용지역에 따라 추출 결과의 차이가 크고 작업자의 주관적 결과에 의한 차이가 15% 이상 나타나기 때문에 벡터 추출결과의 오차가 크게 나타났다.

따라서 본 연구에서는 보다 표준화된 김 양식장 추

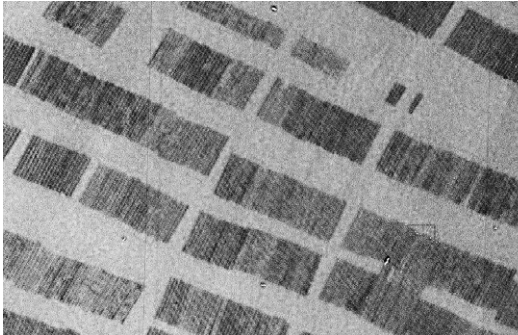


그림 6. IKONOS 영상에서 김 양식장의 분포

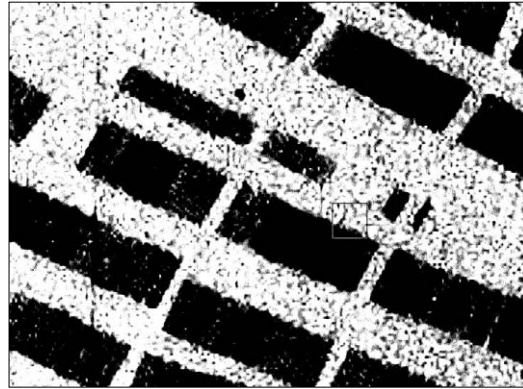


그림 7. IKONOS 영상의 Green 밴드에서 Red 밴드를 뺀 밴드 연산기법에 의해 추출된 양식장

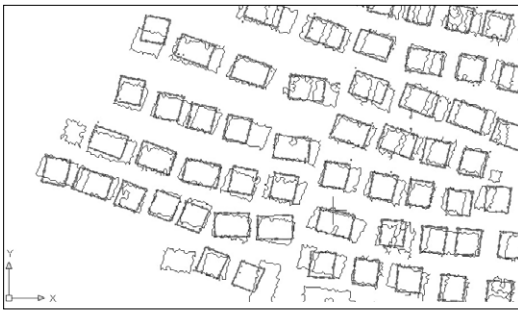


그림 8. IKONOS 영상에서 추출된 벡터의 양식장 정보를 SPOT 에서 추출된 정보와 중첩하여 제시한 결과

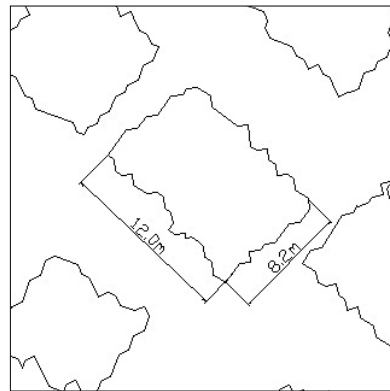


그림 9. IKONOS 영상에서 추출된 벡터를 김양식장 단위인 척의 정보로 표현

출방법을 제안하기 위해 김과 같은 해조류가 광합성을 하는 밴드의 분광특성을 적용한 식생지수 알고리즘을 SPOT 영상에 적용하였고, 이를 통해 추출된 단일 영상을 식생지수 값의 Density와 Contour 적용으로 양식장의 위치를 벡터로 추출하였다(그림 5의 우측 그림).

다중밴드의 SPOT 영상자료는 20m의 공간해상력을 가지고 있어서 김 양식장의 공간위치를 벡터로 추출하기에 적합하지만 앞에서 분석한 결과와 같이 양식장이 위치하고 있는 지역의 수심이나 해수색 특성에 의해 추출되는 정확도가 차이를 나타낸다. 본 연구에서는 이를 검증하기 위해 IKONOS 4m 공간해상력 자료를 이용하여 양식장의 추출에 따른 정확도와 추출 정도를 공간해상력 관점에서 비교하였다(그림 6).

그림 7은 IKONOS 영상의 Green 밴드에서 Red

밴드를 뺀 밴드연산기법에 의해 추출된 양식장의 그림 자료이며 영상에서 얻어진 DN값의 적용으로 김 양식장을 벡터 추출하여 그림 8에 제시하였다. 그림 8은 IKONOS 영상에서 추출된 벡터의 양식장 정보를 SPOT에서 추출된 정보와 중첩하여 제시한 결과이며 두 영상은 각각 2000년과 1998년에 촬영된 자료로 추출자료의 벡터는 일치하지 않지만 양식위치는 크게 변하지 않았음을 알 수 있다.

그림 9는 IKONOS 영상에서 추출된 벡터를 김양식장 면적 계산 단위인 척의 정보로 표현하여 나타낸 것이다. 그림 10은 SPOT 영상에서 추출된 김양식장의 벡터를 1:25000수치지도와 중첩하여 나타낸 것

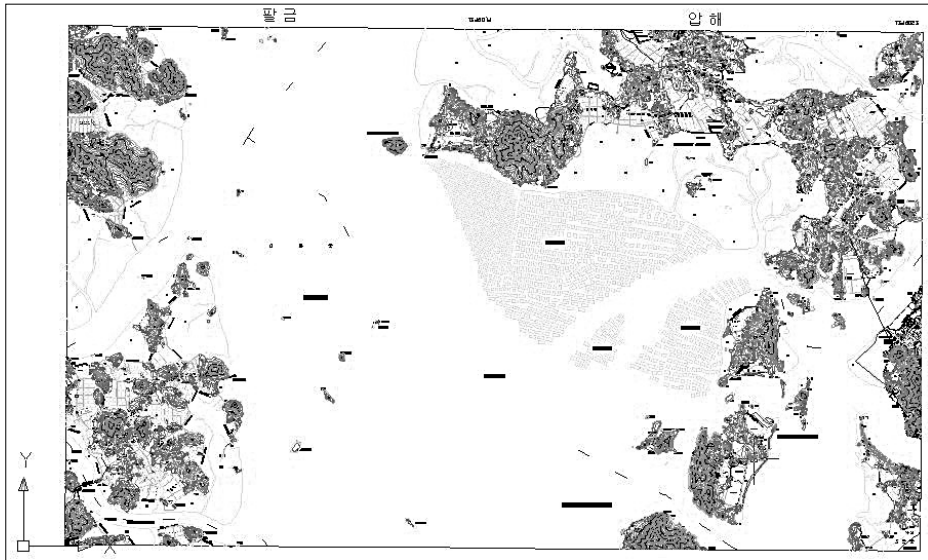


그림 10. SPOT 영상에서 추출된 김양식장의 벡터를 1:25000수치지도와 중첩

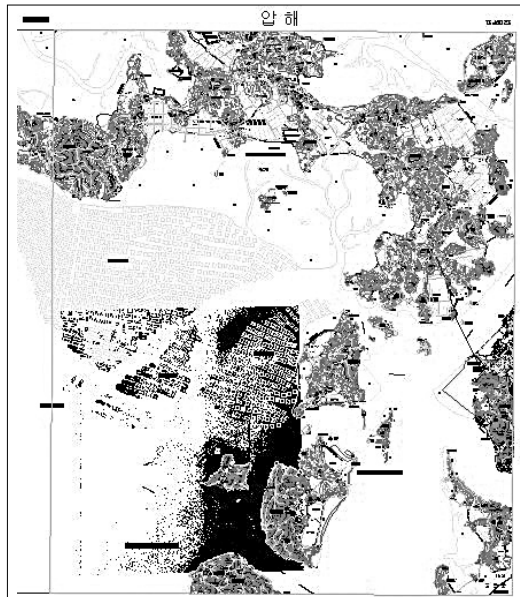


그림 11. SPOT과 IKONOS 영상에서 추출된 김양식장의 벡터지도

으로 위성영상에서 추출된 양식시설의 벡터 자료 중 일부(25%)의 불명확한 폴리곤을 양식시설 도면에 의해 수정하여 제시한 결과이다. 그림 11은 SPOT과 IKONOS 영상에서 추출된 김양식장의 벡터를



그림 12. SPOT과 IKONOS 영상에서 추출된 김양식장의 벡터 분포도

1:25000수치지도와 중첩하여 나타난 것으로 좌하단의 박스가 본 연구에 사용된 IKONOS 영상의 범위이다.

그림 12는 SPOT과 IKONOS 영상에서 추출된 김양식장의 벡터를 1:25000 수치지도와 중첩하여 압해도 김양식장 분포도를 제작한 결과이다. SPOT과 IKONOS의 공간해상력과 분광해상력은 다르지만 양식장의 위치를 명확히 찾아내고 있으나, 각각의 영

상이 관측된 시기의 차이에 의해 김 양식장의 벡터 추출자료의 정도는 차이가 크다. IKONOS의 경우 스크린상에서 디지털타이징이 가능한 범위로 그림 6과 같이 매우 정확한 김 양식장의 추출이 가능하지만 영상자료의 단위 면적당 직접 스크린 디지털타이징하는 데는 많은 인건비와 영상자료비가 요구된다.

본 연구에서는 보다 효율적으로 위성영상을 통해 김 양식장을 자동 추출하는 방안을 제시하였다. SPOT과 같은 다중밴드 영상의 근적외선 영역과 적색밴드영역을 이용한 알고리즘의 적용은 75%의 김 양식장 자동추출의 효과를 얻을 수 있었다. 이를 벡터자료 수정 편집을 통하여 기존의 양식장 도면과 중첩함으로써 양식시설의 증감에 따른 수확량의 예측이 이루어질 수 있다.

위성영상을 통해 김 양식장 시설을 추출하고 이를 벡터지도화 함으로써 김 양식장의 면적을 파악할 수 있고, 불법양식시설의 탐지가 가능하며, 전국적인 김 양식시설의 현황 등을 분석할 수 있다. 이러한 양식시설의 현황과 공간적 분포 등을 지도화하는 연구는 연안해양환경의 오염과 관리 측면에서 매우 중요한 자료로 활용될 수 있다. 특히 기르는 양식어업의 경우 많은 양의 사료를 해양에 투입하여 연안오염의 증가가 급속하게 진행되고 있으며, 적조의 발생에 의한 피해를 방지할 수 있는 정책적 지원시스템의 구축과 활용에서도 기본 자료의 구축에 충분히 활용될 수 있다.

또한 연안오염의 관리를 위해 양식시설의 총량적 관리방안을 GIS시스템을 구축하여 평가하는데도 본 연구의 양식시설 지도가 유용하게 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

## 참고문헌

- 박경 외, 2004, 위성영상을 이용한 해상 양식장 관리 방안 연구, 환경영향평가, 13(5), 321-241.
- 해양수산부, 2000, 『위성영상을 이용한 연안변화탐지 기술개발용역』, 최종보고서.
- 해양수산부, 2001, 『연안관리정보시스템 용역 3차년도』, 100-121.
- FAO, 2004, Mapping coastal aquaculture and fisheries structures by satellite imaging radar, FAO fisheries technical paper, 19-43.
- Mouchot et al., 1990, Use of Radar Imagery as an Aid in the Management of Aquaculture Site, Proceeding 13<sup>th</sup> Canadian Symposium on Remote Sensing, 326-337.
- RSI, 2004, ENVI 4.1 tutorials, 210-320.