

## KOMPSAT-3 위성영상 기반 양식시설물 자동 검출 프로토타입 시스템 개발\*

김도령<sup>1</sup> · 김형훈<sup>1</sup> · 김우현<sup>1</sup> · 류동하<sup>1</sup> · 강수명<sup>1</sup> · 정윤재<sup>1\*</sup>

### Development of a Prototype System for Aquaculture Facility Auto Detection Using KOMPSAT-3 Satellite Imagery\*

Do-Ryeong KIM<sup>1</sup> · Hyeong-Hun KIM<sup>1</sup> · Woo-Hyeon KIM<sup>1</sup>  
Dong-Ha RYU<sup>1</sup> · Su-Myung GANG<sup>1</sup> · Yun-Jae CHOUNG<sup>1\*</sup>

#### 요 약

우리나라에서는 삼면이 바다와 접해있는 반도형태의 국가로 과거부터 해양수산물에 대한 양식이 이루어져 왔다. 최근에는 양식시설물들을 체계적으로 관리하기 위해 생산량에 대한 조사하고 있으며, 조사된 자료를 기반으로 생산물에 대한 가격책정을 수행하여 내수 어족자원을 안정화하고 어민생활권을 보장하고 있다. 이러한 양식시설물의 조사는 매년 항공사진 기반의 수동 디지털라이징을 기반으로 하고 있다. 고해상도의 항공사진을 활용한 수동 디지털라이징은 양식시설물 별 종류에 따른 특징과 시설물 운용 여부 등을 알고 있는 전문가의 지식을 기반으로 하여 정확한 구획이 수행된다. 그러나 항공사진의 활용은 생육주기가 다른 양식자원들을 모니터링하기에는 경제적, 시간적 한계가 있으며, 전문가의 지식기반 구획 역시 다수의 전문 인력 등이 투입되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 관측 대상지에 대한 대단위 모니터링이 가능한 위성영상을 바탕으로 양식장에 대한 외곽정보 자동으로 검출하는 프로토타입 시스템 개발에 대해 연구하였다. 연구에 사용되는 위성영상은 국내 고해상 위성인 KOMPSAT-3 위성영상 13 Scene을 양식시설이 주로 이용되는 10월에서 4월 사이에 신규 촬영하여 사용하였다. 양식시설의 검출은 가두리식, 연승식, 부류식 양식시설을 검출하였으며 검출 방법은 영상 처리를 통한 ANN 분류기법 및 Polygon 생성기법을 사용하였다. 개발된 프로토타입 시스템의 양식시설 검출율은 약 93% 정도로 나타났다. 위성영상 기반의 양식시설물 외곽정보 검출은 기존 항공사진이 가지는 모니터링의 한계를 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 전문가가 양식시설을 탐지하고 판독하는 데 있어 유용하게 지원될 수 있을 것이다. 향후 양식장 시설물별 분류 및 영상 처리 기법의 적용을 통해 양식장 시설물 검출 시스템이 개발되어야

2016년 9월 2일 접수 Received on September 2, 2016 / 2016년 9월 30일 수정 Revised on September 30, 2016 /  
2016년 12월 2일 심사완료 Accepted on December 2, 2016

\* 본 연구는 미래창조과학부/한국연구재단 우주핵심기술개발사업의 연구비지원(NRF-2014M1A3A3A03067386)에 의해 수행되었음.

1 ㈜지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, GEO&I Co., Ltd.

\* Corresponding Author E-mail : chyj@geocni.com

할 것이며, 해당 시스템을 통해 양식시설물 모니터링을 수행하여 관련 의사결정 지원에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어** : KOMPSAT-3, 양식시설물, ANN분류기, 특징추출, 프로토타입 시스템

## ABSTRACT

Aquaculture has historically delivered marine products because the country is surrounded by ocean on three sides. Surveys on production have been conducted recently to systematically manage aquaculture facilities. Based on survey results, pricing controls on marine products has been implemented to stabilize local fishery resources and to ensure minimum income for fishermen. Such surveys on aquaculture facilities depend on manual digitization of aerial photographs each year. These surveys that incorporate manual digitization using high-resolution aerial photographs can accurately evaluate aquaculture with the knowledge of experts, who are aware of each aquaculture facility's characteristics and deployment of those facilities. However, using aerial photographs has monetary and time limitations for monitoring aquaculture resources with different life cycles, and also requires a number of experts. Therefore, in this study, we investigated an automatic prototype system for detecting boundary information and monitoring aquaculture facilities based on satellite images. KOMPSAT-3 (13 Scene), a local high-resolution satellite provided the satellite imagery collected between October and April, a time period in which many aquaculture facilities were operating. The ANN classification method was used for automatic detecting such as cage, longline and buoy type. Furthermore, shape files were generated using a digitizing image processing method that incorporates polygon generation techniques. In this study, our newly developed prototype method detected aquaculture facilities at a rate of 93%. The suggested method overcomes the limits of existing monitoring method using aerial photographs, but also assists experts in detecting aquaculture facilities. Aquaculture facility detection systems must be developed in the future through application of image processing techniques and classification of aquaculture facilities. Such systems will assist in related decision-making through aquaculture facility monitoring.

**KEYWORDS** : *KOMPSAT-3, Aquaculture Facilities, ANN Classifier, Feature Extraction, Prototype System*

## 서론

### 1. 연구배경

우리나라는 지난 40여 년간 해양수산 분야에 있어 양식업이 크게 발전하였다. 최근에는 국내

양식어업이 일반 해면어업에 비해, 보다 많은 양의 어족자원을 생산하고 있으며 연간 생산량도 증가하고 있어 우리나라 수산업의 주축으로 자리 잡았다. 현재 국내 양식어업은 해상과 육상에서 활발하게 진행되고 있으며 특히, 해양수산업의 경우 굴, 광어, 홍합, 멍게 등은 우리나라

라가 세계적 생산국으로 자리 잡고 있다. 그중 김과 미역 양식의 경우 우리나라가 세계 최대의 생산국이며, 전복은 세계 2위 생산국으로 국민의 식량원을 충족과 수출산업에 크게 기여하고 있다(KAMI, 2015).

양식어업은 양식시설에 대한 관리와 내수물량의 조절이 필수적이다. 이는 양식자원의 생산량에 따른 적정 가격을 책정하고 국내외 시장에 안정적으로 유통하여 수산자원을 생산하는 어민의 생활권을 안정시키기 위함이다. 그러나 육지와는 달리 양식시설의 정확한 위치 파악이 힘들고 넓게 분포되어 있어 양식어업을 관리 감독하는 기관이 지속해서 모니터링하기에는 어려움이 있다(Jo, 2011). 그뿐만 아니라, 중국을 비롯한 동남아시아 지역에서 생산되는 양식자원의 유입 역시 국내 어민들의 생계에 많은 영향을 미치고 있어 해당사항에 대한 모니터링을 수행하고자 하는 요구가 있으나, 감시체계 및 방법의 부재로 인해 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 문제를 극복하기 위해 국내에서는 항공사진 및 위성영상을 활용한 양식시설 정보 추출 및 모니터링과 관련한 다양한 연구가 진행되었다. Park *et al.*(2004)의 경우 GIS 기반의 양식 어장 정보관리 시스템 구축 연구를 수행하였으며 Yang *et al.*(2007)은 해양관측자료를 기반으로 한 양식시설 정보 실시간 제공 시스템을 개발하고, 한국해양수산개발원(KMI)에서는 위성영상을 활용하여 양식시설의 시설량을 판독하는 연구를 수행하였다. 또한, Yang and Park(2006)은 SPOT-5 영상을 기반으로 한 김 양식시설의 시설량 판독 및 정보 추출이 가능한 관리시스템 프로토타입 구축 연구를 수행하여 2010년에 개발을 완료하였으며 Jo(2011)는 고해상 항공사진 기반의 다양한 양식 시설의 시설량 산출에 대한 연구를 수행하였다. 시설정보 탐지 및 시설량 정보 표출뿐만 아니라 Park and Suh(2013)은 GIS를 기반으로 한 양식시설의 적지 선정 등과 같은 연구도 수행되었다. 또한, 한국해양수산개발원(KMI)은 매년 항공사진과 현장조사를 기반으로 양식시설

을 판독하는 사업을 수행하고 있으며 해양수산부에서는 수산정보포털을 구축하여 국내 어족 자원에 대한 정보를 관리하고 있다.

선행된 연구들은 관측자료 기반의 수온, 염분 등과 같은 양식시설 운용을 위한 환경정보의 제공이나 GIS 기반의 단순 양식시설 관리정보 제공과 같은 정보시스템 관련 연구가 대부분이며, 원격탐사자료인 위성영상이나 항공사진을 이용한 연구 역시 중해상의 위성영상을 기반으로 한 단일 어종의 탐지 연구나 고비용의 항공사진을 이용한 수동 판독 연구 위주로 진행되고 있다. GIS 기반의 양식시설 정보 시스템은 양식어종의 생육과 시설에 대한 모니터링에 한계를 가지며 항공사진 기반의 양식시설 탐지는 서로 다른 생육주기를 가지는 수산 어종들을 지속적으로 모니터링하기 어려울 뿐만 아니라 한반도 남해와 서해 전반에 걸쳐 있는 양식시설 전체를 감시하기에 한계가 있다. 또한, 현장조사 및 수동 판독으로 통한 양식시설 정보 구축은 많은 인력과 오랜 시간이 걸리는 한계를 가진다. 이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 항공사진에 비해 넓은 지역을 관측하고 주기적으로 동일지점정보를 획득하는 인공위성 영상을 활용하는 것이 유리하다. 위성영상 기반의 양식시설 모니터링은 해외의 고해상 위성영상을 활용할 수 있으나, 국내 위성영상보다 가격이 비싸고 원하는 지역에 대한 영상 정보 획득이 비교적 어려우므로 최근 1m 이하의 높은 공간정보를 가지는 국내 위성영상을 활용하는 것이 효율적이다.

그러므로 본 연구에서는 국내 고해상 위성인 KOMPSAT-3 영상을 활용하여 기존 모니터링의 한계를 개선하고 현장조사 및 수동 디지털 기반의 판독 방법을 보완할 수 있도록 하는 양식시설 자동 검출 및 모니터링 프로토타입 시스템을 개발하였다. 프로토타입 시스템은 전 처리된 위성영상을 입력하면 해당 위성영상에서 양식시설물의 특징정보 획득, 학습하고 자동으로 분류할 수 있도록 하는 기계학습 방법인 ANN(Artificial Neural Network) 분류기를 활용하여 개발하였다.

## 연구지역 및 방법

### 1. 연구대상지역 및 자료

본 연구의 대상 지역은 한반도 남해에 위치한 전라남도 완도군의 보길도, 노화도, 소안도 인근과 경상남도 통영시와 거제시의 한산도, 산달도, 좌도 인근이다. 두 대상 지역은 가두리식, 부류식, 연승식 등 다양한 양식시설이 넓게 분포되어 있을 뿐만 아니라, 양식시설이 생산하는 양식자원의 양이 풍부하다. 완도군의 경우 265개의 섬으로 이루어진 지역으로 2015년 기준 전라남도 전체 어장 면적인 164,892ha 중 자체 별로 비교하였을 때 가장 넓은 면적인 36,413ha를 차지하고 있으며, 전체 어장 면적 중 75% 이상이 보길도, 노화도, 소안도에 분포되어 있다(Jeollanamdo, 2015). 해당 지역들은 연간 해수 온도의 변동 폭이 작아 전복등의 패류가 성장하는데 유리한 조건을 가지고 있으며 이로 인해 국내 전복생산량의 80% 이상을 차지할 만큼 많은 가두리 양식시설을 운용 중이며, 전복의 먹이가 되는 미역 생산을 위해 연승식 또는 부류식 시설이 다수 운용되고 있다(Yang *et al.*, 2012). 거제시와 통영시는 2012년 기준 경상남도 전체 양식시설 면적 571,503m<sup>2</sup> 중 137,558m<sup>2</sup>와 315,620m<sup>2</sup>를 차지할 만큼 많은 양식시설을 운용하고 있어 대부분의 어민들이 양식 시설을 통해 어족자원을 생산하고

있다(Statistics Korea, 2012). 이러한 거제시와 통영시는 추계와 동계 해수 온도가 높아 굴, 멍게, 홍합 등의 패류를 생산하는 연승식과 어류를 생산하는 가두리식 양식이 집중되어 있다(Cho *et al.*, 2010).

연구에 활용되는 자료는 국내 고해상 위성인 KOMPSAT-3의 위성영상으로 70cm의 공간 해상도를 가지며, 가시광역인 청색, 녹색, 적색 밴드와 근적외 밴드를 가진 광학 영상이다(KARI, 2016). 위성영상은 항공사진보다 촬영 시기 선정과 촬영영상의 획득이 용이하고 서브미터급의 고해상 광학 영상을 확보할 수 있다. 특히 국내 위성인 KOMPSAT-3의 위성영상은 해외 고해상 위성영상보다 촬영 시기, 촬영지역 등에 대한 설정이 용이하다. 이러한 이점을 활용하여 연구지역 전반에 대해 양식시설 탐지를 위한 신규 위성영상 13 Scene의 영상을 확보하였으며, 해당 영상을 바탕으로 양식시설 정보를 추출하였다. 아래 그림 1은 연구 대상 지역 및 연구를 위해 확보한 위성영상을 나타내며, 표 1은 영상 촬영 날짜, 지역 및 중점 위치 등을 나타낸다.

### 2. 연구과정 및 방법

#### 1) 연구흐름도

양식시설정보 자동 검출 프로토타입 시스템의 개발 흐름은 그림 2와 같다. 먼저, 기하보정과

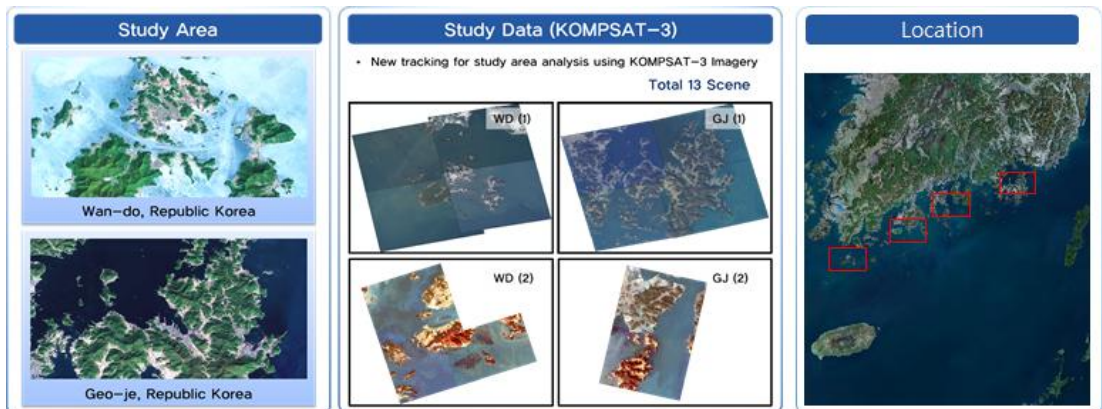


FIGURE 1. The concept of dynamic expression technology

TABLE 1. Shooting information of the KOMPSAT-3 satellite images

Shooting area (central point)	Recording date(band)	Shooting site (central point)	Recording date
Wan-do (1) (Lat:34.2412, Long:126.4875)	2015-04-10 (B,G,R,N)	Geo-Je (1) (Lat:34.9387, Long:128.4488)	2015-01-12 (B,G,R,N)
Wan-do (2) (Lat:34.1069, Long:126.5198)	2015-04-10 (B,G,R,N)	Geo-Je (2) (Lat:34.8065, Long:128.4914)	2015-01-12 (B,G,R,N)
Wan-do (3) (Lat:34.5383, Long:127.0879)	2015-03-02 (B,G,R,N)	Geo-Je (3) (Lat:34.9495, Long:128.6518)	2014-12-25 (B,G,R,N)
Wan-do (4) (Lat:34.4055, Long:127.1274)	2015-03-02 (B,G,R,N)	Geo-Je (4) (Lat:34.8309, Long:128.6918)	2014-12-25 (B,G,R,N)
Wan-do (5) (Lat:34.2821, Long:126.6310)	2014-12-18 (B,G,R,N)	Geo-Je (5) (Lat:34.8033, Long:127.7372)	2014-01-06 (B,G,R,N)
Wan-do (6) (Lat:34.1492, Long:126.6674)	2014-12-18 (B,G,R,N)	Geo-Je (6) (Lat:34.6714, Long:127.7791)	2014-01-06 (B,G,R,N)
Wan-do (7) (Lat:34.4031, Long:127.2603)	2015-02-02 (B,G,R,N)		

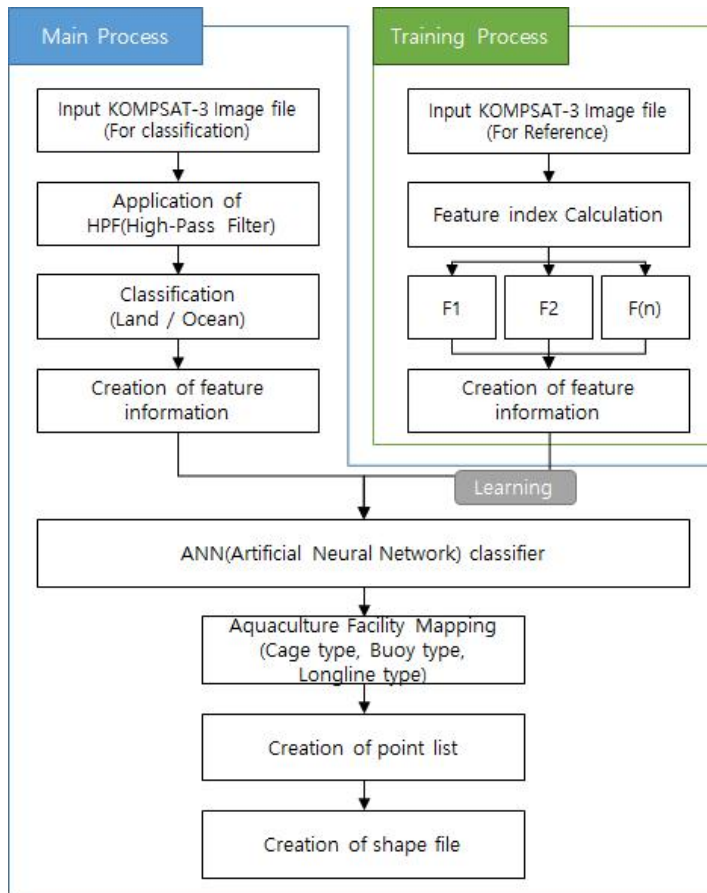


FIGURE 2. Study flow chart

같은 위치보정이 완료된 KOMPSAT-3 위성영상을 기반으로 양식시설물에 대한 특징정보를 추출하고 해당 특징정보를 이용하여 ANN 분류기를 기계학습 시킨다. 다음으로, 양식시설 추출이 용이할 수 있도록 KOMPSAT-3 위성영상에서 HPF(High-Pass Filter)를 적용한 후 물과 육지를 분류한다. 마지막으로 분류된 영상에서 양식시설별로 분류한 후 추출하여 GIS 소프트웨어에서 사용할 수 있도록 Shape 파일로 저장한다.

## 2) 양식시설 추출 결과 향상을 위한 전처리 기능 개발

KOMPSAT-3 위성영상을 활용한 양식시설의 외곽정보를 획득하기 위해서는 영상에서 양식시설을 추출하고 시설의 종류별로 분류하여야 한다. 추출 및 분류 결과의 질적 향상을 위해 사전적으로 위성영상에 영상처리 기법을 적용하여 영상 강조를 수행하게 된다. 본 연구에서는 시설물의 강조가 두드러지게 나타나는 HPF와 IHS(Intensity Hue-Saturation) 기법

등을 선정하여 각 기법을 비교한 후 보다 적절한 기법을 KOMPSAT-3 영상에 적용하였다. HPF 기법은 Pixel 기반의 영상정보를 주파수로 변환하여 처리하는 기법으로, 영상정보를 고주파 대역과 저주파 대역으로 분리한 후 고주파 영역을 강조하고 저주파 영역을 차단하여 처리한다. 일반적으로 고주파 영역은 영상 내 Pixel 값의 차이가 큰 부분으로 해당 영상에서는 양식시설과 바다의 경계 또는 색상 변화가 뚜렷한 부분이다. IHS는 여러 개의 밴드정보에 각각 색조 및 명암 강조를 수행하는 방법으로 Pixel에 대한 직접적인 강조를 수행한다. 이러한 두 기법을 KOMPSAT-3 위성영상에 적용하여 양식시설에 대한 강조정보를 비교하였으며, 그 결과 IHS기법의 경우 양식시설에 대한 경계는 뚜렷이 나타나지만, 영상 내에 불필요한 노이즈의 발생이 나타나는 것을 확인하였다. 또한, HPF기법을 적용한 영상에서는 IHS적용 영상에 비해 시설물 강조는 다소 미비하나 양식시설에 대한 경계가 일반 영상에 비해 또렷이 나타났으며 노이즈가 발생하지 않았다. 노이즈

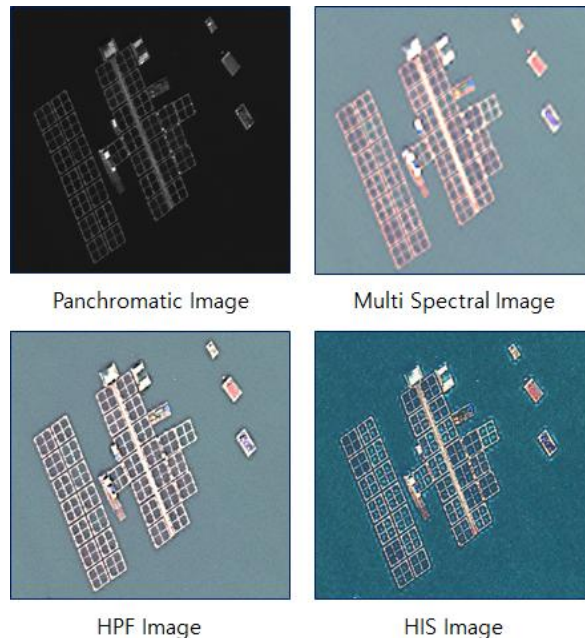


FIGURE 3. Image enhancement method

의 발생은 양식시설의 외곽정보 획득 시 불필요한 자료를 생성하게 되므로 영상강조는 HPF 기법을 선택하여 영상 전처리 기능을 개발하였다. 그림 3은 HPF기법과 IHS기법을 적용한 결과이다.

HPF를 적용한 영상은 보다 좋은 양식시설 정보가 추출될 수 있도록 물과 육지를 분류하는 과정을 한 번 더 거치게 된다. 물과 육지의 분류는 NDWI(Normalized Difference Water Index)기법을 활용하였다.

$$NDWI = \frac{Green(Band3) - \text{IR}(Band4)}{Green(Band3) + \text{IR}(Band4)} \quad (1)$$

NDWI는 식생이나 지표면에 포함된 수분 함량을 나타내는 지수로 하천, 호수, 습지 등 수분 함유량이 높은 지형, 지물을 탐지하는 데 활용된다(Park *et al.*, 2016). 물과 육지의 분류는 KOPMSAT-3 영상이 입력됨과 동시에 밴드연산을 수행하여 NDWI 영상을 생성하고, 생성된 영상에서 육지 부분에 대한 정보를 추출하여 Mask를 생성한 후 해수 부분에 대해서만 분류처리를 수행할 수 있도록 개발하였다. 물과 육지를 분류하는 이유는 양식시설을 추출함에 있어 양식시설과 유사한 Pixel 값을 가지

는 육지 내 불필요한 특정 객체의 생성을 방지하기 위함이다.

### 3) 특징 추출 및 ANN분류기 기계학습

양식시설의 자동 분류 및 추출을 위해 특징 정보를 바탕으로 기계학습을 수행하여 학습된 정보를 기반으로 특정 객체 정보를 분류하는 영상처리 기법인 ANN 분류기를 사용하였다.

ANN 분류기는 인공신경망 분류기라고도 불리며, 인간의 뇌 정보 처리를 담당하는 뉴런의 신호처리과정을 모방한 분류기로 기존 기계학습 알고리즘의 한계를 개선하고자 고안되었다. ANN 분류기의 내부 구조는 입력층, 은닉층, 출력층으로 구성되어 있으며, 입력층은 분류를 위해 사용되는 영상에서 추출된 Pixel 값이 입력되는 부분이며 은닉층은 입력된 Pixel 값들이 일련의 지수들과 대조, 연산하여 특정한 스코어를 계산하는 기계학습층 이다. 마지막으로 출력층은 은닉층에서 생성된 스코어들이 출력되는 부분으로, 학습자료와 입력자료 간 유사성을 스코어로 나타내며, 출력된 스코어를 바탕으로 양식시설이 분류된다. ANN 분류기가 학습하기 위해 생성하는 특징정보의 추출은 입력되는 위성영상에서 양식시설이 가지는 특유의 Pixel 값에 대한 지수를 추출할 수 있도록 청색, 녹색,

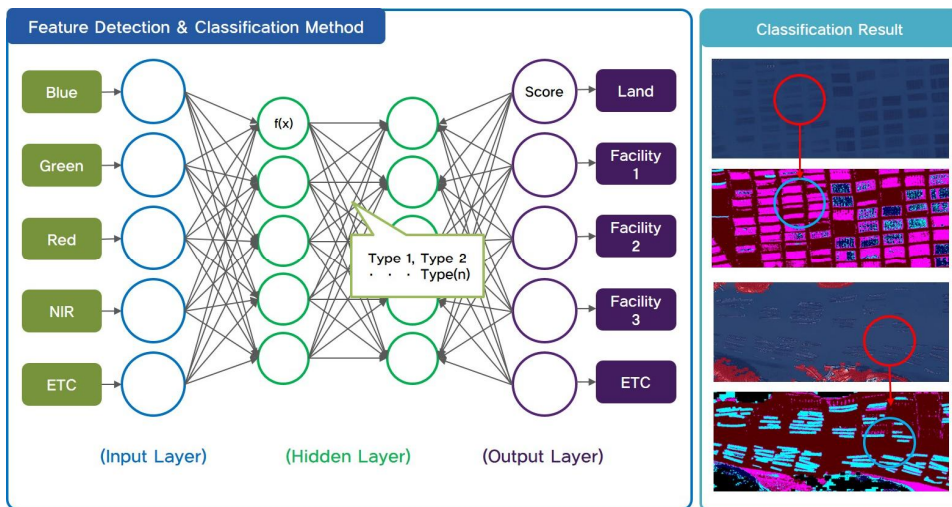


FIGURE 4. ANN classifier process and result

적색 밴드와 근적외 밴드 각각을 밴드연산으로 생성한 다수의 분석 영상 등에서 양식시설의 종류별로 수동 구획하여 생성하였다.

생성된 특징정보는 ANN 분류기에 입력되는데 해당 정보는 ANN 분류기가 영상 내 가두리식, 부류식, 연승식 등 다양한 양식시설들에 고유의 값을 추출할 수 있도록 학습하는데 사용되며 ANN 분류기의 학습과정은 그림 4와 같다. 먼저, 특징정보들이 ANN 분류기의 입력계층에 입력되며 은닉계층에서 특징정보 간 교차연산, 대입, 대조과정을 거쳐 고유지수를 생성하고 각 고유 지수들이 양식시설의 종류별로 얼마나 유사한지를 점수화 하게 된다. 마지막으로 점수화된 Pixel 정보들을 입력된 영상에 적용하여 양식시설을 종류별로 분류, 검출하게 된다.

위 와 같은 과정을 거쳐 입력된 KOMPSAT-3 영상을 기반으로 ANN 분류기를 통해 부류식, 연승식, 가두리식 등의 양식시설을 분류하였다. 분류된 결과는 Raster 형태의 영상정보이며 이를 활용하기 위해서는 양식시설의 종류별로 외곽정보를 추출하고 해당 정보를 기반으로 Shape 파일을 생성하는 과정이 필요하다.

#### 4) 양식시설물 외곽정보 생성

양식시설 추출결과는 Raster 형태의 영상자료이다. 해당 정보를 활용하기 위해서는 양식시

설의 종류별로 Labeling 하는 과정이 필요하며 그림 5와 같은 과정을 거친다. Labeling은 추출결과 영상에서 시설물 별로 고유의 Class number를 부여하는 과정으로 여러 번의 Labeling 과정을 거쳐 양식시설의 Class가 분류된다. Labeling은 먼저, 추출된 결과 영상의 Pixel 값 전체를 조회하여  $[x_{(1)}, y_{(1)}]$ 지점부터 가장 마지막 Pixel 인  $[x_{(n)}, y_{(n)}]$  Pixel 값에 대한 분류를 수행하며 유사한 속성값을 가지는 Pixel 별로 그룹을 생성하게 되며 영상 전체에 대해 그룹화할 Pixel이 존재하지 않을 때까지 해당 과정이 반복된다.

Labeling이 완료되면 외곽정보 추출을 위한 코너 Point를 생성하며 코너 Point의 생성은 Harris corner 방법을 활용하였다. Harris corner 방법은 기준 Pixel 값과 주변 방향의 Pixel 값들에 대한 처리를 계산하여 영상 내에 Corner를 생성하는 알고리즘으로 해당 화소값에서  $(\Delta x, \Delta y)$ 만큼 이동한 화소의 변화량을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E(\Delta x, \Delta y) = \sum_w [I(x_i + \Delta x, y_i + \text{TRIANGLE}y) - I(x_i, y_i)]^2 \quad (2)$$

위의 식 내  $I(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y)$ 를 선형근사 함으

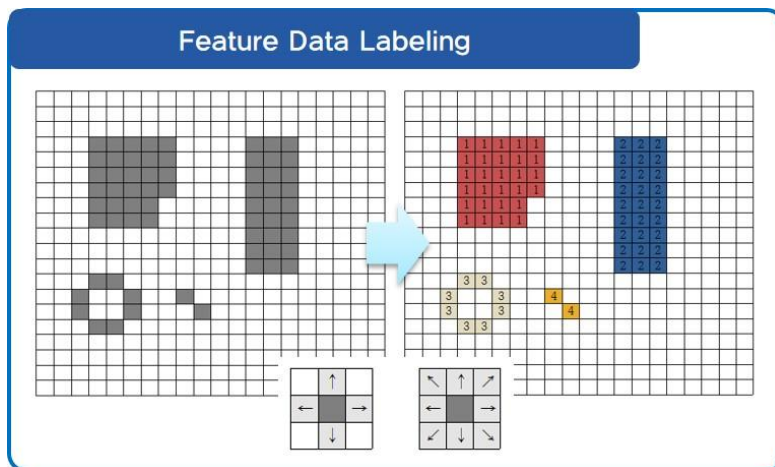


FIGURE 5. Object labeling method



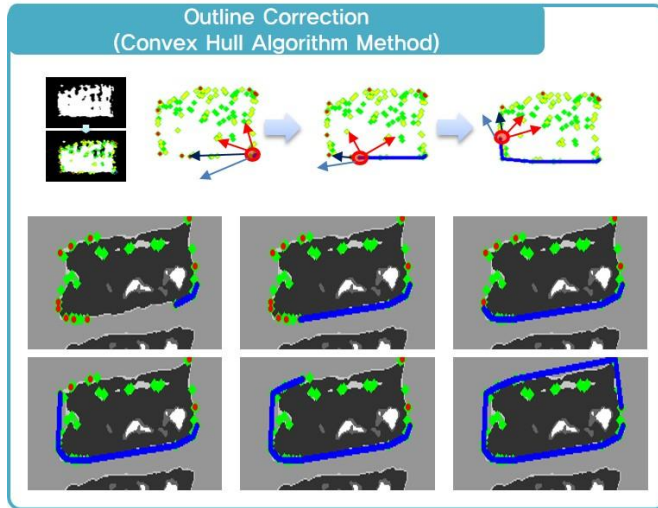


FIGURE 6. Convex hull algorithm method

로서,  $E(\Delta x, \Delta y)$ 에서 고유 벡터값(eigenvalue)  $\lambda_1$ 와  $\lambda_2$ 를 얻을 수 있으며,  $\lambda_1$ 와  $\lambda_2$ 값의 차이를 이용하여 Corner 위치를 찾을 수 있다.

생성된 Point를 기준으로 외곽정보를 검출하기 위해 생성 Point들을 중심점 기준으로 일련의 각도마다 선정되는 Point를 이어서 리스트를 생성하고 해당 리스트를 기준으로 외곽정보를 검출한다. 그러나 단순 각도 기반 Point 연결은 외곽이 아닌 시설정보 내부에 오 생성된 Point가 포함 되어 연결되기 때문에 양식시설의 외곽정보를 온전히 반영하기 힘들다. 이러한 사항을 개선하기 위해 Convex hull 알고리즘을 적용하였다. Convex hull 방법은 좌표 군집 내

에서 Point가 치우쳐진 방향의 좌표를 고려하여 선택된 Point 좌표와 모든 Point의 좌표들 간 각도를 계산하여 연결점을 선택하는 방식으로 데카르트 좌표계를 기준으로 시계방향은 최대각도 방향에 있는 Point 좌표를 선택하고 반시계 방향은 최소각도 방향에 있는 Point 좌표를 선택하여 Point를 연결한다. Point 좌표의 연결을 반복적으로 수행하여 시작 Point 좌표에 다시 도달할 때까지 진행하게 되며 그림 6과 같은 과정을 거친다.

영상 양식시설의 종류별 분류 및 외곽정보는 양식시설 정보를 관리 및 모니터링하는 실무자가 GIS 소프트웨어에서 활용 가능할 수 있도록



FIGURE 7. Aquaculture facility auto detection result

Shape 파일로 생성되어야 한다. Shape 파일의 생성은 양식시설에 대한 외곽속성 및 양식시설 종류 속성정보를 포함하도록 하며 양식장 외곽 정보뿐만 아니라 Shape 파일 자체 정보를 가지는 Bounding box를 동시에 생성하였으며 그 결과는 그림 7과 같다.

위에 해당하는 영상 강조를 위한 전처리 기능, 양식시설 분류를 위한 분류기, 분류정보에서 Point에 따른 양식시설 외곽정보 추출기능, 결과물에 대한 Shape 파일 생성 기능은 사용자가 별도의 조작 없이 분류하고자 하는 KOMPSAT-3 위성영상을 입력하면 자동으로 수행될 수 있도록 프로토타입 시스템을 개발하였다. 이는 양식장 모니터링을 수행하는 담당자가 위성영상만 입수되면 별도의 조작이나 확인 없이 편리하게 양식시설 정보를 추출할 수 있도록 하기 위함이다.

## 연구결과 및 정확도 검증

### 1. 양식시설 자동 탐지 프로토타입 시스템

본 연구에서는 국내 고해상 광학위성인 KOMPSAT-3 영상을 활용하여 양식시설을 자동으로 탐지하고 시설정보를 추출할 수 있는 프

로토타입 시스템을 개발하였으며 그 결과는 그림 8과 같다. 양식시설 자동탐지 프로토타입 시스템은 위성영상 입력 및 Viewer 기능, 위성영상 강조처리 및 물/육지 자동 분류 기능, 특징정보 기반 기계학습 ANN 분류기 기능, 양식시설 외곽정보 생성기능, GIS Shape 파일 생성기능을 포함하고 있다. 해당 시스템은 양식시설을 탐지 및 모니터링하고 양식시설의 면허 및 불법 면허지를 분류하여 시설량 확인을 통해 양식사원의 적정 가격 책정 및 관련 정책수립을 수행하는 국가 기관 및 의사결정자가 사용이 용이할 수 있도록 입력 기능을 제외한 전 기능을 자동화하였으며, 고 비용의 상용 GIS 프로그램을 활용하지 않고 무료로 사용할 수 있도록 Open CV 기반으로 개발하였다.

시스템의 개발사양은 아래 표 2와 같다. 양식시설 자동 탐지 프로토타입 시스템은 Windows 7 이상의 64bit OS 환경에서 구현이 가능하다.

### 2. 추출결과 정확도 검증

양식시설 자동탐지 시스템을 통해 추출된 양식시설 정보의 활용 가능성을 판단하기 위해 결과물에 대한 정확도 검증을 수행하였다. 정확도 검증은 양식시설 검출률에 대한 검증과 양

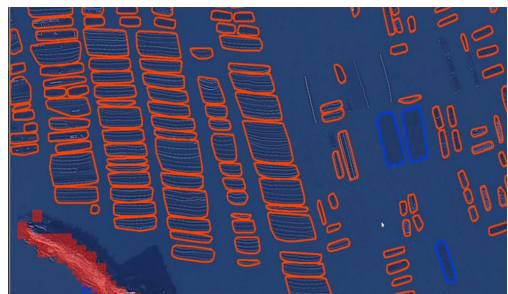
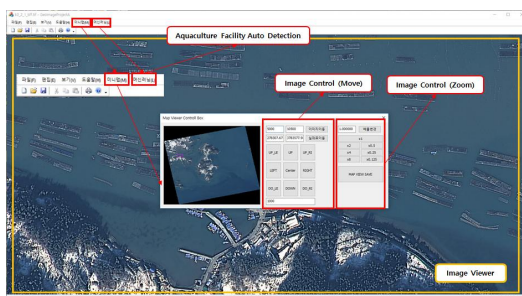


FIGURE 8. Aquaculture facility auto detection prototype system

TABLE 2. Specifications of the developed system

Category	Spec	Category	Spec
CPU	i5-4570 Intel(R) Core(TM) CPU @ 3.20GHz	Language	C++
RAM	8GB	Library	GDAL, OpenCV 3.1, MFC
OS	Windows10 64bit	Output	*.shp, *.png
GPU	NVIDIA GeForce GT 630		

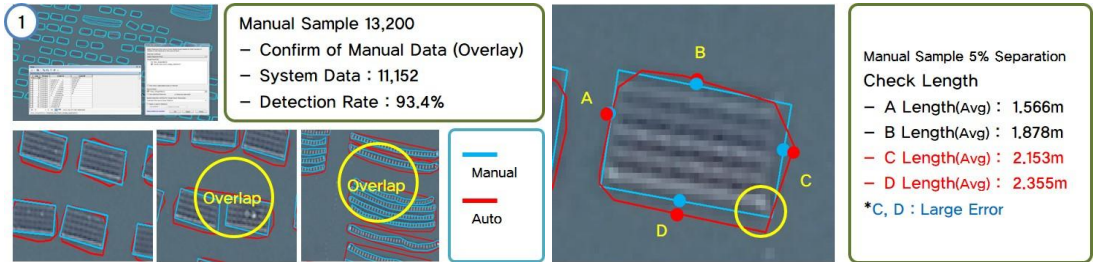


FIGURE 9. Accuracy validation results

TABLE 3. Verification of accuracy

Verification of the position detection accuracy		Verification of match accuracy in another direction	
Category	Data	Category	Data
Manual data(human readable)	13,200	A direction	1.566m
Automatic data(system result)	11,152	B direction	1.878m
Block error	51	C direction	2.153m
Classification error	23	D direction	2.355m
Detection rate	84.5%	Distance difference(avg.)	1.988611m
Location accuracy	93%	Standard deviation(avg.)	0.594583m

식시설과 자동 추출 정보 간 이격 거리에 대한 검증을 수행하였다. 먼저, 양식시설 검출률에 대한 검증은 GIS Tool인 ArcMap을 활용하여 전 처리된 위성영상을 기반으로 육안판독을 통해 수동으로 구획한 표본 13,200개와 해당 표본과 동일한 위치에 자동 검출된 양식시설 정보를 중첩 분석하였다. 중첩결과 수동구획 표본 13,200개 중 11,152개의 양식시설이 검출되었으며, 검출된 결과를 상세히 보면 가두리식은 12개 부류식 23개, 연승식 16개, 총 51개의 양식시설물이 인접거리가 짧은 서로 다른 양식시설이 단일 객체로 검출되었으며, 부류식 양식시설이 가두리식 양식시설로 양식시설의 종류가 오검출된 건이 23건이었다. 그 외 검출 정보들은 위치정보가 같았으며 양식시설 자동 추출에 대한 검출 정확도는 가두리식 약 97%, 부류식 91%, 연승식 92%로 전체 평균 약 93% 가량으로 나타났다. 다음으로, 수동구획 표본과 자동 추출 결과 간 이격 거리 정확도 검증은 양식시설 중 시설 모양에 변동이 거의 없는 가두리 양식을 기반으로 수행하였으며, 사각형 형태의 가두리 양식 좌우와 상하 4개 지점에 대

한 이격 거리를 측정하였다. 측정된 결과는 아래 그림 9와 같다.

상하좌우에 대한 이격 거리는 변동이 거의 없는 가두리 양식을 기반으로 수행하였으며, 사각형 형태의 가두리 양식 좌우와 상하 4개 지점에 대한 평균 이격 거리는 약 1.9m 정도로 나타났다. 표준편차는 A거리 약 0.59, B거리 약 0.86 C거리 약 0.50, D거리 약 0.41로 나타났다. 또한, 검증한 전체 정보 중 88% 이상이 양식시설이 우측 및 하단에서 이격이 큰 것으로 나타났다. 이는 Point를 기반으로 한 외곽 정보 생성이 일정한 방향성을 가지고 생성되기 때문에 이를 해결하기 위해서는 Point 생성 알고리즘의 세부적인 조율이 필요할 것으로 판단된다. 표 3은 정확도 검증 결과를 정리한 것이다.

## 결론

본 연구를 통해 구축된 양식시설 자동 탐지 프로토타입 시스템은 국내에서 운용되는 다양한 양식시설들을 자동으로 탐지하는 방안을 제시함

으로써 기존 항공사진 기반의 양식시설 탐지 체계가 가지는 시간적, 경제적 인력적 한계를 개선할 수 있을 것이며, 생육주기를 고려한 양식 시설의 변화 모니터링에도 용이 할 것으로 생각된다. 그뿐만 아니라 국외 기인의 양식시설에서 생산되는 수산자원의 양을 모니터링 함에 있어서도 해외 연안 환경에 대한 위성영상의 확보가 이루어진다면 본 연구를 통해 개발된 프로토타입 시스템의 활용성이 높을 것으로 판단된다.

그러나 양식시설의 검출 측면에 있어 양식시설과 정확히 일치되는 결과를 얻을 수 있도록 하는 기능적인 개선이 필요하며, 양식시설물 검출과 함께 각 종류별로 양식시설량을 산출 할 수 있는 산정기능이 추가적으로 개발되어야 할 것이다. 향후 이러한 기능개발이 고도화되고 더 많은 양의 특징정보가 학습된 분류기에 대한 개발과 영상처리 시간적 질적 개선을 위한 GPU 기반 병렬처리 기법이 적용되어야 할 것이다.

**KAGIS**

## REFERENCES

- Cho Y.S., S.J. Hong, H.C. Kim, W.J. Choi, W.C. Lee, and S.M. Lee. 2010. Development of bivalve culture management system based on GIS for oyster aquaculture in GeojeHansan Bay. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*. 16(1):11-20 (조윤식, 홍석진, 김형철, 최우정, 이원찬, 이석모. 2010. 거제한산만 굴 양식장에 대한 GIS 기반 어장관리시스템 개발. *해양환경안전학회지* 16(1):11-20).
- Joellanamdo. 2015. Fisheries Statistics. pp. 45-51 (전라남도. 2015. 해양수산 통계. 45-51쪽).
- Jo. M.H. 2011. Measuring the quantities of aquaculture farming facilities for seaweed, ear shell and fish using high resolution aerial images. *Journal of The Korea Association of Geographic Information* Studies. 14(2):147-161 (조명희. 2011. 고해상 항공영상을 활용한 김, 전복, 어류 양식장 시설량의 산출. *한국지리정보학회지* 14(2):147-161).
- KAMI(Korea Association of Marine Industry). 2015. SEA & Monthly Magazine for the Blue Ocean. [http://www.webzinesean.kr/html/main/view.php?idx=160&keyword=&keyfield=&s\\_category=](http://www.webzinesean.kr/html/main/view.php?idx=160&keyword=&keyfield=&s_category=)(Acessed August 22, 2016).
- KARI(Korea Aerospace Research Institute). 2016. [http://www.kari.re.kr/kor/sub03\\_02\\_01.do](http://www.kari.re.kr/kor/sub03_02_01.do) (Acessed September 30, 2016).
- Park J.H. and Y.C. Suh. 2013. GIS-based suitable site selection for aquaculture using scope for growth of styela clava. *Journal of The Korea Association of Geographic Information Studies*. 16(3): 81-90 (박정현, 서용철. 2013. GIS 기반 미더덕 SFG(Scope for Growth)를 이용한 양식장의 적지선정. *한국지리정보학회지* 16(3):81-90).
- Park J.S., W.H. Lee, and M.H. Jo. 2016. Improving accuracy of land cover classification in river basins using Landsat-8 OLI image, vegetation index, and water index. *Journal of The Korea Association of Geographic Information Studies*. 19(2):98-106 (박주성, 이원희, 조명희. 2016. Landsat-8 OLI 영상과 식생 및 수분지수를 이용한 하천유역 토지피복분류 정확도 개선. *한국지리정보학회지* 19(2):98-106).
- Park. S.E., W.J. Choi, W.C. Lee, J.H. Koo, R.H. Jung, and J.S. Park. 2004. Construction of the fishing grounds information management system using GIS. *Journal of The Korea Association of Geographic Information Studies*. 7(3):90-98 (박성은, 최우정, 이원찬, 구준호, 정래홍, 박종수. 2004. GIS를 이용한 양

- 식어장 정보관리 시스템 구축. 한국지리정보학회지 7(3):90-98).
- Statistics Korea. 2012. Survey on the status of fish culture. pp. 29-31 (통계청. 2012. 어류양식동향 조사. 29-31쪽).
- Yang C.S. and S.W. Park. 2006. Facilities analysis of laver cultivation grounds in Korean coastal waters using SPOT-5 images. Journal of The Korean Society for Marine Environmental Engineering 9(3):168-175 (양찬수, 박성우. 2006. SPOT-5 위성영상에 의한 2005년 한국 연안 김 양식장의 시설현황 분석. 한국해양환경공학회지 9(3):168-175).
- Yang J.Y., J.S. Lee, I.S. Han, Y.K. Choi, and Y.S. Suh. 2012. Seawater temperature variation at aquafarms off Wando in the Southwest Coast of Korea. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety. 18(6):514-519 (양준용, 이준수, 한인선, 최용규, 서영상. 2012. 완도 양식장 해역의 수온변동. 해양환경안전학회지 18(6):514-519).
- Yang J.Y., Y.S. Suh, Y.K. Choi, K.K. Jung, H.D. Jeong, and J.S. Park. 2007. Development of real-time oceanographic information system using platforms of aquaculture farms. Journal of The Korea Association of Geographic Information Studies 10(2):46-56 (양준용, 서영상, 최용규, 정규귀, 정희동, 박중수. 2007. 양식장 플랫폼을 활용한 실시간 해양환경 정보제공시스템 개발연구. 한국지리정보학회지 10(2):46-56). **KAGIS**