

고해상도 위성영상과 LiDAR 자료를 활용한 해안지역에 인접한 농경지 추출에 관한 연구

정윤재^{1*}

A Study on Extraction of Croplands Located nearby Coastal Areas Using High-Resolution Satellite Imagery and LiDAR Data

Yun-Jae CHOUNG^{1*}

요 약

공간정보자료를 이용하여 해안지역에 인접한 농경지 추출에 관한 연구는 해안지역의 농업자원관리를 위해서 중요한 작업이다. 본 연구에서는 경상북도 울진의 해안지역을 촬영한 고해상도 위성영상인 KOMPSAT-2 영상과 항공 LiDAR 자료를 이용하여 해안지역에 인접한 다양한 농경지(일반 농경지 및 산간 농경지) 추출에 관한 연구를 수행하였다. 우선 KOMPSAT-2 영상으로부터 정규식생지수(NDVI) 영상을 생성하고, 적절한 임계값을 설정하여 정규식생지수 영상으로부터 식생 지역을 추출하였다. 그리고 보간법을 이용하여 항공 LiDAR 자료로부터 디지털 표면모델(DSM) 및 디지털 표고모델(DEM)을 생성한 뒤, 디지털 표면모델과 디지털 표고모델을 구성하는 픽셀 값의 차이를 이용하여 수목고도모델(CHM)을 생성하였고, 적절한 임계값을 설정하여 수목고도모델로부터 편평한 지역을 추출하였다. 그리고 DEM으로부터 경사지도를 생성한 뒤, 적절한 임계값을 설정하여 경사도가 낮은 지표면을 추출하였다. 마지막으로 농경지 한 면의 최소 면적을 위한 임계값을 설정한 뒤, 식생 지역, 편평한 지역 및 경사도가 낮은 지표면에 모두 해당되고, 설정한 임계값보다 높은 면적을 가진 지역을 추출하고 이를 해안지역에 인접한 농경지라고 정의하였다. 본 논문에서 개발한 방법을 이용하여 농경지 추출 작업을 수행한 결과, 해안지역에 인접한 일반 농경지의 85% 와 산간 농경지의 15%가 추출되었다.

주요어 : 해안지역, 농경지, Kompsat-2 영상, LiDAR, 수목고도모델

ABSTRACT

A research on extracting croplands located nearby coastal areas using the spatial

2015년 1월 20일 접수 Received on January 20, 2015 / 2015년 3월 19일 수정 Revised on March 19, 2015 / 2015년 3월 25일 심사완료 Accepted on March 25, 2015

1 (주) 지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Research Institute of Spatial Information Technology, GEO C&I Co., Ltd..

* Corresponding Author E-mail : choung12osu@gmail.com

information data sets is the important task for managing the agricultural products in coastal areas. This research aims to extract the various croplands(croplands on mountains and croplands on plain areas) located nearby coastal areas using the KOMPSAT-2 imagery, the high-resolution satellite imagery, and the airborne topographic LiDAR(Light Detection And Ranging) data acquired in coastal areas of Uljin, Korea. Firstly, the NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) imagery is generated from the KOMPSAT-2 imagery, and the vegetation areas are extracted from the NDVI imagery by using the appropriate threshold. Then, the DSM(Digital Surface Model) and DEM(Digital Elevation Model) are generated from the LiDAR data by using interpolation method, and the CHM(Canopy Height Model) is generated using the differences of the pixel values of the DSM and DEM. Then the plain areas are extracted from the CHM by using the appropriate threshold. The low slope areas are also extracted from the slope map generated using the pixel values of the DEM. Finally, the areas of intersection of the vegetation areas, the plain areas and the low slope areas are extracted with the areas higher than the threshold and they are defined as the croplands located nearby coastal areas. The statistical results show that 85% of the croplands on plain areas and 15% of the croplands on mountains located nearby coastal areas are extracted by using the proposed methodology.

KEYWORDS : Coastal Zones, Croplands, Kompsat-2 Imagery, LiDAR, CHM

서론

농경지(농지)는 농작물을 재배하는 데 사용되는 토지를 의미하며(MAFRA(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs),

2012), 본 연구에서는 농경지의 형태 및 위치에 따라 일반 농경지(croplands on plain areas)와 산간 농경지(croplands on mountains)로 구분한다. 일반 농경지는 평야 지역에 위치한 농경지를 의미하며, 산간 농경지는 다랭이 논 등과 같이 경사진 산비탈을 개간



(a) Croplands on plain areas



(b) Croplands on mountains

FIGURE 1. Examples of croplands on plain areas and croplands on mountains (Captured from figures in Oh My News(2015) and Osaka-Info(2015))

하여 층층이 만든 계단식 논경지를 의미한다 (MAFRA, 2012). 일반 농경지와 산간 농경지의 예시는 그림 1에서 확인할 수 있다.

그림 1에서 보는 바와 같이, 일반 농경지는 넓은 형태를 가지고 있고 경사도가 낮은 평야 지역에 위치하고 있는 반면에, 산간 농경지는 좁고 긴 형태를 가지고 있으며 경사도가 높은 산간 지역에 위치하고 있다는 사실을 알 수 있다. 공간정보자료를 이용하여 해안지역에 인접한 농경지 추출 작업은 해안지역의 농업자원 관리, 해안지역에 발생하는 자연 및 인공 재해로 인한 농경지의 피해량 측정을 위해 매우 중요하다.

일반적으로 해안지역은 인공 및 자연재해로 인하여 지표면이 끊임없이 변화하기 때문에 현장답사를 통한 지상측량방식은 해안지역에 인접한 농경지 조사에 많은 한계가 있다. Landsat, MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 등의 위성영상 및 항공 LiDAR (Light Detection and Ranging) 자료를 포함한 공간정보자료는 해안지역에 인접한 농경지에 접근하지 않고도 지표면의 분광 및 지형 정보를 획득할 수 있다는 장점으로 인하여 최근 널리 이용되고 있다 (Liu *et al.*, 2009; Hong *et al.*, 2012).

공간정보자료들을 이용한 해안지역 조사 및 농경지 추출에 관한 연구는 활발히 진행되어 왔다. Yang and Choi (2006)는 항공사진 및 GIS 자료 등을 이용하여 해안지역의 토지피복 변화 분석을 하였다. Kim *et al.* (2007)은 GIS 데이터 등을 이용하여 해안지역의 변화패턴에 관한 연구를 하였다. Han and Kim (2010)은 항공사진을 활용하여 해안사구 지역의 토지피복 변화 분석을 하였다. Pittman *et al.* (2010)은 다중시기에 촬영된 MODIS 영상을 이용하여 범지구적인 농경지 면적의 변화패턴을 분석을 하였다. Hong *et al.* (2012)는 MODIS 영상과 기상자료를 이용하여 벼 수확량을 추정하였다. Jung *et al.* (2012)는 웹 GIS를 활용하여 실시간

농촌홍수관리시스템을 개발하였다. Thenkabail and Wu (2012)는 Landsat 영상, MODIS 영상 등을 이용하여 농경지 토지피복분류 연구를 하였다. Vancutsem *et al.* (2013)은 다중시기에 촬영된 MODIS 영상을 이용하여 아프리카 대륙의 농경지 면적의 변화패턴을 분석하였다. Liu and Bo (2015)는 초분광영상과 LiDAR 자료를 이용하여 농경지에서 제배하는 작물의 종류를 분류하였다.

본 연구에서는 KOMPSAT-2 영상이 제공하는 해안지역 지표면의 분광 정보와 항공 LiDAR 자료가 제공하는 해안지역 지표면의 고도 정보를 이용하여 해안지역에 인접한 다양한 농경지를 자동적으로 추출할 수 있는 방법을 개발하였다. 우선 주어진 KOMPSAT-2 영상으로부터 식생지수 (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) 영상을 생성하고, 적절한 임계값을 설정하여 NDVI 영상으로부터 식생지역을 추출하였다. 그리고 LiDAR 자료로부터 각각 디지털 표면 모델 (DSM: Digital Surface Model) 및 디지털 표고 모델 (DEM: Digital Elevation Model)을 생성하였다. DSM과 DEM를 구성하는 픽셀들의 차이 값을 이용하여 수목 고도 모델 (CHM: Canopy Height Model)을 생성하고, 적절한 임계값을 설정하여 CHM으로부터 편평한 지역을 추출하였다. 또한 DEM으로부터 경사지도를 생성하여 경사도가 낮은 지표면을 추출하였고, 농경지 한 면의 최소 면적을 설정하여 최소 면적보다 큰 면적을 가지고 있고, 식생지역, 편평한 지역 및 경사도가 낮은 지표면에 모두 해당되는 지역을 추출하여 이를 해안지역에 인접한 농경지라고 정의하였다.

연구방법

주어진 KOMPSAT-2 영상 및 LiDAR 자료를 이용하여 해안지역에 인접한 농경지 추출을 위한 전체적인 순서는 그림 2에서 확인할 수 있다.

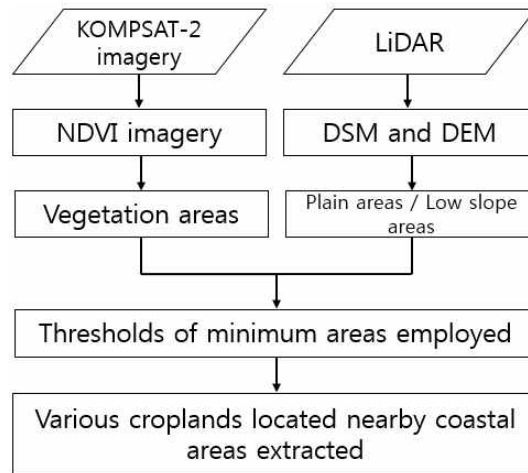


FIGURE 2. Flow chart showing the process for extracting the croplands located nearby coastal areas using the KOMPSAT-2 imagery and LiDAR data

1. 연구대상지역 선정 및 연구자료 확보

본 연구에서는 경상북도 울진의 해안지역

1.2km²을 연구대상지역으로 선정하였다(그림 3). 그림 3에서 보는 바와 같이, 연구대상으로 선정된 지역은 물(water), 건물(building), 산림



FIGURE 3. Multiple land uses in the selected coastal areas

TABLE 1. Attributes of the given KOMPSAT-2 imagery and LiDAR data

	KOMPSAT-2 imagery		LiDAR
Acquired date	2012.07.29	Acquired date	2012.01~02
Spatial resolution	1m	Point density	1.5points/m ²
Horizontal datum	GRS 80	Horizontal datum	GRS 80
Number of bands	Band1:450~520nm Band2:520~600nm Band3:630~690nm Band4:760~900nm	Vertical datum	Mean sea level at Incheon Bay

(forest), 해변(beach), 일반 농경지(croplands on plain areas) 및 산간 농경지(croplands on mountains) 등 다양한 지형지물들로 구성되어있다.

그림 3에서 보는 바와 같이, 일반 농경지는 평야 지역에 위치하고 있는 반면에, 산간 농경지는 산림 지역 근처에 위치하고 있다는 사실을 알 수 있다. 본 연구에서 사용한 KOMPSAT-2 영상 및 LiDAR 자료의 재원은 표 1에서 확인할 수 있다.

2. 다양한 농경지 추출을 위한 방법 개발

주어진 KOMPSAT-2영상으로부터 NDVI 영상을 생성하였다. NDVI 지수는 널리 이용되는 식생지수(vegetation index)로서 영상을 구성하는 가시광선 적색밴드와 근적외선밴드를 이용하여 나타낼 수 있다(Jensen, 2006; Jones and Vaughan, 2010). NDVI지수는 식(1)을 이용하여 생성할 수 있다(Jensen, 2006; Lee *et al.*, 2011).

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} \quad (1)$$

식 (1)에서 Band3은 Red 밴드를 의미하고, Band4는 NIR(Near Infra-Red) 밴드를 의미한다. NDVI지수는 1에서 -1사이의 값을 가지며, 일반적으로 NDVI 지수는 수분을 많이 포함하는 물, 눈 등의 지표물질에서는 음수가 되고, 마른 토양 등에서는 0에 수렴하는 값을 가지며, 녹색식물에서는 양수가 된다(Jones and

Vaughan, 2010). 따라서 그림 3 및 4(a)에서 보는 바와 같이, 물 지역에서는 NDVI 지수가 낮고, 건물 지역에서는 NDVI 지수가 0에 수렴하는 값을 가지며, 해안농경지 및 산림 지역에서는 NDVI 지수가 1에 가까운 높은 값을 가진다는 사실을 확인할 수 있다. Kim and Yeom(2012)는 NDVI영상의 픽셀 값이 0.5이상이면 해당지역을 식생지역으로 구분하였다. 따라서 본 연구에서도 NDVI 값이 0.5이상인 픽셀을 식생지역(vegetation areas)으로 구분하였다. NDVI 영상으로부터 추출된 식생지역은 그림 4(b)에서 확인할 수 있다.

그림 4에서 보는 바와 같이, 대부분의 농경지 지역 및 일부 수목지역이 식생지역으로 분류되었다는 사실을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 분류된 식생지역으로부터 수목지역과 농경지를 구분하기 위하여 LiDAR 자료가 제공하는 지표면의 고도정보를 이용하였다.

일반적으로 농경지는 지표면의 편평한 지역에 위치하고 있다는 특징을 고려하여 주어진 LiDAR 자료를 이용하여 편평한 지역을 추출하였다. 우선 LiDAR 자료로부터 DSM과 DEM을 각각 추출하였다. DSM은 수목, 건물, 식생 등 지표면 위에 존재하는 인공 및 자연지물의 표고값을 나타내는 그리드 형태의 자료를 의미하며, DEM은 식생과 인공지물을 포함하지 않는 지형만의 표고값을 나타내는 그리드 형태의 자료를 의미한다(ArcGIS Help 10.1, 2015).

본 연구에서는 ArcGIS 10.1 소프트웨어를 이용하여 LiDAR 점군자료로부터 DSM 및 DEM을 각각 생성하였다. 일반적으로 LiDAR 점군자료는 보간법을 이용하여 그리드 형태의

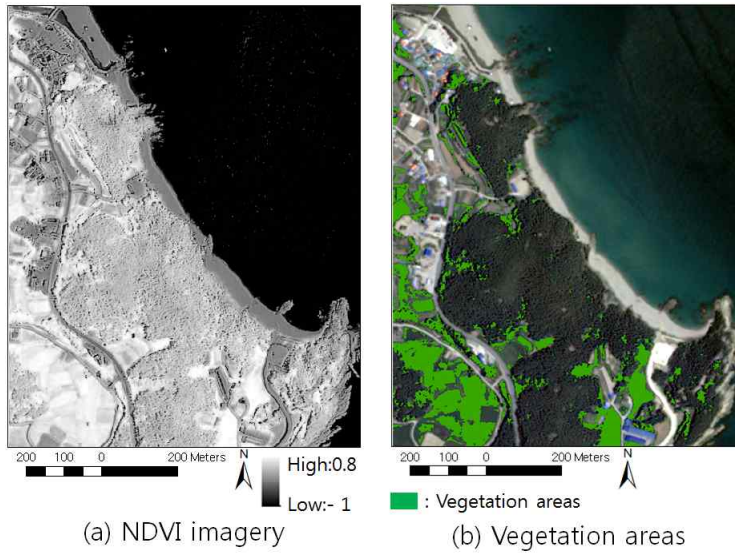


FIGURE 4. NDVI imagery and vegetation areas extracted from the NDVI imagery

DSM 및 DEM으로 변환된다(Choung, 2014a; Choung, 2014b). LiDAR 점군자료를 DSM 또는 DEM으로 변환할 때는 주어진 LiDAR 점군 자료의 점밀도, 추출하고자하는 지형지물의 일

반적인 크기 등을 고려한다(ArcGIS Help 10.1, 2015). LiDAR 점군자료로부터 그리드로 변환하기 위한 보간법은 IDW 보간법, Kriging 보간법, 선형 보간법 등 매우 다양하며

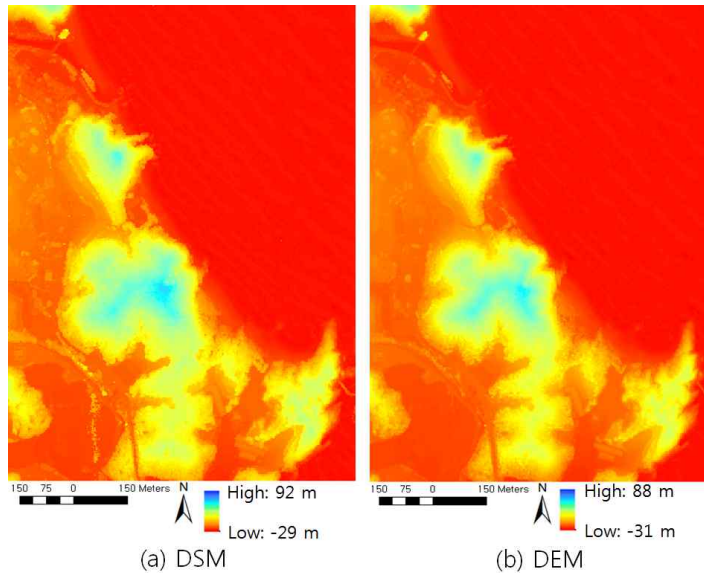


FIGURE 5. One section of DSM and DEM generated using the LiDAR point cloud

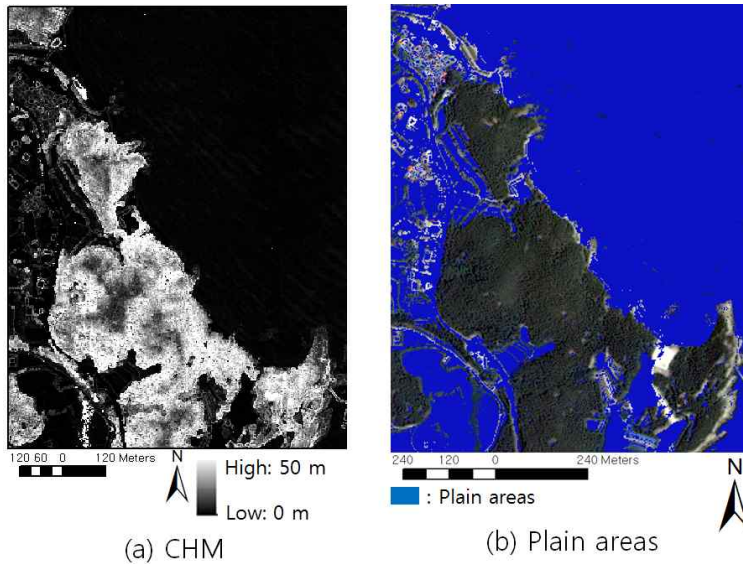


FIGURE 6. CHM and plain areas extracted from the CHM imagery

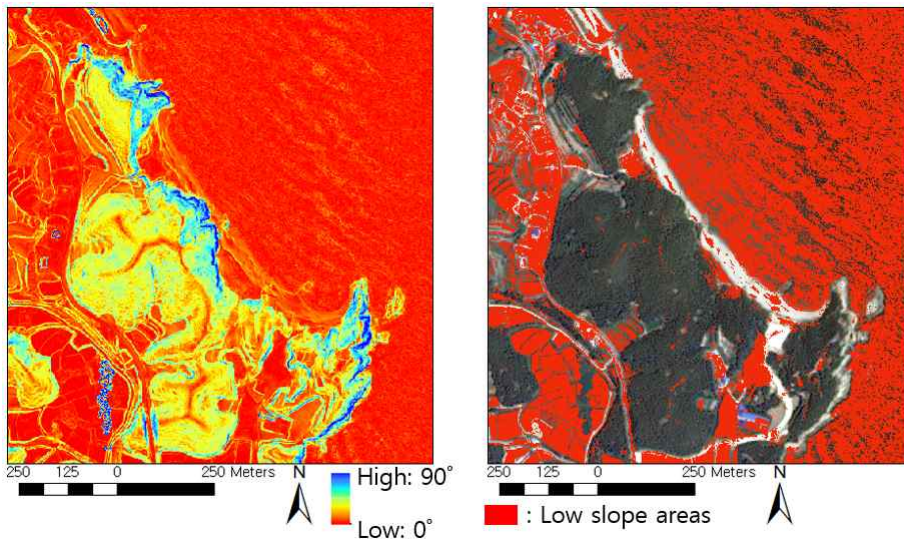
(Choung, 2014a), 그 중에서 선형보간법은 지형의 변화가 심한 지표면의 DEM 및 DSM 제작에 유용하다(Lee *et al.*, 2004; Choung *et al.*, 2012). 따라서 본 연구에서는 해안지역의 다양한 형태의 지표면을 표현하기 위해 선형보간법을 이용하여 DEM 및 DSM을 각각 제작하였다. 일반적으로 농경지는 건물 등 인공구조물에 비해서 큰 면적을 차지한다는 사실을 고려하여, 생성된 DSM과 DEM의 픽셀의 크기는 3m로 결정하였다. 주어진 LiDAR 자료를 이용하여 생성된 DSM과 DEM은 그림 5에서 확인할 수 있다.

DSM과 DEM을 구성하는 픽셀들의 차이 값을 이용하여 CHM을 생성하였다. 일반적으로 CHM은 수목 및 건물 등의 높이에 관한 정보를 추출하기 위해서 주로 사용된다(Lee *et al.*, 2012). DSM과 DEM을 이용하여 생성된 CHM은 그림 6(a)에서 확인할 수 있다. 생성된 CHM에서 주변지역보다 상대적으로 높은 높이를 가지고 있는 수목들로 구성된 산림지역 또는 건물들이 밀집된 지역에 위치한 픽셀들은 높은 값을 가지고 있고, 상대적으로 편평한 지

표면을 가지고 있는 물 및 농경지 지역에 위치한 픽셀들은 낮은 값을 가진다는 사실을 알 수 있다. 본 연구에서는 적절한 임계값을 설정하여 CHM에서 임계값 이하를 가진 픽셀을 추출하여 편평한 지역(plain areas)이라고 정의하였다. 따라서 농경지 지역은 수목들로 구성된 산림지역과는 달리 DSM과 DEM의 높이차가 크지 않다는 점을 고려하여, 0.5m이하의 값을 가진 픽셀들을 CHM으로부터 추출하여 이를 편평한 지역이라고 정의하였다(그림 6(b)).

그림 6(b)에서 보는 바와 같이, DSM과 DEM의 차이 값이 상대적으로 작은 대부분의 농경지, 해변, 및 물 등이 편평한 지역으로 추출되었다. 그러나 DSM과 DEM의 차이 값이 상대적으로 큰 산림 및 건물 등은 편평한 지역으로 추출되지 않았다.

그림 3과 그림 5에서 보는 바와 같이, 연구대상지역은 해안지역에 인접하면서 최대 해발고도가 92m 라는 사실을 고려하여, 본 연구에서는 연구대상지역에서 대부분의 산간 농경지 및 일반 농경지는 경사도가 낮은 지표면(low slope areas)에 위치하고 있다고 가정하였다.



(a) Slope map

(b) Low slope areas

FIGURE 7. Slope map and low slope areas extracted from the slope map

주어진 LiDAR 자료를 이용하여 경사도가 낮은 지표면을 추출하기 위해 본 연구에서는 LiDAR DEM을 구성하는 픽셀들의 고도차를 이용하여

DEM으로부터 경사지도(slope map)을 생성하였다(그림 7(a)). 그리고 경사지도로부터 경사도가 낮은 지표면을 추출하기 위하여 적절한



■ : Extracted cropland areas

FIGURE 8. Extracted cropland areas

임계각도(본 연구에서는 10°)를 설정하여 임계각도보다 낮은 픽셀들을 경사지도로부터 추출하여 이를 경사도가 낮은 지표면이라고 정의하였다(그림 7(b)).

연구대상지역에서 추출하고자하는 농경지는 산간 지역이 아닌 평야 지역에 위치하고 있으므로, 연구대상지역에 위치한 농경지 한 면의 형태는 좁고 긴 형태가 아닌 넓은 형태일 것이라고 가정하였다. 따라서 본 연구에서는 농경지 한 면의 면적이 최소 $1,000\text{m}^2$ 이상이라고 가정하였다. 그림 4(b), 6(b) 그리고 7(b)에서 추출한 식생 지역(vegetation areas), 편평한 지역(plain areas), 경사도가 낮은 지표면(low slope areas)에 모두 해당되고 동시에 면적이 1000m^2 이상인 지역을 추출하여 농경지 지역이라고 정의하였다(그림 8).

결과 및 분석

본 연구에서 개발된 방법을 이용하여 추출된 해안지역에 인접한 농경지의 추출율의 계산 및

분석을 위하여 우리는 주어진 KOMPSAT-2 영상에서 농경지 지역을 육안으로 확인하고, 영상에서 확인된 농경지 지역에서 평균 50m 간격으로 40개의 점검점들(checkpoints)을 산간 농경지와 일반 농경지 지역에서 생성하였다(그림 9).

그림 9에서 보는 바와 같이, 40개의 점검점들 중에서, 33개의 점검점들은 일반 농경지 지역에서 생성되었고, 7개의 점검점들은 산간 농경지 지역에서 생성되었다. 산간 농경지와 일반 농경지에 생성된 점검점들을 각각 생성한 뒤, 본 연구에서 개발한 방법을 이용하여 추출한 산간 농경지와 일반 농경지의 추출율을 각각 계산하였다(표 2).

표 2에서 보는 바와 같이, 본 연구에서 개발한 방법을 이용하여 생성된 일반 농경지의 추출율은 85%이고, 산간 농경지의 추출율은 15%이었다. 즉, 본 연구에서 개발한 방법은 산간 농경지보다 일반 농경지를 추출하는데 더 유용하였고, 그 이유는 다음과 같다. 첫 번째, 산간 농경지는 다랭이 논 등과 같이 산간 지역



FIGURE 9. Location of checkpoints for measuring the accuracies of the different croplands generated by the proposed methodology

TABLE 2. Extraction rates of the two different croplands by using the proposed methodology

Number of checkpoints for croplands on plain areas	33
Extraction rates of croplands on plain areas by the proposed methodology	85%
Number of checkpoints for croplands on mountains	7
Extraction rates of croplands on mountains by the proposed methodology	15%

에서 층층이 존재하기 때문에 상대적으로 높은 경사도를 가진 지표면에 위치하고 있다 (MAFRA, 2012). 그러나 본 연구에서는 해안 지역에 인접한 대부분의 농경지는 경사도가 낮은 평야 지역에 위치하고 있다고 가정하였기 때문에, 경사도가 높은 지표면에 위치한 산간 농경지가 추출되지 않았다. 두 번째, 산간 농경지는 좁고 긴 형태를 가지고 있으며, 일반 농경지에 비해 그 면적이 상대적으로 작다 (MAFRA, 2012). 따라서 본 연구에서 설정한 1000m² 이하의 면적을 가진 산간 농경지는 추출되지 않았으므로 산간 농경지의 추출율이 일반 농경지의 추출율에 비해서 낮았다.

결론

본 연구에서는 울진 해안지역을 촬영한 고해상도 위성영상인 KOMPSAT-2 영상과 항공 LiDAR 자료에서 제공하는 지표면의 분광 및 지형 정보를 이용하여 해안지역에 인접한 다양한 형태의 농경지(산간 농경지 및 일반 농경지) 추출 연구를 수행하였다. 본 연구는 개발한 방법을 이용하여 해안지역에 인접한 다양한 농경지를 추출한 결과, 일반 농경지의 추출율은 85%이고, 산간 농경지의 추출율은 15%라는 사실을 알 수 있었다. 그러나 주어진 두 자료의 서로 다른 촬영시기로 인해 발생하는 오차가 다양한 농경지의 추출 결과에 영향을 줄 수 있으므로, 추후연구로 비슷한 시기에 촬영된 두 이종 자료들을 이용하여 농경지 추출 연구를 수행할 필요가 있다.

산간 농경지는 일반 농경지에 비해 좁고 긴 형태를 가지고 있으며, 산간 농경지 한 면의 면적 또한 일반 농경지에 비해 상대적으로 작다.

따라서 농경지가 위치한 지표면의 경사도, NDVI 및 CHM 지수 및 농경지 한 면의 최소 면적만을 고려하여 농경지를 추출할 경우, 다랭이 논 등 특이형태를 가진 산간 농경지 추출에 한계가 있다. 따라서 추후연구로 농경지의 형태 등을 고려한 새로운 방법을 이용하여 특이형태를 가진 농경지의 추출 연구를 수행할 필요가 있다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Choung, Y.J. 2014a. Mapping levees using LiDAR data and multispectral orthoimages in the Nakdong river basins, South Korea. *Remote Sensing* 6(9):8696-8717.
- Choung, Y.J. 2014b. Analysis of land uses in the Nakdong river floodplain using RapidEye imagery and LiDAR DEM. *Journal of the Korean Association Geographic Information Studies* 17(4): 189-199 (정윤재. 2014. RapidEye 영상과 LiDAR DEM을 이용한 낙동강 범람원 내 토지 이용 현황 분석. *한국지리정보학회지* 17(4):189-199).
- Choung, Y.J., H.C. Park and M.H. Jo. 2012. A study on mapping 3-D river

- boundary using the spatial information datasets. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(1):87-98 (정운재, 박현철, 조명희. 2012. 공간정보를 이용한 3차원 하천 경계선 매핑에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 15(1):87-98).
- Han, G.S. and K.N. Kim. 2010. Analysis of land cover change of coastal sand dunes in Yangyang using aerial photographs. *Journal of the Korean Association Geographic Information Studies* 13(2):107-118 (한갑수, 김경남. 2010. 항공사진을 활용한 양양 해안사구 지역의 토지피복 변천 분석. *한국지리정보학회지* 13(2):107-118).
- Hong, S.Y., J. Hur, J.B. Ahn, J.M. Lee, B.K. Min, C.K. Lee, Y. Kim, K.D. Lee, S.H. Kim, G.Y. Kim and K.M. Shim. 2012. Estimating rice yield using MODIS NDVI and meteorological data in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing* 28(5):509-520 (홍석영, 허지나, 안중배, 이지민, 민병걸, 이충근, 김이현, 이경도, 김선화, 김건엽, 심교문. 2012. MODIS NDVI와 기상자료를 이용한 우리나라 벼 수량 추정. *대한원격탐사학회지* 28(5):509-520).
- Jensen, J.R. 2006. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice Hall, 608pp.
- Jones, H.G. and R.A. Vaughan. 2010. *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques, and Applications*. Oxford University Press, 384pp.
- Jung, J.H., I.K. Jung, J.Y. Park and S.J. Kim. 2012. Development of a web GIS-based real-time agricultural flood management system. *Journal of the Korean Association Geographic Information Studies* 15(4):15-25 (정정혁, 정인균, 박종윤, 김성준. 2012. 웹 GIS 기반 실시간 농촌홍수관리시스템 개발. *한국지리정보학회지* 15(4):15-25).
- Kim, G.Y., J.H. Kim and S.J. Kim. 2007. Busan use area change pattern research of coastal Area. *Journal of the Korean Association Geographic Information Studies* 10(1):136-145 (김가야, 김정호, 김성진. 2007. 부산시 해안지역의 용도지역 변화패턴 연구. *한국지리정보학회지* 10(1):136-145).
- Kim, H.O. and J.M. Yeom. 2012. A study on object-based image analysis methods for land cover classification in agricultural areas. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(4):26-41 (김현욱, 염종민. 2012. 농촌지역 토지피복분류를 위한 객체 기반 영상분석기법 연구. *한국지리정보학회지* 15(4):26-41).
- Lee, G., D. Koh and W. Kim. 2004. Efficient construction of topographic data for flood mapping using digital map. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 7(1):52-61 (이근상, 고덕구, 김우구. 2004. 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법 연구. *한국지리정보학회지* 7(1)52-61).
- Lee, J.W., G.A. Park, H.K. Joh, K.H. Lee, S.I. Na, J.H. Park and S.J. Kim. 2011. Analysis of relationship between vegetation indices and crop yield using KOMPSAT(KOrea Multi-Purpose SATellite)-2 imagery and field investigation data. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53(3):75-82 (이

- 지원, 박근애, 조형경, 이규호, 나상일, 박중화, 김성준. 2011. KOMPSAT-2 위성영상과 현장 측정자료를 통한 식생지수와 수확량의 상관관계 분석. 한국농공학회논문집 53(3):75-82).
- Lee, S.J., Y.S. Choi and H.S. Yoon. 2012. Estimation of carbon dioxide stocks in forest using airborne LiDAR data. Journal of the Korean Society for Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 30(3):259-268 (이상진, 최윤수, 윤하수. 2012. 항공 LiDAR 데이터를 이용한 산림의 이산화탄소 고정량 추정. 한국측량학회지 30(3):259-268).
- Liu, J., R. Li, S. Deshpande. X. Niu and T.Y. Shih. 2009. Estimation of blufflines using topographic LiDAR data and orthoimages. PE&RS 75(1):69-79.
- Liu X. and Y. Bo. 2015. Object-based crop species classification based on the combination of airborne hyperspectral images and LiDAR data. Remote Sensing 7(1):922-950.
- MAFRA. 2012. Documents for managing agricultural tasks. MAFRA, Seoul, South Korea. 528pp (농림축산식품부. 2012. 농지업무편람. 농림축산식품부. 528쪽).
- Pittman, K., M.C. Hansen, I., Becker-Reshef, P.V. Potapov and C.O. Justice. 2010. Estimating global cropland extent with multi-year MODIS data. Remote Sensing 2(7):1844-1863.
- Thenkabail, P.S. and Z. Wu. 2012. An automated cropland classification algorithm (ACCA) for Tajikistan by combining Landsat, MODIS, and secondary data. Remote Sensing 4(10): 2890-2918.
- Vancutsem, C., E. Marinho, F. Kayitakire, L. See and S. Fritz. 2013. Harmonizing and combining existing land cover/land use datasets for cropland area monitoring at the African continental scale. Remote Sensing 5(1):19-41.
- Yang, J.Y. and C.U. Choi. 2006. An analysis of the coastal topography and land cover changes in the haeunda beach. Journal of the Korean Association Geographic Information Studies 9(1):101-115 (양지연, 최철웅. 2006. 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지 피복 변화분석. 한국지리정보학회지 9(1): 101-115).
- <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/015w0000004q000000>.
- http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0001800530.
- <http://www.osaka-info.kr/intro/outdoor/chihayaakasakamura.php>. **KAGIS**