아리랑 2호 영상을 이용한 당진군 벼 재배면적 추정

박미성* 함보영** 민병걸*** 김배성****

Keywords
원격탐사(remote sensing: RS), 인공위성영상(satellite images), 벼 재배면적(rice acreage)

Abstract
The purpose of this study is to estimate rice acreage and forecast agricultural outlook by using satellite images to forecast agricultural outlook. Rice was chosen because the acreage of the crop can easily be identified by using remote sensing technology. Dangjin, a rural county with a large rice acreage, was chosen as the sample region. Kompsat-2 satellite images were used since they were inexpensive to obtain.
The method used to classify satellite images is based on three key concepts: segmentation, object-based classification, and accuracy verification. We found that the accuracy of analyzing satellite images was not different from the accuracy of on-site inspections. The accuracy of identifying rice paddy fields was very high at 90.8% on average.
This study showed that remote sensing technology can actually be used to estimate rice acreage and forecast agricultural outlook. However, since it is difficult to use high-resolution satellite images because they are not readily available, and thus expensive to process, it is necessary to consider using medium-resolution satellite images.

차례

1. 서론
2. 연구 방법
3. 재배면적 분류결과 및 정확도 검증
4. 결론

* 한국농촌경제연구원 농업관측센터 연구원(mspark@krei.re.kr)
** (주)BNT솔루션 연구원(tomboy@bntsolution.com)
*** (주)BNT솔루션 이사(mbkea@bntsolution.com)
**** 한국농촌경제연구원 농업관측센터 연구위원(교신저자, bbskim@krei.re.kr)

1. 서론

위성영상과 항공사진 등을 이용한 원격탐사(Remote Sensing) 기술은 짧은 시간 내에 넓은 면적에 대한 정밀한 조사가 가능하여 미국 등의 선진국에서는 이미 1970년대 부터 주요 농산물의 재배면적과 작황을 산출하는 등 농업 분야에 활용해 왔다. 국내에서도 2006년에 공간해상도 1m급의 지구관측위성인 아리랑 2호(Kompsat-2)가 발사되어 저렴한 가격에 고해상도 위성영상 자료가 공급되기 시작하면서 다양한 분야에서 위성영상의 활용이 증대되고 있다. 그동안 선진국에 비해 원격탐사 기술이 비교적 활발하게 적용되지 못했던 농업분야에서도 최근 들어 고해상도 위성영상 자료를 이용한 연구와 시범 사업이 추진되고 있다.

원격탐사 기술을 농업분야에 활용하기 위한 시도는 농촌진흥청을 중심으로 1990년대 중반부터 시작된 것으로 파악되고, 통계청에서도 농업통계 생산에 원격탐사 기술을 도입하기 위해 시범 사업을 실시하고 중장기적인 추진계획을 수립하고 있다. 한편, 수산업 분야에서는 한국해양수산개발원 수산업관측센터를 중심으로 이미 2004년도부터 해상 양식장 시설량 판독과 양식물 생산량 추정에 위성영상을 활용해 오고 있다. 한편, 한국농촌경제연구원은 2005~2008년 4년에 걸쳐 농업관측 업무에 원격탐사 기술을 도입하기 위한 타당성 검토를 위한 연구를 수행한 바 있다.

원격탐사 기술을 농업분야에 활용하기 위한 선행연구를 구체적으로 살펴보면, 김충실 외(2005)는 문헌연구와 전문가 인터뷰를 통하여 미국, 일본, EU 등의 위성활용 사례를 정리하고 항공우주기술의 농업통계분야 활용방안을 제시하였다. 그리고 3년 후에 김충실 외(2008)는 KOMPSAT-2호[1]의 6월과 9월 촬영된 영상과 1 : 25,000 수치지형도를 활용하여 경북 군위군 고로면 지역의 경지면적을 추정하였다.

권오복 외(2007)는 문헌연구, 유관기관 방문·전화·인터넷 조사 등을 통해 위성자료의 국내외 적용 사례를 검토하고, 농업관측업무 도입에 대한 기술적, 경제적 타당성을 규명하였다. 홍석영 외(2008)는 LANDSAT TM[2] 영상과 1 : 350,000 지도를 활용하여 북한지역의 논, 밭, 산림, 나지, 초지, 물, 간척지, 염전, 건물·주거지, 기타 10개의 분류

---

[1] KOMPSAT-2호는 2006년 7월 28일 대한민국의 한국 항공우주연구원(KARI)이 발사한 다목적 실용위성이다.

[2] LANDSAT TM(Thematic Mapper)은 Landsat 위성에 기본적으로 탑재되어 있는 30m의 공간해상도를 가지는 radiometric sensor이다.

항목에 대한 토지피복도를 작성하였다. 김배성 외(2009)는 문헌연구와 유관기관을 방문해 위성자료의 국내외 최근 적용 사례를 검토한 후, 위성정보를 농업관측에 활용하기 위한 비용을 산출하였다. 또한 사례지역·품목 선정 및 향후 사업 추진 체계를 확립하여 중장기적으로 위성정보를 농업관측에 활용하기 위한 기초 연구를 수행하였다.

홍석영 외(2001)는 규칙기반분류, 감독분류, 무감독분류 방법을 이용하여 당진군 일원의 벼 재배면적을 추정한 바 있다. 이 연구에서 벼 재배면적 추정방법 중 감독기반분류방법의 결과가 가장 좋았으나 분류 작업을 수행하는 사람에 따라 정확도가 달라질 수 있다. 이에 비해 위성의 자료값에 기본한 규칙기반분류는 매우 쉽고, 임계값이 정해지면 넓은 지역에 대해서도 신속한 작업이 가능할 것이라고 보고하였다.

또 이와 유사한 방법으로 위성영상 기반 연구가 활발한 산림분야에서는 고해상도 영상을 활용한 다양한 선행 연구가 진행되었다. 정재서(2003)와 함보영(2004)은 IKONOS 고해상도 위성영상을 이용하여 화소기반분류와 객체기반분류 두가지 방법을 적용한 결과, 객체분할에 의한 분류 결과의 정확도가 높다는 연구 결과를 제시하였다. 또한 이러한 방법을 기반으로 이우균 외(2004)는 고해상도 위성영상을 이용한 임상분류 및 수치임상도 제작기법을 연구한 바 있다.

현재 통계청에서 면적을 추정하는 방법은 전국의 모든 경지를 현지 확인 후 시·군별, 읍·면·동별로 인접 지번을 약 2ha 크기로 묶어 93만 1,000개의 단위를 만들어 이를 모집단으로 하여 이들 단위구별 특성이 유사한 것끼리 묶어 11개층으로 층화한 후, 층별 추출률을 정하여 표본 단위구 약 2만 6,000개를 추출하여 현지 실측조사를 실시하는 것이다. 그러나 원격탐사 기술을 이용하여 면적을 추정하면 넓은 지역을 모니터링할 수 있고 비교적 빈번한 시점에 영상자료를 획득할 수 있어 현재 통계청 면적 추정방법에 비해 저비용으로 농경지를 파악하고 식생의 공간분포를 추정할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구는 선진국과 수산업 분야에 비해 원격탐사 기술 도입이 이루어지지 못한 농업관측 분야에 원격탐사 기술을 도입하기 위한 시범연구이다. 농업관측 업무에 원격탐사 기술을 도입하기 위해 선행 연구를 통해 원격탐사 기술 적용이 비교적 용이한 것으로 파악된 벼 재배지역에 대해 위성영상 자료를 활용하여 재배면적을 산출하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다. 연구 방법은 홍석영 외(2001)가 제시한 규칙기반분류 방법과 유사한 방법이며 산림분야에서 검증한 바 있는 연구 방법인 객체기반분류방법(임계값을 이용한 객체분할을 수행 후, 분할된 객체를 기반으로 감독분류를 수행하는 방법)을 농업분야에 적용하여 벼 재배면적을 추정하고자 한다. 즉, 위성영상을 이용한 벼 재배면적 산출은 위성영상 객체분할을 한 후 객체기반 분류 과정을 통해 수행하며, 분류

결과의 검증을 위해 위성영상에 대한 육안식별 및 현장조사를 수행하였다. 한편, 농업관측의 특성상 적시에 관측결과를 제공해야 하므로 현장조사 등 정확도 증가를 위한 인위적인 작업을 수행하지 않고 기계적인 분류작업만으로 결과를 도출하고자 한다. 이를 위해 벼 재배면적이 넓은 1개 시·군을 선정하고, 무상 또는 저렴한 가격에 자료 확보가 가능한 아리랑 2호(Kompsat-2) 위성영상을 사용하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 위성영상을 활용한 재배면적 조사를 위한 연구방법을 살펴보고, 3장에서는 당진군의 벼 재배면적 분류결과 및 정확도 검증을 하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상지

위성영상을 활용하여 벼 재배면적을 추정하기 위해 전국에서 논 면적이 큰 지역을 우선적으로 검토하였다. 2008년 기준 시·군별 논의 면적은 김제시가 가장 크며, 그 다음으로 해남군, 당진군, 서산시, 익산시 순이었다. 본 연구에서 활용할 영상인 KOMPSAT-2의 촬영현황 및 상태가 양호하고 정확도 검증을 위한 현장조사의 접근성이 유리한 지역을 최종 대상지역으로 선정한 결과, 5개 시·군 가운데 당진군이 연구 대상지역으로 가장 적합한 것으로 판단되었다.

당진군의 농경지 면적은 27,419ha로 전국 시·군·구 기준 여섯 번째로 큰 면적을 보유하고 있으며, 전체 농경지 면적의 82%인 22,556ha가 논 면적이다.

표 1. 전국 논면적 기준 상위 5개 시·군

단위: ha

시·군	경지면적 계	논	밭
김제시	28,222	23,658	4,564
해남군	33,382	22,640	10,742
당진군	27,419	22,556	4,863
서산시	27,730	21,795	5,935
익산시	25,090	21,343	3,747

자료: 통계청, 시·군별 논밭별 경지면적(2008).

2.2. 연구자료

항공우주연구원의 위성영상 검색 시스템인 Spacecapture2 홈페이지를 이용하여 KOMPSAT-2(아리랑2호) 영상을 검색한 총 10개 Scenes[3]을 사용하였으며, 참조자료[4]로 사용한 도로레이어와 수치표고모델(DEM; Digital Elevation Model)은 국토지리정보원에서 제작한 1:5,000 수치지형도를 사용하였다.

2.3. 위성영상 전처리 및 보정

항공우주연구원을 통해 입수한 KOMPSAT-2영상을 사용하기 위해서는 분석에 필요한 데이터 포맷으로의 변환 및 데이터 융합, 보정 등의 전처리 과정이 필요하다. 입수된 영상은 Scene별로 4m 해상도를 갖고 있는 Multi-spectral(Blue, Green, Red, NIR (Near Infra Red))밴드와 1m 해상도를 갖고 있는 Panchromatic(흑백)밴드로 각각 이루어져 있는데, 이들 5개 밴드를 모두 융합하여 1m 해상도의 자연색상을 가진 영상을 생성하여 활용하였다.

정사보정은 영상촬영 당시 센서의 자세와 지형기복에 의해 생기는 대상체의 변위를 제거하는 과정으로 영상촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 기법이다. 정사보정 과정은 크게 내부표정, 외부표정, 화소재배열의 과정으로 구분되며, Erdas Imagine의 LPS 기능을 이용하여 영상별 정사보정을 수행하였다.

내부표정은 영상촬영 당시 카메라의 위치, 초점거리, 촬영방식 등의 정보를 입력하여 센서모델식을 통해 중심투영방식 촬영으로 인한 기복변위를 제거하는 과정이다. 영상 입수시에 함께 입수된 Scene의 각 밴드별 Header File에는 카메라의 위치, 초점거리,

---

[3] 가급적 최근연도의 운량 10% 이하 당진군 영상을 이용하고자 하였으나 영상수급이 원활하지 않아 2007년 영상 2개와 2008년 영상 8개를 사용하였다. 한편, 1개 영상의 대부분이 보안처리지역 처리되어 있어 영상보정시 오류가 발생함에 따라 참조영상으로만 사용되었다.

[4] 위성영상은 중심투영방식의 촬영 및 카메라 자세 등에 의해 발생한 변위를 포함하고 있으므로 이러한 기하학적인 왜곡을 보정하는 정사보정과정이 수행되어야 한다. 이러한 과정을 미분편위수정(differential rectification)이라 하며, 방법에 따라 광학적 미분편위수정과 수치적 미분편위수정으로 나뉜다. 본 연구에서는 인공위성에서 취득된 영상이나 항공사진을 자동으로 독취한 수치데이터와 DEM을 이용하여 정사투영 영상을 제작하는 방법인 수치적 미분편위수정 기법을 이용하였다.

그림 1. 수치적 미분편위수정 기법을 이용한 정사보정 과정

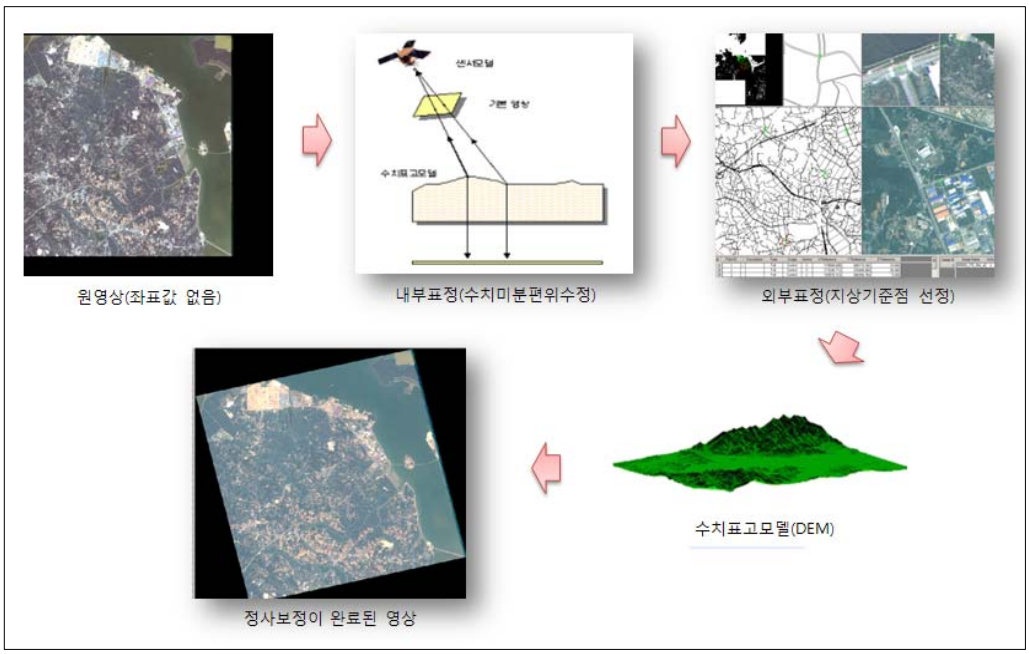
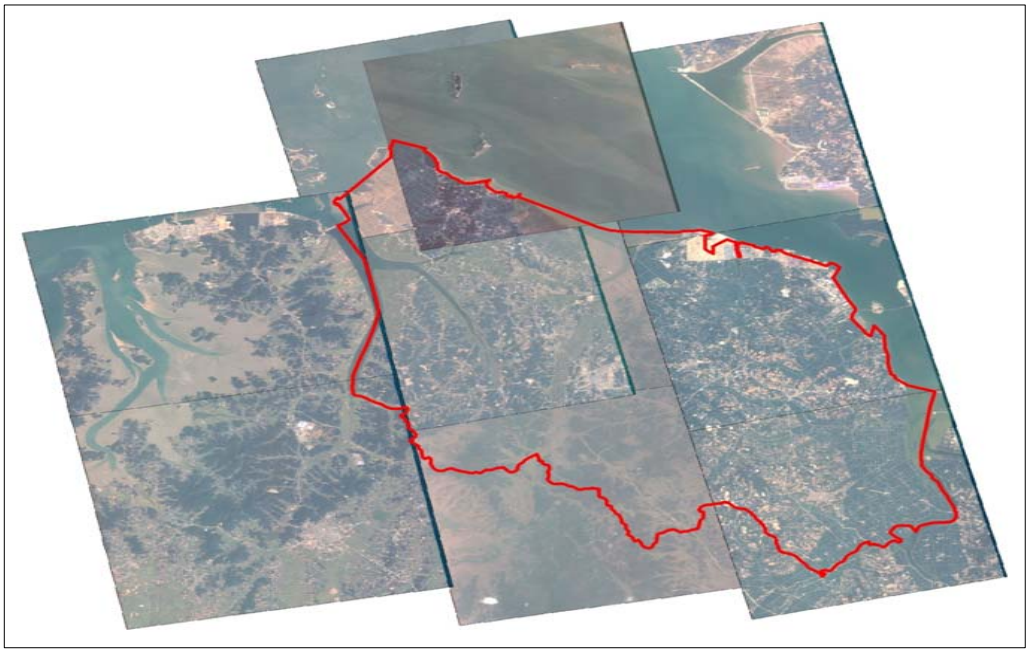


그림 2. 정사보정 결과



촬영방식, 영상의 크기, 해상도 등 내부표정에 필요한 정보가 들어 있다. 외부표정은 기존에 생성한 참조자료를 기반으로 지상기준점(GCP)을 선정하는 과정으로 영상에 실좌표값을 부여하게 된다. 내부표정과 외부표정이 끝나면 Resampling 방식에 의하여 화소재배열을 거쳐 최종적으로 보정이 완료된 영상을 생성하게 된다. 대상지역의 총 10개 Scene에 대해 정사보정을 수행하였으며, 그 결과는 <그림2>와 같다.

정확도 검증은 정사보정의 결과가 영상전반에 걸쳐 어느 정도의 정확성을 갖고 있는지 확인하는 작업이다. 정확도 검증은 영상의 위치값과 실제 벡터의 값이 평균적으로 얼마나 떨어졌는가를 확인하는 것으로 상대위치오차(RMSE)라고 하며, 허용범위는 5 이내로 기준을 정하였다. 본 연구에서는 정확도 검증방법으로 육안판독과 프로그램에서 제공하는 RMSE 결과를 이용하였다. 육안판독은 보정된 영상과 보정 시 참조자료로 사용한 벡터파일을 중첩하여 동일한 지점에 대한 위치 값의 차이를 수치적으로 환산하는 방법이다. 육안판독의 경우, 영상별로 랜덤하게 9개의 검수점을 지정하여 RMSE를 계산하였다. 육안판독 및 프로그램을 이용한 정확도 검증방법에서 모두 허용범위인 5m 이내로 들어옴을 확인하였다.

(1) $RMSE = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$

표 2. 영상별 정확도 검증(RMSE) 결과

단위: m

영상	육안판독	프로그램 Check
MSC_070610015347_04627_10761276	2.4	2.3
MSC_070610015347_04627_10761277	2.8	2.8
MSC_080808013916_10835_10781275	2.3	1.8
MSC_080808013916_10835_10781276	2.1	2.0
MSC_080808013916_10835_10781277	2.1	1.7
MSC_081001015620_11624_10751275	2.6	2.3
MSC_081001015620_11624_10751276	2.9	2.6
MSC_081126015157_12442_10771275	2.9	2.4
MSC_081126015157_12442_10771276	2.6	2.3

2.4. 위성영상 후처리

영상 모자이크는 2개 이상의 영상을 하나로 합치는 과정으로 일반적으로 영상처리 및 분석에 있어서 반복적인 작업을 배제하고 수월한 처리를 위해 사용한다. 본 연구에서는 원래 갖고 있던 값을 유지해야함에 따라 동일한 촬영 및 생성일자의 영상을 모자이크(Mosaic) 하였다. 대상지역 내 동일한 촬영일자의 영상은 총 4개 패스(Path)이며, 이 가운데 모자이크가 가능한 영상은 3개 패스이다. MSC_070610015347_04627_10761276과 MSC_070610015347_04627_10761277의 경우, 촬영일자는 동일하나 생성일자가 달라 모자이크에서 제외하였다.

모자이크 과정을 통해 생성된 영상은 용량이 배로 늘어나게 되어 처리 시 많은 시간이 소요되므로 기존 영상의 방사해상도[5]를 11bit에서 8bit로 변환하였다. 11bit 영상과 8bit로 변환한 영상은 육안으로 볼 때 큰 차이가 없으며, 분류 시 사용자에 의한 감독분류로 샘플 또는 훈련지역을 선정하게 되므로 실질적으로 11bit와 8bit 영상에는 큰 차이가 없다. 모자이크를 수행하지 않은 MSC_070610015347_04627_10761276과 MSC_070610015347_04627_10761277 영상에 대해서도 방사해상도 변환작업을 수행하여 사용하였다. Erdas Imagine 프로그램의 Rescale(모듈명) 기능을 이용하여 8bit 영상으로 변환하였으며, 8bit로 변환 후 영상의 용량이 절반으로 줄어들었음을 확인할 수 있다.

모자이크한 영상을 8bit로 재편성(Rescale)하여 용량을 절반으로 줄였으나, 분류 시 여전히 많은 시간이 소요되며 메모리 부족 등의 오류 발생으로 인해 작업 수행이 어려웠다. 따라서 모자이크한 영상을 재분할하여 Scene 단위로 분류작업을 수행하였다. 모자이크한 영상을 다시 분할하기 때문에 영상 분류 시 객체추출 과정에서 분할한 영상 간에 동일한 객체를 생성할 수 있다. 단, 인접지역 부분은 Cut line에 의해 객체가 일부 다를 수 있으므로 모자이크한 영상에 2,000픽셀 정도 중첩지역을 두어 분할하였다. 모자이크를 수행하지 않은 2개 영상의 경우는 분할과정 없이 Scene 그대로 분류하였다. 영상 분할 과정은 Erdas Imagine 프로그램의 Subset 기능을 이용하였다.

---

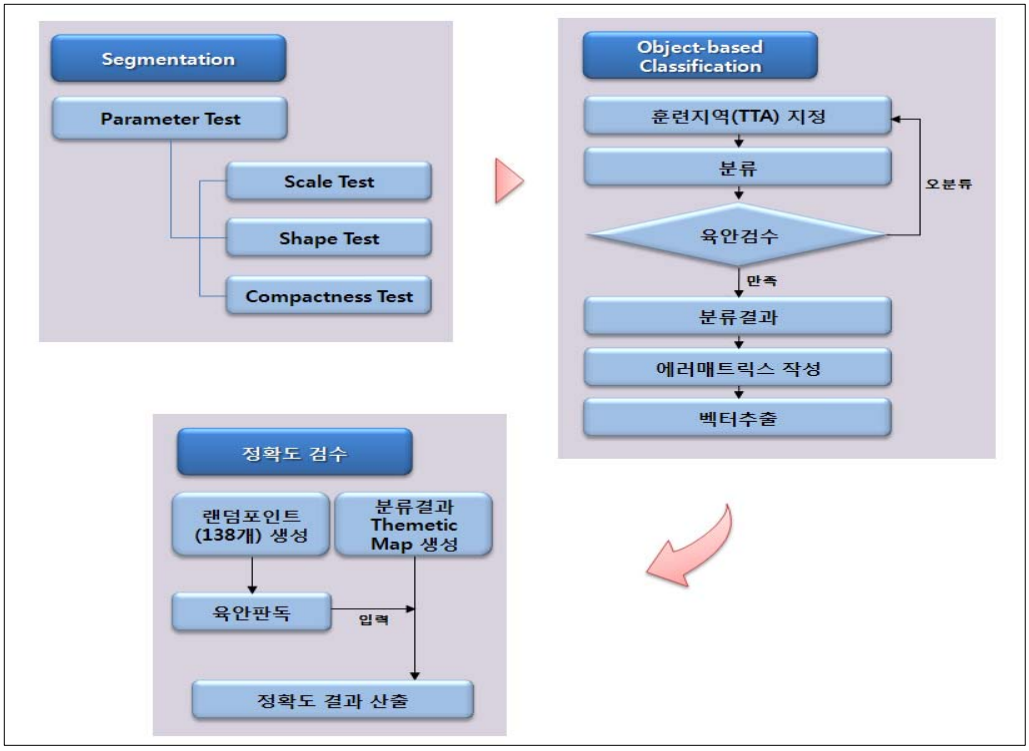
[5] 방사해상도(Radiometric Resolution)란 식별이 가능한 신호레벨의 수를 의미하는 개념으로 위성영상 데이터의 비트 수를 의미하며, 방사해상도가 커질수록 다양하고 세분화된 색상을 나타낸다. KOMPSAT-2의 경우, 11bit의 방사해상도로 0~2,048의 값을 가진다.

2.5. 위성영상 분류

영상분류는 크게 객체의 분할(Segmentation), 객체기반분류(Object based Classification), 정확도 검증 부분으로 나뉘며, 세부내용은 <그림3>과 같다. 객체분할은 영상 내 객체들의 형태와 유사한 모양으로 벡터를 생성하는 것으로 객체기반분류를 위해 반드시 선행되어야 한다. 본 연구에서는 Definiens Developer7 프로그램의 다해상도 분할(Multiresolution Segmentation) 기능을 이용하여 객체분할을 수행하였다. 다해상도 분할은 어떠한 해상도에서라도 특정한 지식 없이 균일한 이미지 객체를 추출하도록 도와준다. 또한 다해상도 분할은 한 픽셀의 객체에서 시작하는 상향식(bottom-up) 영역병합 기술로 클러스터링 처리를 거쳐 지역적 이질성을 가진 객체를 생성하며, 사용자가 실세계의 어떤 객체를 표현하고자 하느냐에 따라 생성하는 이미지 객체의 크기가 달라질 수 있다.

분할 알고리즘의 결과를 결정하기 위해 사용자는 스케일(Scale) 파라미터나 레이어의 가중치, 색조(Color) 및 형태(Shape)와 관련된 이질성의 혼합정도와 같은 몇몇의 파라미터들을 정의할 수 있다. 스케일(Scale) 파라미터는 두 개 이상의 이미지를 병합할 때

그림 3. 영상의 분류수행과정



생길 수 있는 이질성 변화의 최대치에 대한 척도로 내부적으로 이 값이 제곱되어 분할 알고리즘을 끝마치는 경계값으로 제공된다. 또한, 이질성의 기준은 색조(Color)와 형태(Shape)에 대한 기준으로 구성되고, 형태(Shape)의 기준은 다시 객체 경계의 매끈함(Smoothness)[6]과 응집성(Compactness)으로 되어 있는데, 이들 각각의 가중치에 따라 분광값의 표준편차로 이질성이 기술될 수 있다.

(2) $f = w \cdot h_{color} + (1-w) \cdot h_{shape}$

f: 종합적인 융합값(fusion value), w: 사용자가 정의한 색상의 가중치,

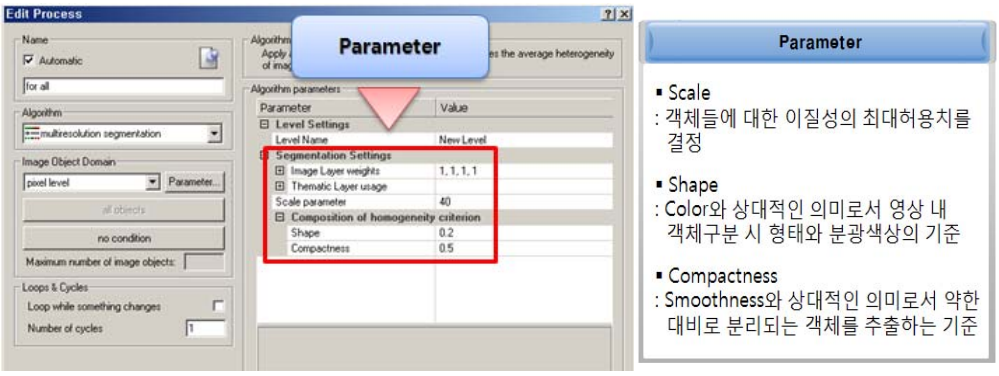
h_{color}: 색조의 기준, h_{shape}: 형태의 기준

$h_{shape} = w_{cmpt} \cdot h_{cmpt} + (1-w_{cmpt}) \cdot h_{smooth}$

h_{shape}: 형태의 기준, w_{cmpt}: 사용자가 정의한 Compactness의 가중치,

h_{cmpt}: Compactness의 기준, h_{smooth}: Smoothness의 기준

그림 4. 다해상도 분할(Multiresolution Segmentation)을 이용한 객체분할



본 연구에서는 관심항목인 논에 대해 최적의 객체를 생성하고자 대상영상에 다양한 파라미터 값을 지정하여 테스트하였다. 어떤 현상이 묘사될 수 있는 추상적인 레벨이나 크기를 나타내는 스케일(Scale)은 여러 값을 대입한 결과, Scale 40이 가장 논의 필

---

6 Smoothness 기준은 완만한 경계와 관련하여 이미지 객체들을 최적화하는 데 사용되며, 레이더와 같이 매우 이질적인 데이터에 대해 객체들이 무딘 경계들을 갖지 못하도록 할 때 사용된다. 한편 Compactness 기준은 Smoothness와 상대적인 의미로 이미지 객체들을 최적화하는 데 사용되며, noncampact 객체들에서 상대적으로 약한 대비로 분리되는 다양한 이미지 객체들을 추출할 때 사용된다.

지를 잘 구분하였다. 객체 간의 이질성의 기준인 Shape테스트 결과, 0.2일 때 논의 필지 모양을 가장 잘 따르면서 구분이 명확하였다. Compactness의 경우, 결과가 거의 유사하게 나타남에 따라 기본값인 0.5로 지정하였다.

객체기반분류는 클래스 정의에 따라 특정 클래스에 객체들을 할당하는 것을 의미한다. 각각의 객체는 특성 및 조건을 만족하는 클래스에 할당되며, 각 객체는 하나의 클래스에 속하거나 아무 클래스에 속하지 않게 된다. 분류방법은 감독분류[7]와 무감독분류로 나뉘며, 본 연구에서는 사용자가 클래스의 특징을 직접 정의하는 감독분류 방법을 이용하였으며, Developer 7.0 프로그램을 활용하였다. 객체분할 과정에서 얻어진 객체들을 기반으로 10개의 클래스(field, paddy, orchard, vinyl, grass, ground, mountain, urban, water, wet)를 지정하여 감독분류를 시행하였다.

영상에서 클래스별로 대표적인 훈련지역(TTA)을 선정한 후 1차 분류결과, 영상 내 유사한 분광 값을 갖고 있는 항목들이 많아 오분류가 발생하여 오분류된 지점에 대해 훈련지역(TTA)을 추가로 지정하였으며 적정한 결과가 나올때까지 분류결과 검수 및 훈련지역 추가지정을 반복하였다. 영상 Scene별로 2회에 걸쳐 분류작업을 시행했으며 그에 따른 샘플기반 에러매트릭스 결과를 비교한 결과, 1차에 비해 2차 분류 정확도가 11～38% 상승했다.

표 3. 영상별 1, 2차 분류정확도 결과 비교

촬영일자	영상	1차	2차
2007-06-10	MSC_070610015347_04627_10761276	0.62	0.98
2007-06-10	MSC_070610015347_04627_10761277	0.81	0.93
2008-08-08	MSC_080808013916_10835_10781275	0.80	0.92
2008-08-08	MSC_080808013916_10835_10781276	0.77	0.92
2008-08-08	MSC_080808013916_10835_10781277	0.56	0.94
2008-10-01	MSC_081001015620_11624_10751275	0.52	0.77
2008-10-01	MSC_081001015620_11624_10751276	0.80	0.91
2008-11-26	MSC_081126015157_12442_10771275	0.66	0.84
2008-11-26	MSC_081126015157_12442_10771276	0.62	0.80

7 감독분류는 사용자가 샘플 혹은 훈련지역(TTA, Traing & Test Area)을 직접 선정하기 때문에 명백한 클래스와 불확실성을 구체화할 수 있으며, 분류가 잘못된 경우 원인을 쉽게 찾을 수 있다는 장점을 지닌다. 반면, 무감독분류는 영상 내 특정한 특징을 갖는 클래스를 자동으로 지정하여 그 특성에 따라 객체들을 Grouping 하는 방법이다.

3. 재배면적 분류결과 및 정확도 검증

3.1. 분류결과

Developer7 프로그램에서는 분류결과를 벡터파일 형태로 추출할 수 있으며, 픽셀형태의 래스터(raster)와 추상화된 경계(smoothed)의 두 가지 형식을 제공한다. 추상화된 경계(smoothed) 방법을 이용하면 좀 더 부드러운 경계를 가진 벡터를 추출할 수 있으나, 면적에 영향을 미칠 수 있으므로 픽셀형태의 래스터(raster) 형식으로 결과를 추출하였다. 클래스별로 추출한 벡터파일은 Scene으로 Merge한 후 인접한 Scene별, 패스별로 중첩지역을 제거하여 하나의 파일을 생성하였다. 인접한 Scene별, 패스별로 Merge할 때 중복되는 객체에 대해서는 영상의 동일패스여부에 따라 편집방법을 다르게 적용하였다. 동일패스일 경우 영상분할 시 2,000픽셀 정도 중복지역을 두었기 때문에 인접영상 간에 추출된 벡터가 동일하게 생성되므로 동일한 벡터를 가진 두 영상에서 중첩되는 객체를 제거하여 하나의 파일을 생성하였다. 촬영일자가 다른 영상일 경우, 중첩된 지역에 생성된 객체의 형태가 각각 다르기 때문에 중첩된 영역 내에서 논 이외의 항목을 기준으로 경계를 생성하여 영상을 각각 Clip한 후 Merge하였다(그림 5 참조). 이러한 편집

그림 5. 동일패스 여부에 따른 객체분류결과 편집방법

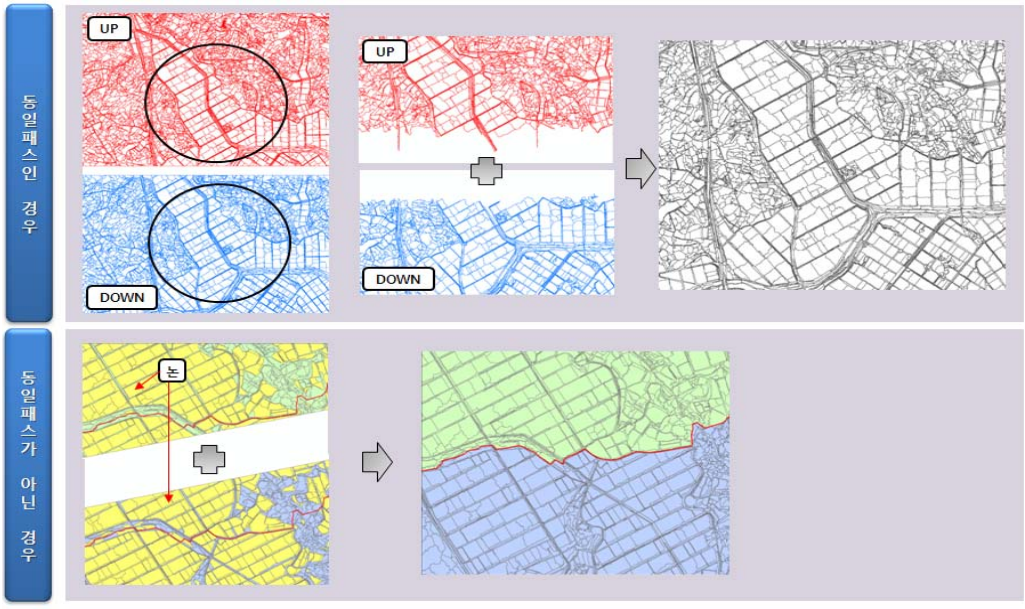
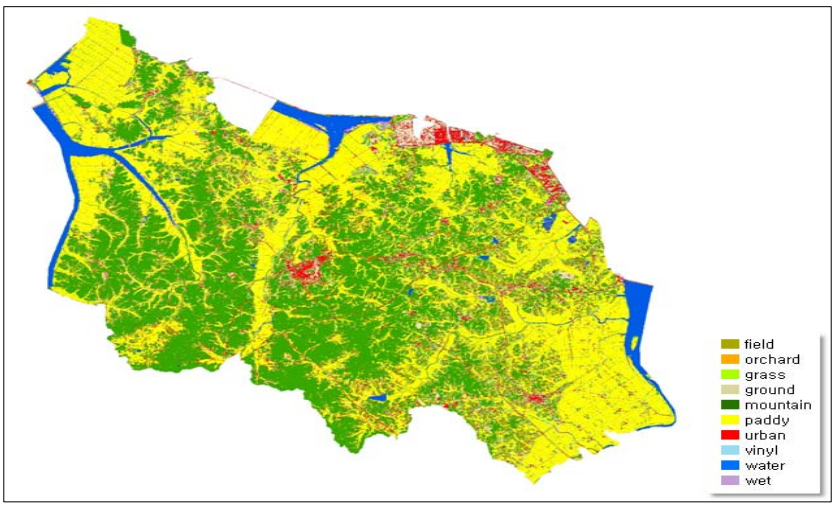


그림 6. 당진지역의 객체기반분류 결과



과정을 거쳐 하나의 파일을 생성한 후, 당진지역 경계로 Clip하여 최종결과물을 생성하였다. 분류결과와 연속지적도의 당진 전체 면적대비 논 면적을 비교하기 위해 당진지역의 경계자료로 연속지적도를 활용하였다. 최종 생성된 당진지역의 분류결과는 <그림 6>과 같다.

3.2. 정확도 검증

최종 생성된 당진지역의 분류결과에 따른 정확도를 검증하기 위해서 랜덤포인트를 이용한 방법과 면적비교 방법을 이용하였다. 랜덤포인트를 이용한 정확도 검증방법은 대상지역 내에서 표본을 무작위로 선정하고, 선정된 표본에 대해 육안판독을 실시하여 분류결과와 육안판독 결과를 오차행렬로 작성한 후 정확도를 산출하는 방법이다. 정확도 검증에 사용되는 표본의 개수는 통계기법을 이용하여 크기를 결정하였으며, 표본의 개수는 이항확률 이론에 근거하여 다음의 식을 이용하였다.

(3) $$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

여기서 p는 전체분류결과에서 기대되는 %의 정확도이며, q=100-p, E는 허용가능 오차, 그리고 Z는 95% 양쪽 꼬리 신뢰도에 대한 표준정규편차로 값은 1.96이다. 95%

의 신뢰수준, 90%의 정확도, 5%의 허용오차로 설정하여 138개의 샘플크기를 결정하였으며, 138개의 샘플은 ArcMap에서 무작위로 추출하여 생성하였다. Erdas Imagine의 Accuracy Assessment를 이용하여 138개 랜덤포인트에 대한 육안판독을 통해 참조값을 입력한 후 정확도를 산출하였다. 좀 더 객관적인 검증을 위해 랜덤포인트를 이용한 정확도 검증 방법을 4차례 시행하여 평균값을 산정하였다.

표 4. 1~4차 랜덤포인트의 정확도 평균

단위: 개, %

Class	Total	Classified Correct	Accuracy
Field	61	30	49.2
Orchad	4	0	0.0
Grass	18	4	22.2
Ground	44	24	54.5
Mountain	178	148	83.1
Paddy	174	158	90.8
Urban	28	15	53.6
Vinyl	9	0	0.0
Water	25	24	96.0
Wet	11	7	63.6
Total	552	410	74.3

총 4차례에 걸친 랜덤포인트의 육안판독을 통한 정확도 검증결과, 논의 평균정확도는 90.8%로 나타났다. 즉, 랜덤포인트에서 논으로 분류된 174개 항목 가운데 육안판독 시 논으로 판정된 곳이 158개이다. 논은 다른 항목에 비해 비교적 정확도가 높게 나타났으며, 전체 평균 정확도보다도 높게 나타났다.

면적을 이용한 정확도 검증을 위해서 최종 생성된 분류결과의 농경지 면적을 산출하고, 통계자료 및 연속지적도 등 타 자료와 비교하여 분류정확도를 검토한 결과는 <표 5>와 같다.

표 5. 농경지 분류결과 면적과 타 자료의 비교

단위: ha, %

구분		통계자료	연속지적도	분류결과	통계자료 대비 비율	연속지적도 대비 비율
당진 전체		66,473	68,756	68,756	103.4	100.0
경지 면적	합계	27,419	28,814	31,765	115.9	110.2
	논	22,556	21,809	24,545	108.8	112.5
	밭	4,863	7,005	7,220	148.5	103.1

자료: 통계청, 시·군별 논밭별 경지면적(2008).

통계자료 및 연속지적도와 농경지 면적을 비교한 결과, 논, 밭 모두 분류한 결과의 면적이 크게 나타났다. 논의 면적은 통계자료의 108.8%, 연속지적도의 112.5%로 나타났으며, 밭의 경우, 통계자료의 148.5%, 연속지적도의 103.1%로 나타났다. 연속지적도 결과를 영상과 비교해 본 결과, 논으로 보여지는 일부지역에서 연속지적도상 답(논)이 아닌 다른 항목(유수지, 임야, 염전)으로 구분되어 있음을 확인하였다. 분류결과에서도 대부분 논으로 분류되어 있었으며, 이로 인해 연속지적도와 분류결과 사이에 논의 면적 차이가 크게 발생하였음을 유추할 수 있다.

현장조사는 육안판독의 정확도 검증을 위해 수행하였다. 이를 위해 4차례에 걸쳐 72개 랜덤포인트에 대한 현장검증을 실시하였으며, 현장조사 결과가 실제 육안판독 결과와 크게 다르지 않은 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 연구는 선진국과 수산업 분야에 비해 실제적인 원격탐사 기술 도입이 이루어지지 못한 농업관측 분야에 원격탐사 기술을 도입하기 위한 시범연구로써, 선행 연구를 통해 비교적 원격탐사 기술 적용이 용이한 것으로 파악된 벼 재배지역에 대해 위성영상 자료를 활용하여 벼 재배면적을 산출하고자 하였다. 이를 위해 벼 재배면적이 넓은 당진군을 연구 대상지역으로 선정하고, 무상 또는 저렴한 가격에 자료 확보가 가능한 아리랑 2호 위성영상을 사용하여 시범 연구를 추진하였다.

연구수행을 위해 항공우주연구원으로부터 보안지역 처리가 완료된 1m 해상도의 KOMSPAT-2 1R 자료를 입수하였고, 정사보정 처리를 위해 수치지형도를 활용하여 참조자료 및 DEM 자료를 구축하였다. 입수한 위성영상은 분석에 필요한 데이터 포맷으로의 변환 및 데이터 융합, 보정 등의 전처리 과정을 수행 후 기존에 구축한 참조자료와 DEM을 활용하여 정사보정 과정을 수행하였다. 위성영상분류는 크게 객체의 분할(Segmentation)과 분할된 객체를 기준으로 객체기반분류(Object based Classification), 그리고 정확도 검수 부분으로 나누어 진행하였다. 객체분할과정은 Developer7 프로그램을 이용하였으며, 다양한 테스트 과정을 거쳐 방사해상도 8bit, Standard Deviation 스트래칭 적용 조건에서 Shape 0.2, Compactness 0.5, Scale 40의 경우가 가장 적정한 조건으로 도출되었다. 앞서 분할된 객체를 기반으로 1차와 2차에 걸쳐 감독분류 과정을 수행하고, 에러매트릭스를 작성하였다. 1차 분류결과에 비해 2차 분류 결과의 정확도

가 전체적으로 상승하였다.

분류결과에 대한 검증을 위해 4차례의 랜덤 포인트를 생성하고, 육안판독을 실시하여 정확도를 검증하였으며, 그중 1차례에 대해서는 현장검증을 통해 육안판독의 정확도와 현장검증의 정확도를 비교하였다. 육안판독을 통한 정확도 검증이 실제로 현장검증을 통한 정확도와 다르지 않음을 알 수 있었으며, 오히려 현장검증의 경우 분류정확도가 2.9% 높게 나타났다. 랜덤 포인트 정확도 검증결과, 전체 분류 정확도는 74.3%로 비교적 높게 나타났으며, 특히 논에 대한 분류 정확도는 평균 90.8%로 매우 높게 나타났다. 이 연구에서 수행한 벼 면적에 대한 정확도 검증은 순수한 기계판독에 의존한 영상분석 결과를 대상으로 수행된 것으로 영상분석 전문가의 육안판독에 의한 보정 및 현장조사 검증결과를 반영한 보정작업이 수행될 경우 정확도가 보다 제고될 수 있을 것으로 보인다. 본 연구를 통해 그동안 타당성 검토 등의 연구 수준을 넘어 실질적으로 인공위성 기술을 농업관측에 활용함으로써 인공위성을 이용한 벼 재배면적 조사에서의 농업관측 업무의 가능성은 입증되었다.

그러나, 고해상도 위성영상만을 활용하여 관측 업무를 수행하는 경우 영상 수급의 문제 및 고가의 처리비용 등으로 사전관측 및 예측 등의 업무를 수행하기는 어려울 것으로 예상된다. 이를 위해 향후에는 영상처리비용이 적고, Scene당 활용 면적이 넓어 영상 수급이 비교적 용이한 중해상도 영상의 도입이 검토되어야 한다. 다양한 중해상도 영상 도입으로 작물생육시기를 고려한 영상 획득 시기를 조절하고, 주산지 규모에 따른 해상도 선정으로 비용적인 측면에서의 고려가 가능할 뿐만 아니라 관측 시기에 적합한 효율적인 영상 공급이 가능할 것으로 보인다. 물론, 중해상도 영상을 활용하는 경우 고해상도 영상을 활용하는 경우와 같이 해상도 제약 등의 문제로 밭작물의 판독은 불가능하다. 이를 극복하기 위해 해외사례분석을 통해 유사한 연구를 시행하고 있는 사례를 분석하여 우리 농업 현실에 맞는 분석 모형을 수립해야할 것이다.

본 연구를 시작으로 현재 농업관측센터에서 담당하고 있는 다른 관측품목에도 원격탐사 기술을 적용할 수 있는 기술적인 기반이 마련될 수 있을 것으로 기대되며, 동시에 우리나라 농업 현실에 적합한 위성영상 처리 기술과 판독 알고리즘을 개발하여 향후에는 원격탐사 기술을 통해 우리나라 전역에 대해 빠르고 정확한 농업관측 정보를 체계적으로 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

권오복, 김재환. 2007.「위성정보의 농업관측 활용 타당성」. 한국농촌경제연구원.

김배성, 송성환. 2009.「위성정보의 농업관측 활용 방안」. 한국농촌경제연구원.

김충실 외. 2004.「주요 선진국 농작물 재보험제 검토를 위한 한국형 모델 연구」. 국회 농림해양수산위원회.

김충실 외. 2005.「항공우주기술의 농림분야 활용방안 연구」. 경북대학교.

김충실 외. 2008.「농업통계조사에 원격탐사기술 활용방안 조사 연구」. 경북대학교.

이우균 외. 2004. “IKONOS 고해상도 위성영상을 이용한 임상분류 및 수치임상도 제작기법.” 한국산림측정학회지 vol.7. no.1. pp. 85-93.

정재서. 2003. “IKONOS 위성영상을 이용한 임상분류 및 구획 기법.” 고려대학교 석사학위 논문.

함보영. 2004. “IKONOS 영상과 GIS를 이용한 참나무류의 공간분포 및 출현확률추정-경기도 양평지역에 대한 사례 연구-.” 고려대학교 석사학위 논문.

함보영 외. 2004. “IKONOS 영상과 GIS를 이용한 참나무류의 공간분포 및 출현확률추정-경기도 양평지역에 대한 사례 연구-.” 한국산림측정학회지 vol.7. no.1. pp. 74-84.

홍석영 외. 2001. “Landsat TM 화상을 이용한 당진군 일원의 논면적 추정. 한국농림기상학회지 제3권 제1호. 한국농림기상학회.

홍석영, 임상규. 2008. 위성영상을 이용한 북한의 농업환경분석-Landsat TM 영상을 이용한 북한의 지형과 토지피복분류. 한국환경농학회지 제27권 제2호. 한국환경농학회.

통계청. 2008.「원격탐사 기술을 이용한 경지총조사 방법 개발」. 통계청 정책연구용역 연구 결과 보고서.

환경부. 2002.「인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축」. 한국환경정책·평가연구원.

Definiens Developer 7 User Guide, Definiens Understanding Images.

DPRK Bulletins.

EC-JRC. IPSC Institute. Agriculture Unit. 2008. FOODSEC action. Italy.

<Ftp://mars.jrc.ec.europa.eu/bulletin>.

<http://www.dangjin.go.kr>.

ISR_Using_Remote_Sensing_Agristats.

Jensen J.R.. 2005. “원격탐사와 디지털 영상처리.” 시그마프레스.

LUCAS_2006_ICAS.

원고 접수일: 2010년 6월 21일
원고 심사일: 2010년 6월 23일
심사 완료일: 2010년 7월 15일