

KOMPSAT-3급 위성영상을 이용한 농업 토지이용 및 작물 생육정보 추출

이미선* · 김성준**† · 신형섭*** · 박진기*** · 박종화***

*건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과, **건국대학교 환경시스템학부 사회환경시스템공학과

***충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과

Extraction of Agricultural Land Use and Crop Growth Information using KOMPSAT-3 Resolution Satellite Image

Mi-Seon Lee*, Seong-Joon Kim**†, Hyoung-Sub Shin***, Jin-Ki Park***,
and Jong-Hwa Park***

*Department of Rural Engineering, Konkuk University

**Department of Civil & Environmental Systems Engineering, Konkuk University

***Department of Agricultural & Rural Eng., Chungbuk National University

Abstract : This study refers to develop a semi-automatic extraction of agricultural land use and vegetation information using high resolution satellite images. Data of IKONOS-2 satellite images (May 25 of 2001, December 25 of 2001, and October 23 of 2003), QuickBird-2 satellite images (May 1 of 2006 and November 17 of 2004) and KOMPSAT-2 satellite image (September 17 of 2007) which resemble with the spatial resolution and spectral characteristics of KOMPSAT-3 were used. The precise agricultural land use classification was tried using ISODATA unsupervised classification technique, and the result was compared with on-screen digitizing land use accompanying with field investigation. For the extraction of crop growth information, three crops of paddy, corn and red pepper were selected, and the spectral characteristics were collected during each growing period using ground spectroradiometer. The vegetation indices viz. RVI, NDVI, ARVI, and SAVI for the crops were evaluated. The evaluation process was developed using the ERDAS IMAGINE Spatial Modeler Tool.

Key Words : High resolution satellite images, Precise agricultural land use, crop growth information, IKONOS-2, QuickBird-2.

요약 : 본 연구에서는 KOMPSAT-3급 고해상도 위성영상을 이용하여 정밀농업 토지이용도와 식생정보를 추출하는 반자동 기법을 개발하여 제시하고자 한다. 분석에 사용한 자료는 KOMPSAT-3급의 공간 해상도와 분광 해상도가 동일한 IKONOS-2 영상(2001/5/25, 2001/12/25, 2003/10/23), QuickBird-2 영상(2006/5/1, 2004/11/17) 그리고 KOMPSAT-2 영상(2007/9/17)을 사용하였다. KOMPSAT-3급 영상자료로부터 정밀농업 재배지도를 작성하기 위해 ISODATA 방법을 이용한 정밀농업 토지이용도를 작성하여 현

장자료를 기존 스크린 디지털라이징 기법으로 작성한 정밀 토지이용도와 비교하였다. 다양한 작물의 생육정보를 추출하기 위하여 식생지수인 RVI, NDVI, ARVI, SAVI를 이용하여 각 작물별로 분석하였으며, 이 과정을 ERDAS IMAGINE Spatial Modeler Tool로 개발하였다.

1. 서론

그동안 농업분야에서는 주로 Landsat 영상을 이용한 연구가 주를 이루었다. 기본적으로 토지피복 주제도 작성, 논 경지정리지구 추출, 논내 비닐하우스 재배면적 추출 등으로 Landsat 위성영상의 시공간적 해상도의 한계로 인하여 실질적인 정밀농업관련 RS(Remote Sensing)자료의 DB(Data Base) 구축 및 정량적 분석은 이루어지지 못하였다. 국외의 고해상도 위성영상의 경우 구매하는 경로가 복잡하고, 구매기간이 길게는 몇 달이 소요되며, 영상 구매 단가가 비싸고, 원하는 구역의 영상을 구매하기가 어렵기 때문에 Landsat 위성영상이 주로 많이 활용되었다.

한편 국내에서 1999년 6.6m 해상도 센서가 탑재된 KOMPSAT(KOrea Multi-Purpose SATellite)-1 위성이 발사됨에 따라 농업분야에도 고해상도 위성영상을 활용한 연구가 급가속을 시작하게 되었다. 그 후 2006년 7월 28일 흑백 1m, 칼라 4m의 센서를 탑재한 KOMPSAT-2 위성이 성공적으로 발사되었으며, 현재 KOMPSAT-2호의 영상이 시중에 시판되고 있어 정밀 농업관련 RS자료의 DB 구축 및 정량적 분석에 활력을 불어넣게 되었다. 또한, 앞으로 2010년에 발사예정인

KOMPSAT-5 위성은 순수자체기술만으로 만든 위성으로 의미가 있을 뿐만 아니라 SAR(Synthetic Aperture Radar) 센서를 탑재할 예정이라 기상 영향이나 밤에도 관측이 가능하며, 특히 우리나라의 장마기간이나 폭설로 인한 기상 악천후에도 농작물의 피해상황을 정확하고, 신속하게 파악할 수 있을 것으로 기대해 본다. 5호보다 한해 늦게 발사 되는 KOMPSAT-3호 위성은 70cm급 광학 카메라가 100% 국내 기술로 개발되어 탑재될 예정으로, 초정밀 지상 관측과 해양 오염, 산불 감시 등 환경 관측 임무를 수행하게 된다. 이와 같이 국내 기술로 개발된 고해상도 센서를 탑재한 위성들이 발사됨에 따라 영상 구매에 따른 경제성 및 자료 획득성이 확보되며, 우리나라와 같은 좁은 구역에 복합적인 농업형태에 활용성이 더욱 높아질 것으로 평가된다.

고해상도 위성영상을 활용한 농작물 작황예측기술을 개발함으로써 우리나라 고유의 정밀농업(Precision Agriculture) 구축을 위한 산업적 기반을 다지는 한편, RS기반의 농작물 작황의 예측기술을 활용하여 농업·경제 분야에 대한 기여수준을 높일 필요가 있다. KOMPSAT-3급의 고해상도 위성영상을 활용한 정밀 농업 실용화를 위해서는 과학적인 농업 주제정보 추출 및 분석을 위한 기술 개발이 요구된다. 하지만 농작물

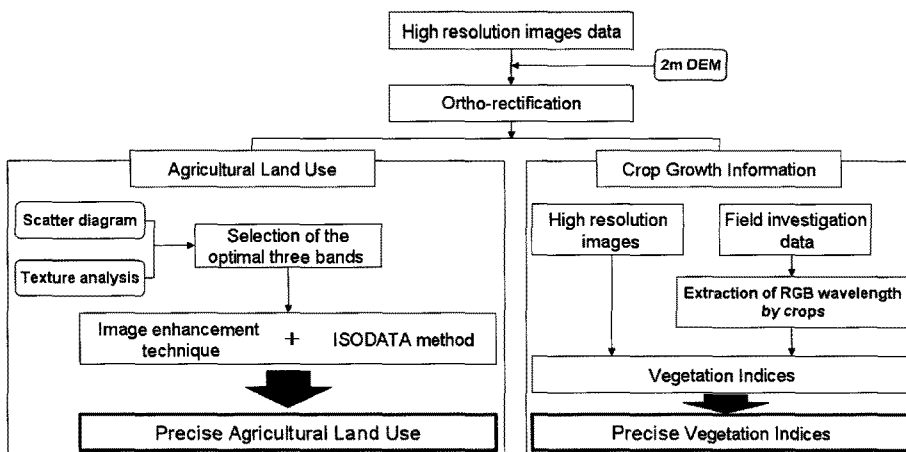


Fig. 1. The study of flowchart.

수확량 등을 예측하기 위해서는 위성영상과 현지관측 자료를 연계 활용할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

본 연구는 KOMPSAT-3호 시스템종합개발사업의 일환으로 연구 목표는 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째 KOMPSAT-3급 영상을 수집하여 정사보정을 실시한 후 밴드간의 상관관계 정립을 위한 최적의 밴드를 선정하고, 작물별 Texture 분석을 실시하여 작물별 최적을 밴드를 선정하고자 하였다. 또한 영상강조기법을 통한 영상을 향상 시킨 후 ISODATA 방법을 이용하여 정밀농업토지이용도를 작성하고자 하였다. 두 번째로 식생지수(RVI, NDVI, SAVI, ARVI)를 이용하여 작물의 생육정보를 추출하는 방법으로, 현장에서 분광반사계를 이용하여 분광반사율을 측정하고, 이 자료로부터 식생지수를 추출한 후 영상으로부터의 식생지수를 비교함으로써 고해상도 위성영상의 농업분야에서의 활용성을 평가하고자 하였다(Fig. 1). 마지막으로 이 과정을 반자동적으로 추출할 수 있는 모듈을 개발하는 것으로 차후 지속적으로 모듈을 업데이트 시키고자 한다.

2. KOMPSAT-3급 영상을 이용한 정밀농업 토지이용도 작성

1) 대상구역

현재 보유하고 있는 3개 구역(경기도 안성천 구역, 경기도 경안천 구역, 충청북도 괴산 소수면 구역)의 고해상도 위성영상을 활용하여 분석에 사용하였으며, 추가적으로 KOMPSAT-2 영상을 수집하여 모두 6개의 영상을 분석에 사용하였다. 3개의 구역은 소하천을 중심으로 여러 밭작물, 경지정리 논과 주거지가 고루 분포되어 있으며 삼면이 산림으로 둘러싸여 있는 전형적인 농업구역들이다(Fig. 2).

2) 고해상도 위성영상의 수집 및 전처리

고해상도 위성영상은 전처리 과정 없이 직접적인 기본도와 함께 사용될 수 없다(Lillesand and Kiefer, 2000). 특히 지표면 높이의 추정오차는 거리방향의 화소위치와 절대위치를 변화시키기 때문에 이에 대한 정사보정을 실시하였다. 이런 지표면 높이의 추정오차를 보정하기 위해서는 DEM(Digital Elevation Model) 자

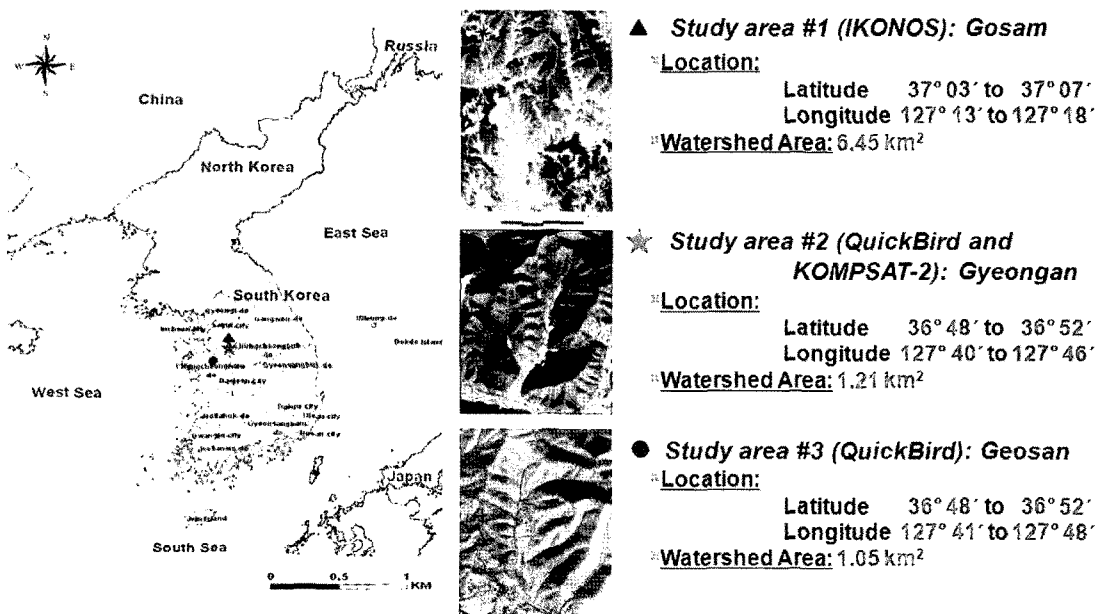


Fig. 2. The location of study area.

료가 필요하다.

DEM 자료는 1:5,000의 수치지도의 DXF(Drawing eXchange Format) 파일을 이용하였으며, 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 ARC/INFO의 스크립트언어인 AML (ARC/INFO Macro Language)을 적용하여 라인 및 포인트 커버리지로 변환하였다(정인균, 김성준, 2003). 추출한 커버리지의 도형자료 및 dxf-elevation 필드에 저장된 고도 값을 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 커버리지 생성, Lattice 변환과정을 거쳐 추출한 후 격자간격 2m의 DEM을 생성하여 사용하였다(이미선 등, 2006).

IKONOS, QuickBird, KOMPSAT영상 배포시, RPC(Rational Polynomial Coefficients) 파일을 함께 제공하는 경우가 있다. RPC 파일에는 latitude, longitude, 표정 요소에 대한 정보가 있다. 이런 RPC 파일을 이용하면 외부 표정을 결정하지 않고도 센서 모델링이 가능하다. 이에 본 연구에서는 IKONOS-2의 경우 2001년 두 개의 영상은 RPC 파일을 제공 받지 못하였기 때문에 1:5,000 NGIS(National Geographic Information System) 자료를 이용하여 map to Image 방법으로 정사보정을 실시하였고, 나머지 4개의 영상에 대해서는 RPC와 RPB 파일을 제공받아 수치지도로부터 구축한 2m DEM와 함께 정사보정을 실시하였다. 좌표계는 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse

Mercator)으로 투영 하였으며, 정사보정 결과는 각각의 영상별로 1:5,000 NGIS와 비교하여 위치정확도를 파악하였고, 각 영상별 RMSE(Root Mean Square Error)를 정리한 결과는 Table 1과 같다.

3) 최적의 밴드 선정 및 작물별 Texture 분석

지표상의 물체는 각각의 고유한 반사특성(Spectral Signature)을 가지고 있다. 이러한 반사특성은 특정한 분광밴드(Spectral Band)에 대하여 특정한 값을 가지게 하기도 하지만, 실제로 분광밴드간의 상호관계에 영향을 준다. 이에 Scatter 기법을 이용하여 밴드간의 상관관계를 정립하고, 최적의 분광밴드 3개를 선정하였으며, 그 결과 1, 3, 4밴드가 가장 밴드간의 상관성을 잘 나타내는 것으로 분석되었다.

Texture 분석은 원격탐사(Remote Sensing)자료로부터 지표상의 공간적 분포를 이해하기 위해 필요한 시각적 판독기준으로 작용한다(Lillesand and Kiefer, 2000). 즉, 지표상의 분석을 위해 잠재적으로 중요한 정보를 포함한다고 볼 수 있다(과학기술부, 2003).

벼, 밭작물에 대하여 고해상도영상의 획득시기별 Texture 분석을 실시하였다. Texture 분석은 작물별 최적의 밴드 결정을 위해 각 밴드별 픽셀 값을 사용하여 분석하였으며, 그 결과 벼의 경우 모든 밴드에서 분석이 용이한 것으로 분석되었다. 또한 4 Band는 벼, 옥수수, 고추 분류시 적합한 밴드인 것으로 분석되었다(Fig. 3). 작물에 따른 밴드의 특성을 각 위성영상별로 정리한 결

Table 1. The selected satellite images

Images	Date of Acquisition	Resolution (m)	GCPs	RMSE (m) X/Y/Z
IKONOS-2	May 25, 2001	Pan. 1 m	513	3.40 / 3.38 / 1.07
		MS. 4 m	499	1.54 / 1.69 / 0.25
	December 25, 2001	Pan. 1 m	509	3.12 / 3.10 / 0.75
		MS. 4 m	497	0.73 / 1.05 / 0.12
	October 23, 2003	Pan. 1 m	RPC	2.01 / 3.18 / 1.05
		MS. 4 m	RPC	0.60 / 1.43 / 0.23
QuickBird-2	May 01, 2006	Pan. 0.63 m	RPB	1.32 / 1.52 / 0.80
		MS. 2.40 m	RPB	0.58 / 0.80 / 0.50
	November 17, 2004	Pan. 0.63 m	RPB	1.02 / 0.88 / 0.50
		MS. 2.40 m	RPB	0.60 / 0.56 / 0.12
KOMPSAT-2	September 17, 2007	Pan. 1 m	RPC	1.32
		MS. 4 m	RPC	0.72

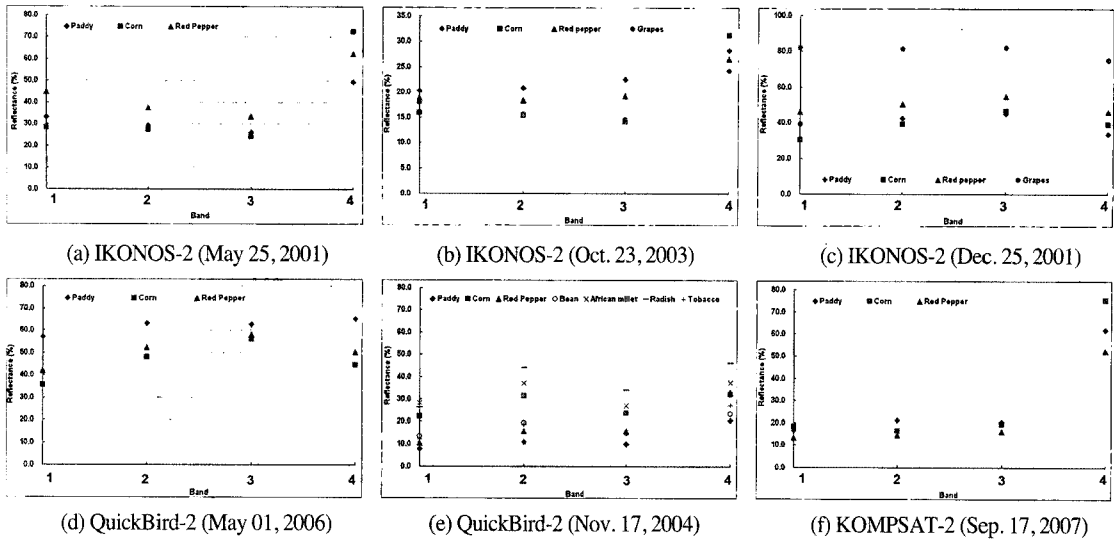


Fig. 3. Band characteristics of the selected crops.

과 공간해상도가 같은 IKONOS-2와 KOMPSAT-2 위성영상(Pan. : 1m, Mul. : 4m)이 비슷한 패턴으로 분포되는 확인할 수 있었다. 반면 해상도가 높은 QuickBird 위성영상(Pan. : 0.61m, Mul. : 2.4m)의 경우에는 두 위성영상과는 반대의 분포도의 양상을 보이는 것으로 분석되었다.

고해상도영상에서의 농작물 Texture획득은 향후 고해상도영상의 주기적인 획득과 영상의 축적시 농작물 분석을 위한 Data inventory로서의 역할이 가능하다.

4) 영상의 강조기법과 ISODATA 방법을 이용한 정밀농업 토지이용도 작성

작물별 분류 가능한 최적의 Band를 선정 후, 각 영상에 적합한 강조기법을 적용하여 이미지 향상을 실시하고, 무감독분류를 실시하여 정밀농업토지이용도를 작성하였다.

영상강조기법(Image Enhancement Technique)은 분석자의 목적에 따라 주관적으로 평가되기 때문에 어떠한 방법이 이상적이라거나 가장 좋은 방법이라고 말할 수는 없다. 또한 하나의 원영상을 해석하기 위해 여러 가지 영상 강조기법이 요구되기도 한다. 영상강조기법에는 선형강조기법과 비선형 강조기법으로 나뉜다. 선형강조기법은 원 데이터의 값을 선형으로 확장하여 새롭게 분포시키는 기법으로서 입력 값을 확장하여 출력장비가 지원하는 전 범위를 사용하는 기법을 말한다.

선형강조를 통해서 미묘한 변화가 더욱 확연히 드러나고 이러한 강조는 정규분포, 가우시안, 근사 가우시안 히스토그램에 잘 적용된다(국가 GIS 교육센터). 본 연구에서 선형강조기법에서 최소-최대 선형강조 기법을 사용하였다. 최소-최대 선형강조 기법은 입력 영상의 밝기 단계에 선형 방정식을 적용하여 새로운 밝기 단계를 추출하는 방법으로 구하는 공식은 식 (1)과 같다.

$$DN_{output} = \frac{DN_{input} - DN_{min}}{DN_{max} - DN_{min}} DN_r \quad (1)$$

여기서, DN_{min} : 영상밝기의 최소값

DN_{max} : 영상밝기의 최대값,

DN_r : 컴퓨터가 나타낼 수 있는 방사해상도의 범위를 의미한다.

반면, 비선형강조기법은 히스토그램 균등화(Histogram equalization) 방법으로 영상의 모든 화소값을 사용자가 정의한 화소값 단계 각각에 대략적으로 균등하게 재분배하는 방법(Gonzalez and Wintz, 1977)으로 공식은 식 (2)와 같다. 즉, 밀집된 지역의 대비는 강조되는 반면 화소가 많지 않은 곳은 대비가 감소된다. 히스토그램 균등화의 단점은 어둡거나 밝은 화소값을 매우 적은 회색단계로 표시하기 때문에 그늘진 지역에서 정보를 추출하려 하거나, 구름이 덮인 영상에는 적합하지 못하다.

$$B_i = \int \frac{\sum_{k=1}^i H_k + \frac{H_i}{2}}{A} \quad (2)$$

여기서, A: 평균 화소의 수

H_i : i 값의 화소 수

B_i : 변환된 i 값의 화소 수

선형강조기법과 비선형강조기법을 이용하여 영상에 각각 적용한 결과, IKONOS-2, KOMPSAT-2 영상은 모두 최소-최대 선형강조 기법을, QuickBird-2 영상은 히스토그램 균등화 기법이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

향상된 영상으로부터 ISODATA clustering 방법으로 무감독분류(Unsupervised Classification)를 실시하였다. 밴드는 앞에서 구한 최적의 밴드를 이용하였다. 분석시 5, 10, 20, 30, 40, 50개의 cluster 수를 조정하여 분석을 실시하였으며 그 결과, 고해상도 영상의 경우 20개 이상의 cluster를 적용해야 양호한 결과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 논의 경우 cluster 개수가

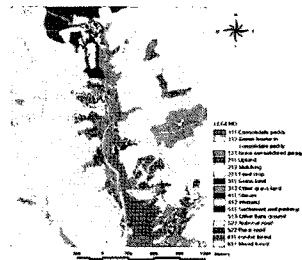
15-20개 정도, 밭작물의 경우 밭작물의 면적이 20[10³m²]이상의 경우에는 15-20개, 20[10³m²]미만인 경우에는 30이상의 cluster 개수로 분류하는 것이 정밀 토지이용도와 비교하였을 때 가장 적합한 것으로 분석되었다. 적합성은 기존 스크린 디지털라이징(On-screen digitizing) 기법을 이용하여 작성한 정밀토지이용도를 벡터라이징하여, ISODATA 방법으로 작성한 토지이용도와 Overlay 하여 정확도 검증을 판독하였다(Fig. 4).

3. KOMPSAT-3급 영상과 현장자료를 이용한 작물별 생육정보 추출 비교 분석

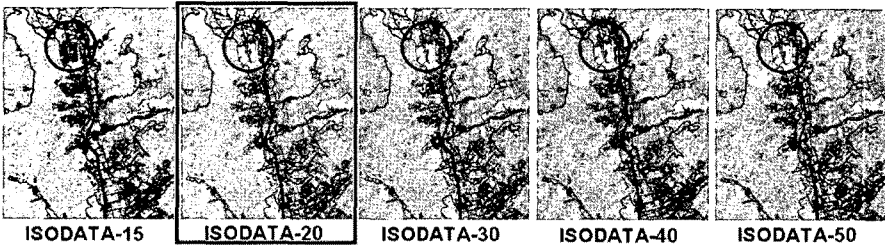
1) 식생지수 선정

센서에 의해 측정된 분광반사특성에는 토양과 식생에 관한 반사율이 동시에 나타나 측정조건에 따라 노이즈가 형성된다. 따라서 전체적인 분광스펙트럼의 형상으로 검토하기보다는 필요에 따라 특정파장의 반사율을

- Paddy : ISODATA Number of clusters : 15 - 20
- Crop area > 20[10³m²]
: ISODATA Number of clusters : 15 - 20
- Crop area < 20[10³m²]
: ISODATA Number of clusters : more than 30
- Cluster 20개 일 때가 경계가 가장 선명하게 나타남.



Study #1 : IKONOS 2001/05/25



Study #1 : IKONOS 2003/10/23

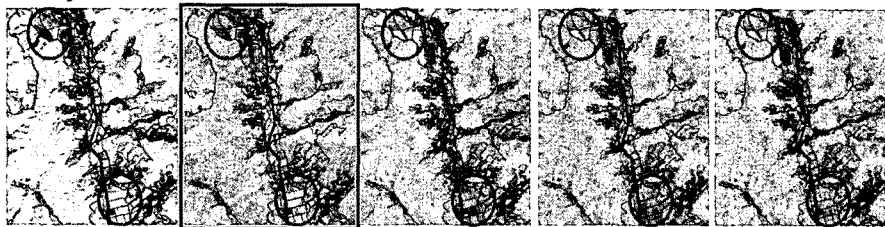


Fig. 4. The result of unsupervised classification.

선택하여 조합하거나 비를 구하여 지수를 만들어 이용하고 있다. 식생지수(Vegetation Index; VI)는 식물의 양, 계절적 변화, 식생의 생리적 조건 및 특성을 나타내는 인자중의 하나이다. 특히 식생에 관련된 지수는 지표면에서 녹색식물의 상대적인 분포와 활동성, 엽면적지수, 엽록소함량 및 광합성 흡수복사량(APAR) 등과 관련된 지표로 사용되며 가시광선영역과 근적외선영역 파장들의 반사특성과 밀접한 관련이 있다. 이러한 식생지수들은 위성데이터등과 지표면의 식생상태를 추정하기 위해 제안되었다. 대표적인 식생지수로는 정규화식생지수(Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)가 있다. NDVI는 지구규모의 자원문제를 취급할 경우 관측지역이나 계절 등 관측조건 차이에 발생 하는 영향을 최소화하기 위해 제안되었다(Rouse *et al.*, 1974). NDVI는 근적외선파장과 적색파장을 이용하여 두 파장을 조합함으로써 계산할 수 있다. 이 관계를 정리하면 식 (3)과 같다.

$$NDVI = \frac{(IR - RED)}{(IR + RED)} = \frac{(IR850 - R650)}{(IR850 + R650)} \quad (3)$$

여기서, IR850은 근적외선파장대(NIR) 중 850nm의 파장, R650은 가시광선파장대의 적색파장(RED)인 650nm이다. 식생과 토양, 물에 대한 NDVI는 다음과 같은 범위에서 분포한다.

$$\begin{aligned} \text{식생} : 0 < NDVI \leq 1, \text{ 토양} : 0 \leq NDVI \leq 1, \\ \text{물} : -1 \leq NDVI \leq 1 \end{aligned}$$

여러 가지 제안된 식생지수 중에서 본 연구에서 취득한 자료들의 활용도를 높이기 위하여 지금까지 제안된 식생지수 가운데 관련성이 깊은 3개의 지수를 선정하여 그 특성을 살펴보았다.

비율 식생지수(Ratio Vegetation Index: RVI)는 650nm의 반사율(R)과 850nm의 반사율(IR)의 비로 제시되었으며, 식은 다음과 같다.

$$RVI = \frac{IR_{850}}{R_{650}} \quad (4)$$

최소대기영향 식생지수(Atmospherically Resistant Vegetation Index: ARVI)는 SAVI를 수정하여 청색, 적색, 근적외선파장영역의 복사량을 정규화하고 대기의 영향을 줄일 수 있는 방법으로 제시되었다(Kaufman and Tzare, 1992). 여기서, γ 은 적색과 청색파장의 차

에 대한 가중치를 의미하며, 본 연구에서는 보편적으로 사용하는 1.0의 값을 사용하였다.

$$ARVI = \frac{(IR - rb)}{(IR + rb)}, \quad (5)$$

$$rb = RED - \gamma \times (RED - BLUE)$$

토양조절식생지수(Soil Adjusted Vegetation Index; SAVI)는 NDVI 계산식에 식생과 토양의 1차 분광반응에서 나타나는 토양의 영향을 최소화하기 위해 토양정보인자 L을 추가하여 나타낸 식생지수이다(Hute, 1988).

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L}, \quad (6)$$

여기서, NIR은 850nm를 RED는 650nm 파장을 사용하였으며, 토양정보인자인 L은 0, 0.5, 1을 사용하는 데 주로 0.5를 사용한다. 이 값은 토양명도 변화가 최소가 되며, 다른 토양에 대한 추가적인 보정이 필요 없는 것으로 알려져 있다(Huete and Liu, 1994).

이상의 4개 식생지수를 사용하여 현장에서 작물별로 측정된 분광반사율로부터 식생지수를 각각 추출하고, 고해상도 위성영상으로부터 같은 식생지수를 적용하여 결과 값을 도출 후 비교 분석하였다.

2) 주요작물 대상 시기별 분광반사율 측정

지구상에 존재하는 모든 물체는 각기 다른 양의 전자파에너지를 흡수, 반사, 투과하는 특성을 가진다. 모든 물질은 원자와 분자로 구성되어 그 조성은 물질마다 고유하다. 따라서 물질은 물질상태에 따른 고유한 파장의 전자파에너지를 반사 또는 흡수하게 된다. 이러한 물질에 따른 빛의 흡수, 반사, 투과 특성들은 물질 고유의 성질과 상태를 알 수 있게 해준다(日本リモートセンシング研究會編, 1995).

분광반사측정은 휴대용 분광복사계(Li-1800, Li Cor Inc; 측정파역 : 300~1100nm, 측정간격: 2nm)를 이용하여 구름이 없는 오전 11시 ~ 오후 2시 사이에 측정하였다. 벼에 대한 분광반사측정은 2008년 4월을 시작으로 측정을 시작하였으며, 이앙기(5월 22일 전후)부터 분얼기(6월 26일 전후), 유수형성기(7월 10일 전후), 수잉기(7월 24일 전후), 출수기(8월 10일 전후), 수확기(9월 29일 전후)까지 생육단계별로 측정하였다. 측정방

법은 먼저 작물의 초장 끝에서 약 30cm 떨어진 위치에 Telescope/Microscope를 고정한 후 비의 측정범위를 정하고 비에서 반사되는 태양복사에너지를 측정하였다. 측정은 2회 실시하여 그 평균값을 이용하였다. 표준백색판의 반사에너지는 초장 위에 편평하게 위치시킨 다음 Telescope/Microscope 관측범위에 맞춘 후 측정하였다. 비의 성장에 따라 초장 길이가 점점 길어지면 Telescope/Microscope의 위치 또한 초장의 성장 길이만큼 올려 Telescope/Microscope와 초장 끝의 거리가 항상 30cm를 유지하도록 하여 측정하였다. 발작물(고

추, 옥수수)에 대한 분광반사측정 또한 비와 같은 방법으로 측정하였으나 발작물의 경우 작물별 생육특성이 서로 다르기 때문에 측정기간은 서로 차이를 보였다.

작물의 성장단계에 따른 분광반사 특성변화를 알아보기 위해 비와 고추, 옥수수의 생육단계별 분광반사율과 1차 도함수를 작성하였으며, Fig. 5는 비와 옥수수의 생육단계별 분광반사율과 1차 도함수를 나타낸 그래프이다. 측정한 비와 고추, 옥수수는 550nm와 750nm 부근에서 반사율의 변화가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

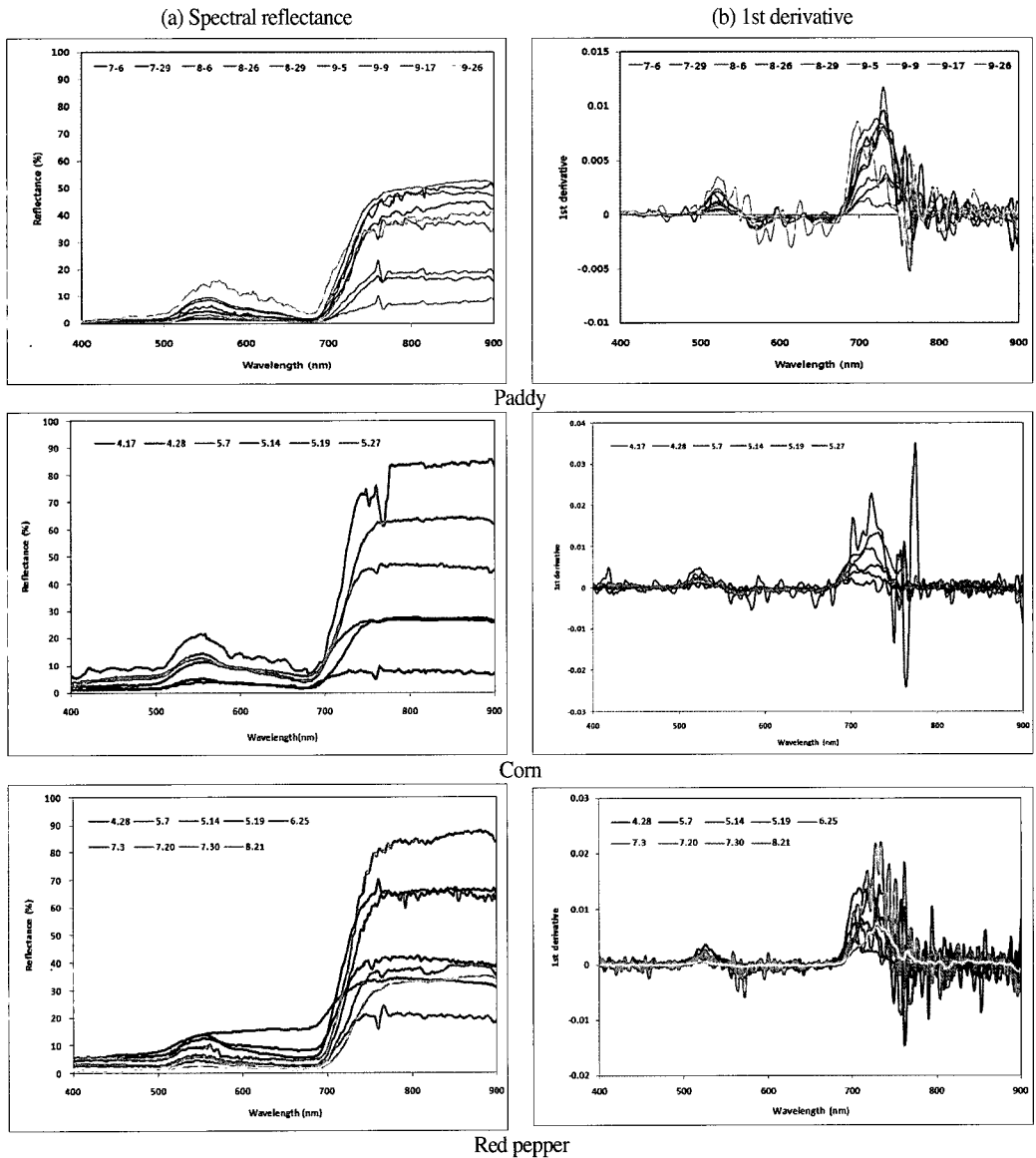


Fig. 5. Spectral reflectance and 1st derivative of corps during the growing period.

3) KOMPSAT-3급 영상과 현장자료로부터 추출한 식생지수간의 비교분석

인공위성 영상자료를 이용한 식생지수는 식생의 활력도 및 녹피율에 따른 가시광선 및 근적외선 파장영역에서의 반사량의 차이를 이용한 계산식으로 이러한 식생지수를 이용하여 식생의 생체량이나 생산성, 염면적, 녹피율 등을 조사하고 예측할 수 있다(박중화, 1992).

본 연구에서는 각각의 고해상도 위성영상으로부터 선정한 4개의 식생지수를 적용하여 결과를 도출하였으며, 마찬가지로 현장자료로부터 추출한 결과를 작물별(벼, 고추, 옥수수)로 비교분석하였다. 비교시 영상의 데이터와 동일한 측정데이터로 도출한 결과를 상대비교하였다(Fig. 6).

밭작물의 경우 재배기간이 짧기 때문에 본 연구에서 사용하고 있는 영상과 비교할 수 있는 영상으로 QuickBird-2 2006/05/01 영상과 IKONOS-2 2001/05/25 영상, 2개의 영상과 벼의 경우에는 6개의 영상을 모두 사용하여 비교분석하였다.

주요 밭작물별(고추와 옥수수) 4개의 식생지수간의 상대비교 결과는 Fig. 6(a) and 6(b)와 같다. 전체적으로 식생지수를 살펴본 결과 현장자료로부터 추출한 식생지수가 영상으로부터 추출한 식생지수에 비해 대체적으로 높게 추출되었음을 확인할 수 있었다.

벼의 경우 Fig. 6(c)를 살펴보면 KOMPSAT-2 (Sep.

17, 2007) 영상이 현장자료에서 추출한 결과 값과 가장 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 IKONOS-2 (Dec. 25, 2001) 영상의 경우 NDVI에서 영상에서 추출된 결과 값은 -0.18, 현장자료에서는 0.10으로 분석되었다. 이와 같은 결과 값은 벼의 타작이 끝난 후 벗짚이 지표면에 덮여 있는지의 여부에 따라 NDVI 값의 변화가 다음과 같이 크게 차이가 나는 것으로 판단된다.

좀 더 정확한 비교를 위해서는 작물의 생육시기와 동일한 시기의 영상이 필요하며, 그 중 생육이 가능 활발할 때의 영상을 사용하는 것이 정확한 데이터를 생성할 수 있다. 예로 논은 9월 ~ 10월 중순까지의 영상이, 옥수수는 6월 중순 ~ 8월 초순, 고추는 7월 중순 ~ 9월 초순의 영상이 가장 최적의 영상이라 할 수 있다.

4) 반자동화 식생정보 추출 알고리즘 개발

본 연구의 최종목표는 KOMPSAT-3급의 다중분광 위성영상을 활용한 반자동 정밀농업 주제정보 추출기술 개발을 통하여 접근지역에 대한 작황 모니터링 기술을 확보하고 비접근지역의 농업환경 및 작황을 분석하는 것이다. 본 연구는 최종목표로 진행하기 위한 하나의 과정으로서 생육정보를 추출할 수 있는 과정을 ERDAS IMAGINE 9.2의 Spatial Modeler Language로 만들어진 script model과 Model Maker에서 생성된 graphic models, 그리고 Image Interpreter 내에 포

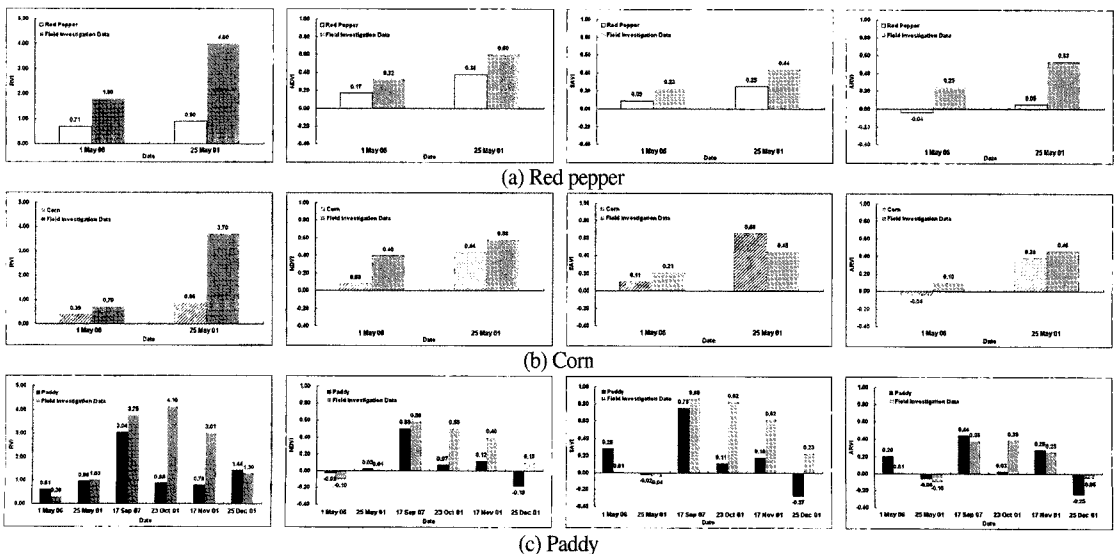


Fig. 6. Comparison of vegetation index between field investigation (red pepper, corn and paddy) and high resolution satellite images.

함되어 있는 함수를 이용하여 영상으로부터 영상 강조 처리 후 4개의 식생지수(RVI, NDVI, SAVI, ARVI)로 추출되는 과정을 하나의 통합 과정으로 제작하였다. 차 후 반자동 정밀농업 주제정보를 추출할 수 있도록 지속적으로 업데이트 및 개발할 예정이다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 KOMPSAT-3급 고해상도 위성영상을 수집하여 정사보정을 실시하고, 각 영상으로부터 농업 토지이용 및 작물 생육정보를 추출할 수 있는 방법론을 제시하여 고해상도 영상의 농업분야에서의 활용성을 살펴보고자 하였다. 연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 정밀농업 토지이용도를 작성하기 위해 작물별 최적의 밴드 선정하고자, Scatter 기법을 이용하여 각 분광 밴드간의 상관관계를 살펴보고, 3개의 최적의 밴드를 선정하였다. 또한 밴드별 픽셀 값을 사용하여 작물별 Texture 분석을 실시하였다. 그 결과, 논문 모든 밴드에서 분석이 용이한 것으로 분석되었으며, 4번 밴드는 3개 작물의 분석시 매우 적합한 밴드인 것으로 분석되었다.

2. 기존의 스크린 디지털라이징 방법이 아닌 영상의 이미지 강조기법을 이용하여 IKONOS-2, KOMPSAT-2 영상은 비선형 강조기법을, QuickBird-2 영상은 선형 강조기법으로 이미지를 향상시킨 후, ISODATA 방법을 이용하여 발작물의 면적이 20[10³m²]이상의 경우에는 15-20개, 20[10³m²]미만인 경우에는 30이상의 cluster 개수로 분류하는 것이 정밀토지이용도와 비교하였을 때 가장 적합한 것으로 분석되었다.

3. 영상자료로부터 추출한 식생지수결과와 비교분석하기 위하여 영상과 동일한 시기의 현장측정 자료로부터 식생지수를 도출하여 상대비교를 실시하였다. 그 결과, 정확한 비교 및 결과값 도출을 위해서는 작물의 생육시기와 동일한 영상이 필요하며, 그 중 생육이 가능 활발할 때의 영상을 사용하는 것이 정확한 작물별 생육 DB 구축과 재배면적을 추출할 수 있다. 논외의 경우 9월~10월 중순, 옥수수 6월 중순~8월 초순, 고추는 7월 초순~8월 하순의 영상이 가장 최적의 영상이라 할 수 있다.

4. 반자동화 정밀농업 주제정보 추출 알고리즘의 개

발은 농업의 DB·정보체계 구축 및 농업의 사회적인 인식 제고를 위한 계기가 될 수 있는 발판이 될 수 있을 것으로 사료된다.

현재 국외에서는 농무선(USDA) 산하 농업통계청(National Agricultural Statistics Service; NASS), 해외농업청(Foreign Agricultural Service; FAS), 세계농업관측위원회(World Agricultural Outlook Board; WAOB) 등에서 관측, 통계, 행정 등의 광범위한 영역에서 위성정보를 활용하고 있다(한국농촌경제연구원, 2007). 반면 국내의 경우 농업관리에 대한 정립이 부족한 상황이나, 위성영상을 활용한 농업분야에 대한 많은 연구와 투자가 이루어지고 있다. 본 연구의 결과는 농업분야의 고해상도 위성영상을 활용한 하나의 결과물로서 농업의 DB·정보체계 구축 및 농업의 사회적인 인식 제고를 위한 계기가 될 수 있는 발판이 될 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부에서 시행한 우주개발사업의 세부과제인 “정밀 농업 정보추출 및 분석기술 개발(2009K000324)”에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

국가 GIS 교육센터 홈페이지 <http://www.e-gis.or.kr> 과학기술부, 2003. 원격탐사 기술개발사업 활용분야 1 차년도 요약보고서, 한국항공우주연구원, 260.
박종화, 1992. Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시 도시녹지 변화 조사, 대한원격탐사학회지, 8(1): 27-43.
신용희, 박종화, 박민서, 2002. 발작물의 분광반사 특성과 식생지수, 한국관개배수학회지, 10(2): 43-54.
이미선, 박근애, 김성준, 2006. RADARSAT SAR 영상을 이용한 농촌지역 소하천주변의 침수피해지역 추정 연구, 한국수자원학회논문집, 39(11): 969-976.
정인균, 김성준, 2003. 효과적인 유역 및 하도망 추출을

- 위한 DEM 전처리방법의 비교, 대한토목학회논문집, 23(3D): 393-400.
- 한국농촌경제연구원, 2007. 위성정보의 농업관측 활용 타당성.
- Gonzalez, R. C. and P. Wintz, 1977. Digital Image Processing, Reading, Mass., Assison-Wesley, 431.
- Huete, A. R., 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, 25: 295-309.
- Kaufman Y. J. and D. Tanré, 1992. Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(2): 261-270.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer, 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. New York; John Wiley & Sons.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering, 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Proceedings. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt, NASASP-351, 1974. 301-317.
- Ryherd, S. and C. Woodcock, 1996. Combining spectral and texture data in the segmentation of remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(2): 181-194.
- 日本リモートセンシング研究会編, 1995. 圖解リモートセンシング, 社團法人日本測量協會, 19-23.