위성영상별 경지면적 분류 정확도 비교 분석

Comparative Analysis of Classification Accuracy for Calculating Cropland Areas by using Satellite Images

조명희* · 김성재** · 김동영** · 최경숙***,†

Jo, Myung Hee · Kim, Sung Jae · Kim, Dong Young · Choi, Kyung Sook

ABSTRACT

Recently many developed countries have used satellite images for classifying cropland areas to reduce time and efforts put into field survey. Korea also has used satellite images for the same purpose since KOMPSAT-2 was successfully launched and operated in 2006, but still far way to go in order to achieve the required accuracy from the products. This study evaluated the accuracy of the calculated croplands by using the objected classification method with various satellite images including ASTER, Spot-5, Rapid eye, Quickbird-2, Geo eye-1. Also, their usability and effectiveness for the cropland survey were verified by comparing with field survey data. As results, Geo eye-1 and Rapid eye showed higher accuracy to calculate the paddy field areas while Geo eye-1 and Quickbird-2 showed higher accuracy to calculate the upland field areas.

Keywords: Satellite images; cropland areas; objected classification method; classification accuracy

1. 서 론

우리나라는 1973년 이래로 표본설계를 통한 경지면적 및 작물 재배면적 통계를 실시하여 왔다. 농업기반 환경의 변화와 주요 작물의 작부체계 변화를 반영하기 위하여 이후 약 10여년을 주기로 3회의 표본재설계가 있었으며, 2007년 현재에는 2005년 구축된 표본으로 표본조사가 실시되고 있다. 또한 경지면적과 작물재배면적 통계는 매 10년을 주기로 경지 총 조사가 이루어지며 이때 구축된 모집단을 기반으로 표본 단위구가 추출된다. 그러나 경지 총 조사의 주기가 매우 길기 때문에 급변하는 농업의 국내의 환경을 실시간으로 반영하기가 어렵다. 더욱이 농업통계 조사방법은 과거의 조사방법 (현장 실측조사)을 그대로 사용함으로써 원거리에 산재해 있는 표본 조사구를 현장 조사함에 있어 많은 시간과 비용이 소요되며, 줄자를 이용한 실측, 목측 (目測) 등을 활용하므로 업무 부담이 가중되고 있다. 더욱이 지형파악과 작물식별능력 확보에 있어서는 상당기간이 소요되며, 비표본 오

차의 발생과 대지 (對地) 조사의 특성상 업무 저평가 및 회피로 인하여 조사방법의 현대화를 통한 효율성 및 정확성 제고가 시급한 실정이다 (Statistics Korea, 2009). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 일찍이 미국, EU, 일본 등의 선진국을 중심으로 위성 영상 자료를 판독해 농업통계관련 분야에 활용하는 원격탐사 기술이 이미 실용화되고 있다.

국내의 경우 관련 연구 및 기술개발 사례를 살펴보면, Ham et al. (1999)은 Landsat TM과 SPOT panchromatic 영상자료 들을 활용하여 경기도 지역을 대상으로 토지피복을 분류하고 이를 통계자료 및 지형도와 비교 검토한바 있으며, Na et al. (2008)은 Landsat TM과 ETM영상을 이용하여 청주북부지역을 대상으로 토지이용 및 피복변화량을 파악한 바 있다. 또한 Hong et al. (2001)은 Landsat TM 영상을 이용하여 당진군 일원의 논 면적을 추정하는 연구를 수행한바 있으며, Kim and Park (2006)은 원격탐사기술의 농업통계분야에서의 활용가능성과 도입방향에 대하여 세부적인 연구를 수행한바 있다. 그 외에도 통계청에서는 2006년 KOMPSAT-2 인공위성의 성공적 발사로 저렴한 국산 고해상도 위성영상의 활용이 가능하게 됨으로써 자체 시험 조사를 통해 위성영상을 활용한 경지면적조사 연구 수행을 통하여 위성영상 자료를 활용한 경지 조사 기술력을 확보하고자 하였으며, Lee et al. (2011)은 KOMSAT-2 위성영상과 현장의 측정 자료 들을 활용하여 식생지수와 수확량의 상관관계를 분석하기도 하였다.

* 경일대학교 위성정보공학과

** (주)지오씨엔아이

*** 경북대학교 농업토목공학과

† Corresponding author Tel.: +82-53-950-5731

Fax: +82-53-950-6752

E-mail: ks.choi@knu.ac.kr

2011년 12월 26일 투고

2012년 2월 27일 심사완료

2012년 2월 27일 게재확정

국의 사례를 살펴보면 미국 농무부 (United States Department of Agriculture)의 국립 농업 통계국 (National Agricultural Statistics Service)은 1972년 LANDSAT-1호가 발사되면서부터 원격탐사 기술을 농업에 응용하여 경지 총 조사, 토지이용현황과 주요작목별 재배면적통계생산에 활용하고 있으며, 유럽의 경우에도 NOAA AVHRR과 SPOT을 이용하여 농작물 수확량 예측, 기상, 재배면적 추정에 활용하고 있다. 또한 Li et al. (2008)은 Landsat TM 영상 및 SPOT 영상 자료를 이용하여 벼 재배지역에 대한 밀도 분석을 수행한바 있다.

이와 같이 국내외 적으로 농업분야에서의 위성영상 자료 활용 관련 기술개발 및 연구가 부각되고 있어 정확한 재배면적 및 체계적인 농업통계에 위성영상 활용도를 높이기 위해 다양한 위성영상 자료의 활용 가능성을 타진해 볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 농경지 면적 산출에 적용 가능한 다양한 위성영상 자료를 기반으로 객체기반 분류기법을 이용하여 위성영상별 농경지 재배면적을 산출한 후 현장조사 자료와 비교 검증을 통하여 위성영상별로 분류 정확도 평가를 통해 경지면적 산출에 있어 정확성, 효용성 등을 비교분석해 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 위성영상 자료 및 연구 대상지

본 연구에서는 경지면적 산출에 이용 가능한 다수의 위성영상을 선정하여 분류 정확도 분석에 활용하였다. 여기에 포함되는 위성영상은 NASA (National Aeronautics and Space Administration)와 일본의 METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) 그리고 ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center)의 주도하에서 1999년 12월에 발사된 ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) 위성영상과, 프랑스 CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) 주도 하에 발사된 SPOT-5, 독일의 German Aerospace Center (DLR)에서 2008년 8월 발사된 Rapideye, 미국의 디지털글로브 (Digital Globe)사에서 2001년 10월 발사한 Quickbird-2와 미국의 GeoEye사에서 2008년 9월 발사한 Geoeye-1 영상 자료이다.

Table 1은 본 연구에서 사용된 위성영상별 밴드 총 개수와 공간 및 시간해상도, 자료의 보완심사를 포함한 입수기간, 촬영면적에 대한 정보와 영상별 적용된 연구지역을 각각 나타낸다. 공간해상도는 Geo eye-1이 가장 높은 반면, ASTER가 가장 낮으며, 영상자료의 입수기간은 ASTER와 Rapid eye의 경우는 10일 정도 소요되는 반면 SPOT-5, Quickbird-2, Geo eye-1의 경우에는 보안관련 문제로 60일 정도가 소요되므로 영상 수급 용

Table 1 The satellite specifications and the study areas

Satellite / Study area	# of Band	spatial / time Resolution	Entrance period	Swath
ASTER / Changwon	15	15 m / 15 days	about 10 days	3600 km ²
SPOT-5 / Jincheon	5	2.5 m / 28 days	about 60 days	3600 km ²
Rapid eye / Gimje	5	5 m / 1 day	about 10 days	4900 km ²
Quickbird-2 / Yongin	4	0.65 m / 3-4 days	about 60 days	289 km ²
Geo eye-1 / Gimje	4	0.41 m / 2-3 days	about 60 days	225 km ²

이성이 낮아 자료의 활용성이 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 대상지 선정에 있어서 동일한 촬영시기와 동일한 연구 대상지의 조건을 모두 만족하는 영상 자료를 선정하기 위하여 영상을 검색해본 결과 두 조건을 모두 충족하는 영상은 없는 것으로 나타나 영상 자료 수급이 가능한 지역을 우선적으로 고려하여 창원, 진천, 용인, 김제를 연구대상지로 선정하였다.

2. 위성영상 자료 처리

위성영상 자료를 활용하여 위성영상별 경지면적 산출의 정확도 비교 분석을 위해서 먼저 영상자료의 전처리 과정이 필요하다. 원격탐사데이터는 일반적으로 일정한 기하학적 에러와 불일정한 기하학적 에러를 가지고 있다. 이러한 에러는 일정하게 발생하는 내부센서의 왜곡에 대한 지식 및 플랫폼의 천체상의 위치를 사용하여 교정할 수 있는 에러와 충분한 지상기준점을 가지고 허용정확도내로 교정할 수 있는 에러로 나누어진다. 본 연구에서는 기하학적 에러에 대하여 지상기준점 (Ground Control Point)을 기반으로 아래의 식 (1), 식 (2)와 같은 기하학적 좌표 변환식을 이용하여 기하보정을 수행하였다.

$$X' = a_0 + a_1X + a_2Y \quad (1)$$

$$Y' = b_0 + b_1X + b_2Y \quad (2)$$

where X, Y= Ground control point coordinate

X', Y'= Image coordinate

아울러 위성영상 자료 촬영 당시의 정보를 담고 있는 RPC (Rational Polynomial Coefficient) 화일과 DEM 자료를 이용하여 정보보정을 수행하였으며, RPC의 기본식은 식 (3)과 식 (4)와 같이 표현된다.

$$\chi = \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} \sum_{k=0}^{m_3} a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} \sum_{k=0}^{n_3} b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad (3)$$

Photo 1 Field survey views

$$y = \frac{P_3(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} \sum_{k=0}^{m_3} c_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} \sum_{k=0}^{n_3} d_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad (4)$$

X, Y, Z : Normalized ground coordinate

3. 위성영상자료 분류

21세기에 들어오면서 1 m × 1 m 이상의 공간해상도를 가진 원격탐사자료를 제공하는 Geo eye 및 Quickbird와 같은 위성영상 자료가 활용 중에 있지만 단일화소 분석에 기초한 기존의 분류 알고리즘들은 때로는 과대 분류와 같은 오류가 발생하곤 한다. 이러한 오류 발생 문제 해결을 위하여 객체기반분류 (Object-based classification)에 기초한 영상분류 알고리즘이 개발되어 졌다.

객체기반 분류 알고리즘은 일반적으로 영상분할을 할 때 분광 정보와 공간정보를 동시에 이용함으로써 결과적으로 모양이나 분광정보에 있어서 균일한 영역이라고 정의되는 영상객체가 만들어진다 (Visual Learning System, 2002). 본 연구에서는 Geo eye-1 및 Quickbird-2와 같은 고해상 위성영상 자료를 이용하기 때문에 객체지향 영상분할 방법을 이용하였으며, SPOT-5, Rapid eye, ASTER 영상에 대해서도 동일한 방법을 적용하여 영상자료를 분류하였다.

4. 분류정확도 평가를 위한 현장조사

위성영상자료의 분류정확도를 평가하기 위한 기초자료 수집을 위해 현장조사를 실시하였다 (Photo 1). 먼저 분류정확도 평가에 사용될 Assessment point를 생성하기 위하여 Erdas Imagine의 Accuracy Assessment기능을 이용하여 각 지역별로 100 point씩, 총 400 point를 생성한 후 각 연구대상지 (창원, 진천, 용인, 김제)의 현장조사를 통해 논, 밭, 산림, 수계, 기타를 포함하는 토지이용별로 생성된 100 포인트에 대한 좌표값을 획득하였다. 그리고 GPS 수신기를 이용하여 획득된 좌표값 지역에 대한 Assessment point의 현장 정보를 취득하여 분류 정확도의 참고자료 (Reference)로 활용하였다. 여기서 GPS 수신기에서 취득되는 좌표정보는 WGS 84 좌표계이며, 영상 데이터를 비롯한 분류맵 좌표는 TM 좌표이므로, TM 좌표체계로 변환하기 위해 Assessment point 자료의 좌표체계 변환을 수행하였다.

5. 분류정확도 평가

원격탐사 분야 전문가들의 지속적인 관심대상에 속하는 것 중 하나가 분류정확도에 대한 평가이다. 위성원격탐사자료로부터 분류된 결과를 객관적이고 정확하게 평가하는 것은 위성영상 활용 범위를 결정하는데 있어서 매우 중요한 과정 중 하나이다 (Kim, 2010).

위성영상 분류 결과 자료에 대한 정확도 평가방법에는 오차 행렬을 이용한 전체정확도 (Overall Accuracy), 사용자 정확도

(User's Accuracy) 및 생산자 정확도 (Producer's Accuracy), 그리고 Kappa 계수로 정확도를 평가하는 방법들이 많이 이용되고 있다 (Story and Congalton, 1986). 생산자 정확도는 각 클래스에서 정확하게 분류된 화소의 수를 검증자료의 총수로 나눈 값으로서 이는 표본 추출된 검증자료 내에서의 분류정확도를 나타낸다. 사용자 정확도는 표본 내에서 정확하게 분류된 화소의 총수를 분류된 각 클래스별 총 화소수로 나눈 것으로 대상지역 전체가 얼마나 정확하게 분류되었는지를 보여준다. Kappa 계수는 부정확하게 분류될 수 있는 화소를 제거하고 정확하게 분류된 화소만을 고려하여 정확도 평가를 하려는 의도에서 도입된 통계량이다. 식 (5)에서부터 식 (8)은 Kappa 계수, 사용자 및 생산자 정확도, 전체정확도 알고리즘을 각각 나타내고 있다.

$$K \text{ hat Coefficient} = \frac{N \sum_{i=1}^r \chi_{ii} - \sum_{i=1}^r (\chi_{i+} \times \chi_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (\chi_{i+} \times \chi_{+i})} \quad (5)$$

$$\text{User's Accuracy} = \frac{\chi_{ii}}{\chi_{i+}} \quad (6)$$

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{\chi_{ii}}{\chi_{+i}} \quad (7)$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^r \chi_{ii}}{N} \quad (8)$$

where, r=the number of rows in the matrix

χ_{ii} =the number of observations in row i and column i

χ_{i+} and χ_{+i} =the marginal totals for row i and column i

N=the total number of observations

본 연구에서는 위성영상별 분류 정확도 평가를 위하여 Assess-

Fig. 1 Objective based classification process and results

ment point 400개에 대한 현장 조사값을 참고자료로 입력하여 각 경지이용별 사용자 정확도 및 생산자 정확도, 전체 정확도를 각각 평가 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 객체기반 분류 방법을 이용한 경지 면적 추출

위성영상 자료에서의 분류란 인공위성을 비롯한 원격탐사 자료로부터 보내진 자료를 이용하여 지표물을 구성하고 있는 물체에 대한 유사한 radiance값을 갖는 것끼리 서로 묶어서 유한한 수의 집단을 만들어주는 것을 말한다. 본 연구에서는 Developer7 소프트웨어를 이용하여 분할 객체를 생성하였다. 각 위성영상자료의 Pan-sharpened 영상을 8 Bit로 변환한 후 scale parameter 값을 50으로 하여 분할객체를 생성하였다. MLC (Maximum Likelihood Classification) 감독분류 결과값과 분할객체와의 Majority기법을 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다. 아울러 생성된 결과물에 대하여 편집과정을 수행하였다.

우선 분할된 객체 폴리곤은 속성 값을 가지고 있지 않기 때문

에 각각의 폴리곤에 대하여 Majority기법을 이용하여 속성값을 부여 하였다. Majority는 ERDAS Imagine Software에서 제공하는 Vector Utilities 모듈을 사용하였으며, 동일한 속성값을 가지고 있는 인접한 분할객체들에 대해서는 하나의 동일한 폴리곤으로 병합하는 작업을 수행하였다. 그리고 마지막으로 병합된 객체 폴리곤 결과물을 대상으로 육안 판독으로 편집 및 수정하는 작업을 ARC GIS 프로그램을 이용하여 수행하였다. Fig. 1은 객체기반 분류처리에 대한 전반적인 흐름 및 결과를 보여주고 있으며, Fig. 2는 객체기반 분류 처리 과정을 통하여 작성된 객체기반 분류맵을 나타내고 있다.

2. 객체기반 분류맵 정확도 평가

현장조사를 통하여 획득한 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 Assessment point 400개와 각각의 위성영상별 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였으며, 객체기반 분류맵에 대한 정확도 평가 결과는 Table 2에서부터 Table 6에 나타난 바와 같다.

위성영상별 논 면적에 대한 분류 정확도 결과를 살펴본 결과 Geo eye-1 및 Rapid eye의 사용자 정확도가 93 %로 다른 영상에 비하여 상대적으로 정확도가 높게 나타났으며, 생산자 정확도에서도 Geo eye-1가 96 %, Rapid eye가 94 %로 다른

Fig. 2 Objective based classification map

Table 2 ASTER accuracy evaluation

Class	Changwon					Total	User accuracy
	Paddy	Upland	Forest	Water	Others		
Paddy	32	2	1	0	0	35	91
Upland	5	21	1	0	2	29	72
Forest	3	0	15	0	0	18	83
Water	0	0	0	6	0	6	100
Others	0	2	0	1	8	11	73
Total	40	25	17	7	10	Total Accuracy / Khat	
Producer Accuracy	76	84	88	85	80	82 % / 0.76	

Table 3 SPOT-5 accuracy evaluation

Class	Jincheon					Total	User accuracy
	Paddy	Upland	Forest	Water	Others		
Paddy	41	4	0	0	0	45	91
Upland	2	17	0	0	2	21	80
Forest	1	2	9	0	0	12	75
Water	0	0	1	9	0	10	90
Others	2	0	0	1	9	12	75
Total	46	23	10	10	11	Total Accuracy / Khat	
Producer Accuracy	89	73	90	90	81	85 % / 0.79	

Table 4 Rapid eye accuracy evaluation

Class	Gimje					Total	User accuracy
	Paddy	Upland	Forest	Water	Others		
Paddy	62	2	2	0	1	67	93
Upland	1	5	0	0	0	6	83
Forest	0	1	8	0	0	9	89
Water	0	0	0	7	0	7	100
Others	3	0	0	0	8	11	73
Total	66	8	10	7	9	Total Accuracy / Khat	
Producer Accuracy	94	63	80	100	89	90 % / 0.81	

Table 5 Quickbird-2 accuracy evaluation

Class	Yongin					Total	User accuracy
	Paddy	Upland	Forest	Water	Others		
Paddy	55	4	0	0	3	62	88
Upland	0	8	0	0	1	9	89
Forest	0	1	9	0	0	10	90
Water	0	0	0	5	0	5	100
Others	4	0	0	0	10	14	71
Total	59	13	9	5	14	Total Accuracy / Khat	
Producer Accuracy	93	62	100	100	71	87 % / 0.78	

Table 6 Geo eye-1 accuracy evaluation

Class	Gimje					Total	User accuracy
	Paddy	Upland	Forest	Water	Others		
Paddy	55	1	1	0	2	59	93
Upland	1	11	14	0	0	12	91
Forest	0	1	14	0	0	15	93
Water	1	0	0	4	0	5	80
Others	0	1	0	0	8	9	89
Total	57	14	15	4	10	Total Accuracy / Khat	
Producer Accuracy	96	79	93	100	80	92 % / 0.87	

영상에 비하여 상대적으로 정확도가 높게 나타났다. 밭 면적에 대한 분류 정확도 결과를 살펴본 결과는 사용자 정확도는 Geo eye-1이 91 %, Quickbird-2가 89 %로 다른 영상에 비하여 상대적으로 정확도가 높게 나타났으며, 생산자 정확도에서는 ASTER가 84 %, Geo eye-1이 79 %로 다른 영상에 비하여 상대적으로 정확도가 높게 나타났다.

위성영상별 전체 정확도에 있어서는 Geo eye-1이 92 %, Rapid eye가 90 %, Quickbird-2가 87 %, SPOT-5가 85 %, ASTER가 82 %의 순으로 나타났으며, 마지막으로 Kappa 계수에서는 Geo eye-1이 0.87, Rapid eye는 0.81, SPOT-5가 0.79,

Quickbird-2는 0.78, ASTER는 0.76의 순으로 나타났다.

위성영상별로 사용자 정확도, 생산자 정확도, 전체정확도, Kappa 계수를 살펴본 결과 Geo eye-1영상이 다른 영상들에 비하여 전체적으로 경지면적 산출에 있어서 높은 정확도를 나타내고 있는 걸 알 수 있었다. 이는 공간해상도가 다른 영상에 비하여 높으므로 지표구성 물질에 대한 다양한 분광정보 제공이 가능함으로써 분류에서도 정확하게 나타난 결과로 사료된다. 그러나 공간 해상도가 높다고 해서 분류 정확도가 반드시 높게 나타나는 것은 아니었다. Rapid eye 영상의 경우 Quickbird-2 보다 공간 해상도가 낮지만 분류정확도는 전반적으로 높게 나타났다. 이는 공간해상도 뿐만이 아니라 분류 대상지의 피복 구성물의 복잡함 정도가 관계되며, 본 연구에 사용된 Geo eye-1, Rapid eye 영상의 경우 촬영 대상지가 논 지역이 많이 분포하고 있는 평야지대로써 Quickbird-2 영상이 사용된 용인지역에 비하여 상대적으로 지표 물을 구성하는 물질들이 단순하게 구성되어 있음으로 기인한 결과로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 ASTER, SPOT-5, Rapid eye, Quickbird-2, Geo eye-1 위성영상 자료를 기반으로 객체기반 분류 방법을 이용하여 경지면적에 대하여 분류맵을 작성하고, 분류 정확도 평가를 위한 현장조사를 수행하여 위성영상 자료를 활용한 경지 면적 조사에 있어서의 정확성을 분석하였다. 그 결과 위성영상별 논 면적 산출 정확도면에 있어서는 Geo eye-1과 Rapid eye가 가장 높은 값을 나타내었으며, 밭 면적 산출 정확도면에 있어서는 Geo eye-1과 Quickbird-2가 가장 높은 값을 나타내었다. 전반적으로 Geo eye-1 영상이 경지면적 분류에 가장 높은 정확도를 나타내었으나 Quickbird-2, SPOT-5영상과 마찬가지로 자료 입수 기일이 대략 60일 이상 소요됨으로써 영상자료의 수급 용이성이 낮아 활용성이 떨어질 수 있는 불리한 측면이 있을 것으로 사료된다.

분류 정확도 평가에 있어서 동일한 연구 대상지 및 동일한 시기에 촬영된 위성영상 자료를 활용할 수 있다면 보다 정확하고 정밀한 위성영상별 분류 정확도 평가가 이루어 질 수 있을 것으로 판단되며, 각 연구 대상지별 현장조사 Assessment point를 보다 많이 확보하여 정확도 평가를 수행한다면 분류 정확도 평가에 대한 신뢰성을 보다 높일 수 있을 것으로 사료된다. 또한 분류정확도 평가뿐만 아니라 시·군별 단위의 위성영상자료의 획득을 통하여 경지면적 산출 정확도 비교에 관한 연구가 수행될 필요가 있으며, 아울러 자료처리 시간 및 비용 분석 등과 같은 경제성 분석을 수반하여 연구를 수행한다면 경지면적 조사 및 논, 벼 생산량 조사와 같이 많은 시간과 비용을 투자해야 하는

현장조사 방법에서 탈피하여 위성영상 자료를 활용하는데 있어 관련 종사자들의 업무효율성을 높이는데 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Allen, J. D., 1990. A Look at the Remote Sensing Applications Program of the Nation Agricultural Statistics Service. *Journal of Official Statistics*, 6(4): 393-409.
2. Ham, J. H. Y. C. Yoon, and S. J. Kim, 1999. Land Cover Classification and Analysis using Remotely Sensed Images Landsat TM with SPOT Panchromatic. *Proceedings of 1999 Annual Conference The Korean Society of Agricultural Engineers*, pp. 765-770 (in korean).
3. Hong, S. Y., S. G. Lim, G. S. Lee, I. S. Jo, and G. W. Kim, 2001. Estimation of Rice-Planted Area using Landsat TM Imagery in Dangjin-gun area. *Journal of the Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology*, 3(1): 5-15 (in korean).
4. Kim, C. S. and J. H. Park, 2006. A Study on the Effective Application in Agricultural Statistics. *Journal of the Korea Rural Economic Institute*, 29(2): 161-176 (in korean).
5. Kim, S. J., 2010. A Study on Knowledge based Forest Type Classification Method using KOMPSAT-II Image. Ph.D diss., Kyung-Il University, pp. 78-82 (in korean).
6. 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-2 Imagery and Field Investigation Data. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 53(3): 75-82
7. Li L., C. Li, X. Zhu, and Y. Pan, 2008. Consistency analysis on paddy rice area survey with spot and TM images under the total restraint quantity. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008, 929-933.
8. Na, S. I., J. H. Park, H. S. Shin, 2008. Land-use Mapping and Change Detection in Northern Cheongju Region. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 50(3): 61-69
9. Statistics Korea, 2009. Remote Sensing Method Development by Aerophoto Utilization for the Statistics of Agriculture, 118-125 (in korean).
10. Story, M. and R. Congalton, 1986. Accuray Assessment : A User's Perspective. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52(3): 397-399
11. Visual Learning Systems, 2002. User Manual : Feature Analyst Extension for ArcView/ArcGIS, Missoula, MT : Visual Learning Systems.