

# 임상 분류 정확도 향상을 위한 영상 알고리즘 변별력 실증 연구 -KOMPSAT-MSC를 이용한 경주지역을 대상으로- **An Empirical Study on Discrimination of Image Algorithm for Improving the Accuracy of Forest Type Classification -Case of Gyeongju Area Using KOMPSAT-MSC Image Data-**

조윤원\* · 김성재\*\* · 조명희\*\*\*

Jo, Yun Won · Kim, Sung Jae · Jo, Myung Hee

### 要 旨

본 연구에서는 경주시 내남면을 대상으로 KOMPSAT-2 MSC(Multi Spectral Camera) 영상(2007.06.12)을 기반으로 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)와 TCT(Tasseled-Cap Transformation) 영상 알고리즘을 적용하여 DN 분포도를 작성 하였다. NDVI 및 TCT DN 분포도와 산림 현장 조사 결과와의 비교 분석을 통하여 임상 분류 정확도 향상을 위한 영상 알고리즘 변별력 분석을 수행하고 마지막으로 현장조사 자료와의 중첩 분석을 통하여 임상분류 정확성을 검증 하였다. 본 연구를 통하여 KOMPSAT-2 MSC 영상을 이용하여 임상 분류 자동화 실용성에 대한 검토와 정밀 산림 임상도 제작과정에서 저비용 고효율성을 기대할 수 있으리라 사료된다.

핵심용어 : 지도공급, 국가기본도, 웹기반, 온라인

### Abstract

By applying NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) and TCT(Tasseled-Cap Transformation) image algorithm on the basis of KOMSAP-2 MSC(Multi Spectral Camera) image(Jun. 12, 2007) for Naenam-myeon, Gyeongju city in this study, DN distribution map was drawn up. Discrimination analysis of image algorithm for the accuracy improvement of forest type classification was conducted through the comparative analysis between the distribution maps of NDVI and TCT DN, and forest field surveying data, and finally, the accuracy of the forest type classification was verified through the overlay analysis with the forest field surveying data. Through this study, it is thought that low cost and high efficiency will be able to be expected in the process of the examination for the automation practicality of the forest type classification and of the production of the accurate forest type classification map by using KOMPSAT-2 MSC image.

**Keywords** : Forest Type Classification, TCT(Tasseled Cap Transformation), NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), Forest Field Survey, KOMPSAT-2 MSC

## 1. 서 론

산림은 경제적 물질생산 가치의 수집 배에 달하는 공익적인 가치를 제공하고 있으므로 대규모의 산림지역을 과학적으로 관리하고 보호하여 친환경으로 가꾸어 나가는 것은 사회적으로 매우 중요한 의미를 가지며 국

민의 주요 관심사로 부각 되고 있다.

하지만 산림 식생 정보를 수집하기 위해서는 산림 전문가의 현지 산림조사와 항공사진 판독을 통하여 정보를 추출하고 산림분야 주제도를 제작하여야 한다. 특히 현재 수행되고 있는 산림조사는 목적에 따라 조사내용과 표기내용이 상이하고 정밀 산림 현황 분석에 있어

2009년 4월 7일 접수, 2009년 5월 11일 채택

\* 교신저자 · 정희원 · 경일대학교 위성정보공학과 공학박사(sorabol00@hanmail.net)

\*\* 경일대학교 위성정보공학과 공학박사 과정(sungjaekim97@hanmail.net)

\*\*\* 경일대학교 위성정보공학과 교수(mhjo@kiu.ac.kr)

비전공자들은 관독이 어려우며 대상 지역이 넓은 경우에는 현지 접근성이 어려워 위성영상이나 항공사진의 효과적인 활용이 요구되고 있는 실정이다(Myung-Hee Jo, 2006).

더욱이 우리나라의 경우 잦은 산림환경 변화와 국소적 산림환경의 정보를 지속적으로 파악하기 위해서는 주기적인 실 공간정보를 제공하는 위성영상 정보의 활용이 반드시 필요하다. 최근 국내에서도 효율적인 산림 자원관리를 위하여 다양한 산림 공간에 대한 분석 요구는 날로 증가하는 추세에 있으며 대량의 산림정보를 신속하고 과학적으로 분석하기 위하여 위성영상 자료와 GIS 공간분석 기법을 활용한 과학적인 임상 분류 기법 개발이 많이 이루어지고 있다(Sung-Jae Kim, 2007).

나아가 국내 고해상 위성영상인 KOMPSAT-2 MSC의 활용 기술력 향상 및 실용화를 통한 공공성 획득을 위해서는 산림과 같은 국가 공공 자원관리를 위한 영상기반 정보 추출기술력 확보는 반드시 선행되어야 한다(한국항공우주연구원, 2006).

관련 연구로는 정기현(2001)은 위성영상을 이용하여 최대우도법을 적용, 감독분류를 수행하여 분류결과의 정확도를 높이고 분석결과 기존의 중해상도 위성영상보다 향상된 분류결과를 보여준바 있으며 장훈(2003)은 LANDSAT 위성자료를 이용하여 표준화 주성분분석을 적용하여 두 지역 간의 고유벡터 매트릭스를 비교 분석하여 분류 정확도를 높인바 있다.

그리고 이승희(2003)은 인공위성 영상자료를 이용한 식생분류 정확도 검증에서 감독분류, 반복적 무감독분류, 계층적 무감독분류를 이용하여 식생분류결과와 현존 식생과의 관계를 분석하여 식생구조를 밝히고 이를 통해 시계열적 변화를 분석한바 있으며 마정립(2005)은 초분광 영상을 이용하여 수종의 판별, 식생의 스트레스 유형의 판별, 잎의 수분 함량 등의 정보를 추출하여 초분광 영상을 활용한 영상의 임상분류 가능성 제시한바 있다.

이지민(2006)은 선형혼합모델을 통하여 토양의 점유 비율을 이용하여 수관울폐도와 관련된 정보의 추출을 가능하여 세부적인 임상분류의 가능성에 대하여 보고한바 있으며 박민지(2008)은 NDVI를 이용한 충주댐 유역 산림 지역의 피복 분류 정확도 분석하여 산림을 세 분류(침엽수, 활엽수, 혼효림)로 분류한바 있다.

고해상 위성영상을 이용한 임상분류 관련연구로는 조광현(2008)등은 QuickBird 위성영상을 이용하여 임상층화 분류기반 정밀임상도 제작기법 개발을 연구한바 있으며 김소라(2008)는 고해상도IKONOS 위성영상을 객체지향 기반으로 분할 및 분류하여 영상개체를 생

성, 영상획득시기를 고려하여 산림과 비 산림지역으로 분류하고 지형인자에 영향을 많이 받는 수목을 효율적 분류한바 있다.

본 연구에서는 경주시 내남면을 대상으로 KOMPSAT-2 MSC 영상(2007.06.12)을 이용하여 TCT(Tasseled-Cap Transformation), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 알고리즘을 적용하여 DN분포도를 작성하였다. 그리고 TCT 알고리즘 기반 DN 분포 값을 기초로 영상강조 및 변환을 수행하여 임상 분류에 적합한 밴드를 우선 추출한 후 NDVI 알고리즘 기반 DN 분포 값을 기초로 산림 현장 조사 결과와 비교 분석하여 임상 분류 정확도 향상을 위한 영상 알고리즘 변별력 실증연구를 수행하였다.

연구대상지역인 경주 산내면 일대를 대상으로 한 실험결과와 현장조사 자료와의 중첩을 통한 검증분석 결과 약 89%의 임상 분류 정확도를 가지고 있는 것으로 보아 고해상 위성영상자료를 이용하여 임상분류를 함에 있어서 TCT 영상 알고리즘을 활용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 KOMPSAT-2 MSC 영상을 이용하여 임상 분류 자동화 실용성에 대한 검증과 정밀 산림 임상도 제작과정에서 저비용의 고효율성을 기대할 수 있으리라 사료된다.

## 2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서는 사용한 KOMPSAT-2 MSC 영상은 2007년6월12일 경주시 내남면 일대를 촬영한 것으로 영상의 기하학적 왜곡을 제거하기 위하여 수치지도에서 추출한 지상기준점(GCP: Ground Control Point)을 이용하여 기하보정을 수행하였고 영상자료와 실제 지형지물의 상호 위치관계를 파악하기 위하여 지상기준점과 수치지형도의 등고선 자료를 이용하여 작성된 10M 해상도의 수치고도모형(DEM: Digital Elevation Model)을 기반으로 미분편위수정(Differential rectification)한 후 RPC 파일을 이용하여 정사보정을 수행(RMSE는 2.5 이하)하였다(과학기술부, 2004). 내삽법에 있어서는 최근린내삽법(Nearest Neighbor Method)을 이용하여 1m×1m로 재배열(Re-sampling)하였다.

KOMPSAT-2 MSC영상자료 알고리즘 분포도 결과 값에 대한 비교 검증을 위한 연구지역 산림 현장조사 자료를 위하여 1/5,000 축척의 표본점(example of sample points) 배치도를 제작하였다. 아울러 표본점 조사 수행 시 도면에서의 현재 위치를 조사자들이 쉽게 파악하고자 배치도에는 산림지역에서 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 표본점의 ID, 경도(longitude), 위도

(latitudes) 좌표와 직각좌표(rectangular coordinates), 도로 및 행정경계를 포함한 주변 지형지물정보를 표기하고 표본점 간의 이동거리 관독을 돕는 300m×300m 그리드를 표기하였다.

근적외선 영상 자료를 기반으로 분광특성이 동일한 임상상의 경우 인접해 있는 폴리곤(인공림 0.1ha, 천연림 0.5ha 면적 미만 폴리곤의 경우)을 우선 분류하였다. 이를 기반으로 경계선을 구획하여 병합을 수행하였으며 각 폴리곤의 중심점을 기준으로 하여 반경 20m×20m의 지역에 대한 현장조사를 수행하여 표본점(총 51개)의 속성정보를 작성하였다. 그림 1은 표본점 조사과정을 나타내고 있으며 표 1은 각 표본점 별 현장 조사 목록과 상세설명을 나타내고 있다.

그림 2는 임상분류 정확도 향상을 위한 KOMPSAT-2 MSC 영상기반 TCT(Tasseled-Cap Transformation), NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) DN 분포도의 작성 과정과 본 연구에서의 전반적인 연구 수행 전체 흐름도를 나타내고 있다.

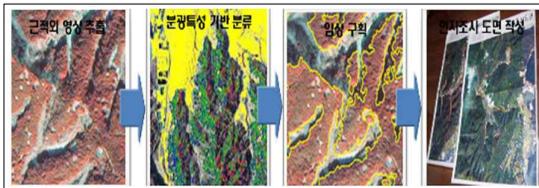


그림 1. 표본점 조사과정

표 1. 표본점별 조사내용

조사항목	상세 설명
영급구분	10년을 단위로 I~X 영급으로 구분
수관밀도	5단계로 구분하여 기록(극소,소,중,밀,과밀)
수고구분	측고기 등 측수장비를 이용하거나 직접 측정을 하여 입목수고의 최저, 최고를 측정하여 평균 수고를 산출
무림목지	산불피해지, 미림목지
임상구분	침엽수, 활엽수, 혼효림
임종구분	인공림, 천연림
수종구분	임상관독에 최소단위(0.04ha)로 구분되는 수종만 선정
혼효율	임상구획 내 수종을 감안하여 수관점유면적 비율 또는 입목분수비율(재적)에 의한 백분율로 산정
경급측정	조사된 수종별 경급을 최소~최대경급을 분모로 하고, 평균경급을 분자로 기록

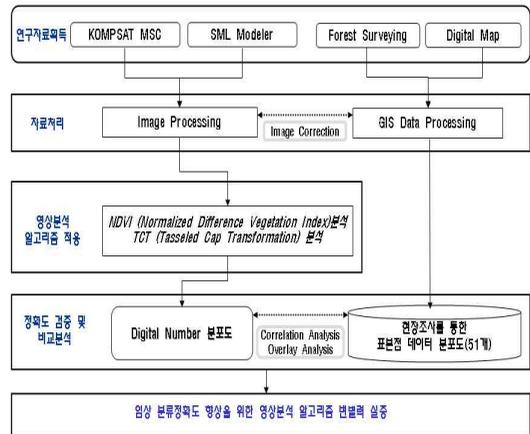


그림 2. 연구수행 흐름도

### 3. 임상 분류 정확도 향상을 위한 NDVI와 TCT 알고리즘 적용

#### 3.1 NDVI 분포도 작성

위성영상 자료를 이용하여 식생의 생물리적 변수들을 추출하고 분류하기 위해서 비교적 정확한 식생지수 획득이 요구되는데 식생 활력도를 측정하는 방법으로는 일반적으로 식생지수를 이용하여 식물의 특성을 파악하는 기법이 가장 많이 사용되고 있다.

최초의 식생지수는 1968년 Birth와 Mcvey에 의하여 발표된 적색과 근적외선 영역에서의 반사 값을 나눈 단순식생지수(SR)로 알려져 있지만 위성기술의 발달로 사용목적에 따라 여러 식생지수들이 개발되었으며 표 2는 현재까지 널리 사용되고 있는 원격탐사자료기반 식생지수 식들을 보여주고 있다(John R. Jensen, 2002).

이러한 식생지수들은 Landsat TM, ETM+ 등과 같은 가시광선과 근적외선의 파장대를 가지고 있는 위성영상자료들의 밴드비(Ratio), 밴드차(Difference) 등에 의해 산출되어질 수 있는데 가장 널리 알려져 있는 기법인 정규식생지수인 NDVI가 가장 보편적으로 사용되고 있다.

본 연구에서는 Krigler(1969)에 의해 처음으로 설명되었으며 Rouse(1974) 등이 처음으로 활용사례를 제안하여 가장 많이 활용되고 있는 정규식생지수인 NDVI를 이용하였다. 연구대상지역인 경주 산내면 일대의 KOMPSAT-2 MSC 영상(2007.06.12)의 근적외선의 BAND4와 가시광선BAND3을 이용하여 Unsigned 8Bit방식의 위성영상 분석처리 포맷으로 NDVI 분포도를 그림 3과 같이 작성하였다.

표 2. 원격탐사 식생지수의 종류

식생지수 종류	관련 식
Simple Ratio	$SR = NIR / Red$
Infrared Index	$II = \frac{NIRTM4 - MidIRTM5}{NIRTM4 + MidIRTM5}$
Greenness Above Bare Soil	$GRABS = G - 0.09178B + 5.58959$
Moisture Stress Index	$MSI = MidIRTM5 / NIRTM4$
Leaf Relative Water Content Index	$LCWI = \frac{-\log[1 - (NIRTM4 - MidIRTM5)]}{-\log[1 - NIRTM4 - MidIRTM5]}$
MidIR Index	$MidIR = MidIRTM5 / NIRTM7$
Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = (1+L)(NIR - red) / NIR + red + L$
Atmospherically Resistant Vegetation Index	$ARVI = \frac{P*nir - P*rb}{P*nir + P*rb}$
Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index	$SARVI = \frac{P*nir - P*rb}{P*nir + P*rb + L}$
Enhanced Vegetation Index	$EVI = \frac{P*nir - P*red}{P*nir + C1p*red - C2p*blue + L(1+L)}$

(John R. Jensen, 2002)

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$$

NIR = Near Infrared band, red = Red band

(John R. Jensen, 2002)

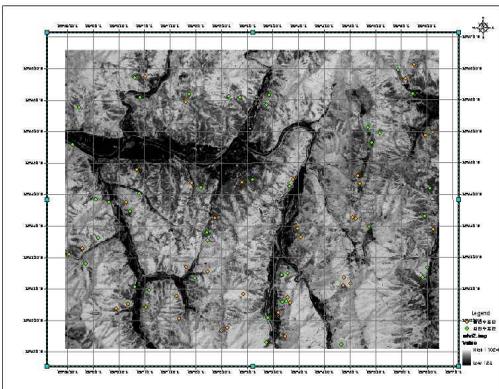


그림 3. NDVI 분포도

(경주시 내남면 일대, 2007.06.12)

3.2 TCT 분포도 작성

Tasseled-Cap Transformation은 계절의 순환에 따른 식생의 반사 특성을 설명하기 위해 Kauth와 Thomas (1976)에 의해 도입된 개념으로 위성영상이 포함하고 있는 광학정보를 증폭시켜 필요한 정보를 얻을 수 있는 기법이다.

TCT는 식생의 활력(Vital power), 수분 함량, 토양의 밝기(Soil brightness)등의 위성영상으로부터 분석할 수 있는 경험적인 회귀분석(Regression Analysis)방법을 이용하여 연속적인 직각 함수(Rectangular function)로 표시함으로써 지표의 물리적 상태를 선형 방정식(Linear equation)으로 나타낼 수 있다.

TCT의 변환계수는 위성영상의 센서에 따라 달라지지만 분광해상도가 동일하다면 이미 구해진 상수로 선형 변환(Linear transformation)하여 사용할 수 있으므로 본 연구에서 KOMPSAT -2 MSC 영상과 동일한 분광해상도를 가지고 있는 IKONOS 영상을 기반으로 개발된 TCT 변환계수(James H. Horne, 2003)를 사용하였다(그림 4와 표 3).

그림 6에서처럼 TCT의 변환계수를 기초로 임상분류에 적합한 TCT Band Composition을 수행하기 위하여 각각의 Band별 지표 특성을 살펴본 결과 II에서는 식생 활력이 높을수록 밝은 색을 나타내고 있으며 IV에서는 수분함량이 높을수록 밝은 색을 띄고 있는 것으로

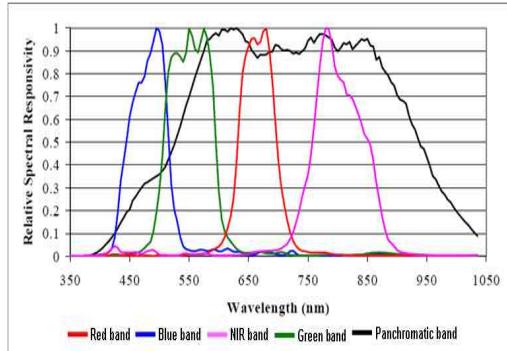


그림 4. IKONOS 센서분광특성

(2003, James H. Horne)

표 3. IKONOS영상자료의 TCT 계수

구분	Band1 (Blue)	Band2 (Green)	Band3 (Red)	Band4 (NIR)
IV	-0.650×blue	+ 0.719×green	- 0.243×red	- 0.031×nir
III	+ 0.326×blue	+ 0.509×green	+0.560×red	+0.567×nir
II	-0.311×blue	-0.356×green	- 0.325×red	+0.819×nir
I	-0.612×blue	-0.312×green	+0.722×red	-0.081×nir

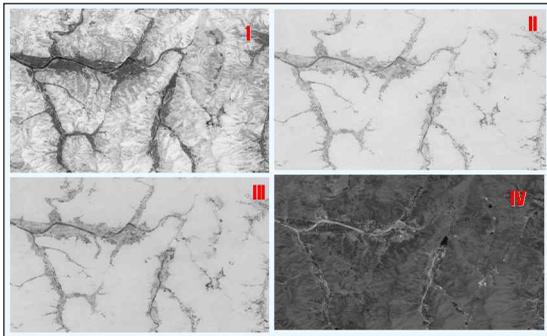


그림 5. TCT 분석

표 4. 영상 통계 값

Sector	Min	Max	Mean	Stddev.
Value	23	1244	633	354

나타났다.

위성영상 자료의 화소 값이 23에서 1244 사이에만 분포하지만 실제 표현되는 값은 256단계로 나타내어진다(표 4). 표준편차에서 벗어나는 값들은 소거하고 표준편차 안에 들어오는 화소 값을 Linear stretch를 통하여 0-255에 재배치하여 영상을 강조 하였다.

이들 영상 강조를 통한 II, III에 대한 영상은 산림 지역에서는 거의 유사한 밝기 값이 나타나지만 논을 비롯한 인공 구조물(도로 등)에서는 밝기 값에 대한 차이가 확연하게 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다.

### 3.3 NDVI/TCT알고리즘 변별력 분석

NDVI와 TCT의 DN 값 분포도를 분석해 본 결과 NDVI 분포도에서는 식생 활력이 높을수록 밝은 색을 띄고 있어 같은 산림 지역에서도 식생 활력이 높고 낮음을 알 수가 있었다. 그리고 지표면에서의 수분함량이 높은 지역인 수계 지역일수록 어두운색을 띄고 있는 것을 알 수가 있었다.

또한 TCT의 변환계수를 기초로 각 밴드별 지표 특성을 분석해 본 결과 II에서는 식생 활력이 높을수록 밝은 색을 나타내고 있으며 IV에서는 수분함량이 높을수록 밝은 색을 띄고 있는 것으로 나타났다. Standard deviation 영상 강조를 통한 II, III에 대한 영상은 산림 지역에서는 거의 유사한 밝기 값이 나타나지만 논을 비롯한 인공 구조물(도로 등)에서는 밝기 값에 대한 차이가 확연하게 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다.

변별력 분석에 있어서는 TCT 4개의 이미지 중 식생 정보가 잘 나타나고 있는 Sector II(TCT 1B), Sector

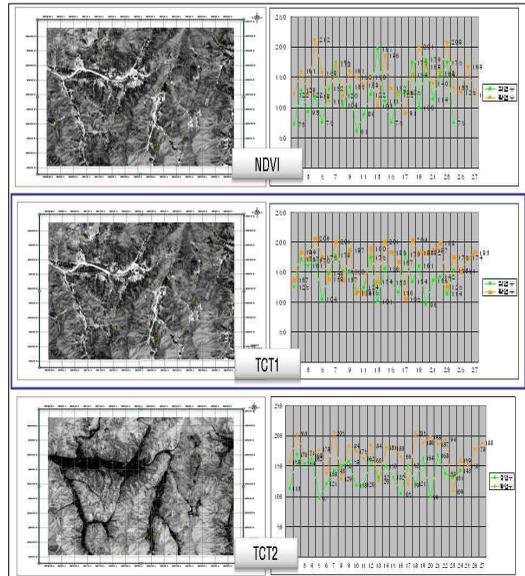


그림 6. TCT와 NDVI를 이용한 임상 분류 변별력 분석

표 5. 표본점 51개에 대한 NDVI와 TCT분석기법 적용 결과

Model name	침엽수			활엽수			평균 편차
	최소	최대	평균	최소	최대	평균	
NDVI	96	179	141	206	105	167	26
TCT1B	97	170	138	109	205	170	32
TCT2B	61	197	121	91	212	148	27

IV(TCT 2B)와 NDVI 분포도와와의 중첩분석을 통하여 임상구분 변별력 분석을 수행한 결과 NDVI 침엽수 평균 141, 활엽수 평균 167으로 평균값에 대한 편차가 26, TCT 1B는 침엽수 평균 138, 활엽수 평균 170으로 평균값에 대한 편차가 32으로 나타났으며 TCT 2B는 침엽수 평균 121, 활엽수 평균 148으로 평균값에 대한 편차가 27으로 나타났다. TCT 1B에 대한 편차가 가장 큰 것으로 나타났다(그림 6과 표 5).

그림 7은 식생구분, 수분함량, 인공구조물 구분에 대한 변별력이 높은 TCT IV, III, II를 Band Composition을 통하여 연구 대상지의 TCT 분포도를 작성하였다. TCT 분포도와 현장조사 자료와의 중첩 분석을 수행해 본 결과 표 6에서처럼 연구지역내 표본점 51개에 대하여 침엽수는 24개중 21개가 일치함으로써 88%의 정확성을 나타내고 있으며 활엽수의 경우 27개중 24개가 일치함으로써 89%의 정확성을 보여주고 있어 임상 분류 정확도 향상을 위해서는 TCT 영상 알고리즘 활용이 효과적인 것으로 나타났다.

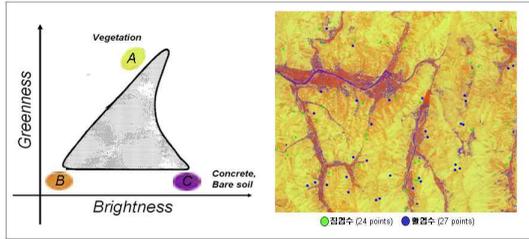


그림 7. 경주시 내남면 일대의 TCT 분포도 작성결과

표 6. 경주시 산내면 일대의 TCT 분포도기반 임상판독 정확도평가

구분	산내면 일대		
	침엽수	활엽수	정확도
A 	3	24	89%
B 	21	3	88%
C 	0	0	100%

4. 결 론

본 연구는 임상도 분류 정확도 향상을 위하여 TCT 영상 알고리즘 기법의 활용의 효율성을 파악한 뒤 이를 KOMPSAT-2 MSC 영상자료를 이용하여 임상분류를 수행하였다.

연구대상지역인 경주 산내면 일대를 대상으로 TCT 분포도와 현장조사 자료와의 중첩을 통한 검증분석을 해 본 결과 전체 표본점 51개중 45개가 일치하므로 약 89%의 정확도를 확보하였으며 KOMPSAT-2 MSC 영상자료를 이용하여 임상분류를 함에 있어서 TCT 활용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 위성영상 자료를 이용한 침, 활엽수 분류에 있어서는 겨울 영상 자료가 좀 더 효과적인 것으로 사료되므로 향후 겨울 영상을 취득하여 분석을 수행한다면 보다 높은 정확성을 도출 할 수 있을 것으로 판단된다.

아울러 TCT 변환계수는 위성영상의 센서에 따라 달라질 수 있으며 본 논문에서 이용된 TCT 변환계수는 미국에서 2003년에 IKONOS 영상자료를 기반으로 개발된 TCT 계수이므로 향후 KOPSAT-2 MSC 영상자료 적극 활용을 위해서는 KOPSAT-2 MSC 센서와 우리나라 국토 환경특성에 적합한 변화계수 개발이 필요하다.

본 연구의 의의로는 KOMPSAT-2 MSC 영상자료를 기반으로 임상분류 자동화 개발을 위한 실용성을 검증함으로써 정밀 산림임상도 제작과정에서 저비용 고효율성을 기대할 수 있으며 특히 정성적, 정량적 임상정보 획득은 고비용의 산림조사부분을 일정부분 대체할

수 있어 인적, 물적 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대되며 국가단위 임상도 제작에 있어 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 과학기술부, 2004, 위성영상을 이용한 3차원 산림재해 지도 제작 기법 개발, pp.10-14.
2. 한국항공우주연구원, 2006, 위성자료 공공활용연구, p.328.
3. 김소라, 2008, 정밀 디지털 임상도 제작을 위한 객체지향 영상분할 및 분류, 대한원격탐사학회 2008 춘계학술대회 논문집 pp.215-221.
4. 마정림, 김선화, 이규성, 2005, 임상분류를 위한 초분광 영상과 다중분광 영상의 비교, 대한원격탐사학회 2005년 춘계학술대회 논문집 pp.90-98.
5. 박민지, 신형진, 하림, 김성준, 2008, NOAA NDVI를 이용한 충주댐 유역 산림 지역의 피복 분류 정확도 분석, 대한원격탐사학회 2008년 춘계학술대회 논문집 pp. 243-247.
6. 장훈, 윤완석, 2003, 표준화 주성분 분석을 이용한 LANDSAT 위성자료 분류(classification)의 정확도 향상, 한국 GIS 학회 pp.151-156.
7. 이지민, 이규성, 2003, 분광혼합분석 기법에 의한 산림피복 정보의 특성분석, 대한원격탐사학회지 pp.411-419.
8. 이승희, 2003, 인공위성 영상자료를 이용한 식생분류 정확도 검증: 감독분류, 반복적 무감독분류, 계층적 무감독분류, 서울시립대 대학원 석사논문, p.130.
9. 정기현, 이우균, 이준학, 김권혁, 이승호, 2001, 고해상도 IKONOS 위성영상을 이용한 임상분류, 대한원격탐사학회지 pp.273-284.
10. 조광현, 조명희, 2008, 임상층화 분류를 이용한 정밀임상도 제작기법 개발, 한국지리정보학회 2008년도 춘계 학술발표대회 논문집 pp.164-165.
11. James H. Horne, 2003, A TASSELED CAP TRANSFORMATION FOR IKONOS IMAGES. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings.
12. John R. Jensen, 2000, Introductory Digital Image Processing-Second Edition, Prentice Hall.
13. Myung-Hee Jo, 2006, Analyzing Forest Characteristic of the Parasitic Volcano(ORM) Using Multi-Temporal High Resolution Satellite Images and SML(Spatial Modeling Language), Proceedings of ISRS 2006 PORSEC, pp.294-296.
14. Sung-Jae Kim, 2007, Development of Fundamental District Map Construction Method For Selecting Forest Location Using GIS And RS, 2007 Asian Conference on Remote Sensing, p.106.