'The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 12, No. 2, pp. 127-135, July 2004

# 고해상도 정사위성영상을 이용한 임상도 수정에 관한 연구

성천경* · 조정호**

# A Study of on the Forest Map Update Using Orthorecified High Resolution Satellite Imagery Data

Chun-Kyoung Sung* · Jung-Ho Cho**

## 요 약

다중분광 해상도를 가진 고해상도 위성영상의 이용으로 인해 임상도 제작 부분에 있어 기존 전통적인 방법의 단점을 보완할 수 있어 고해상도 위성영상을 이용함으로써 효과적으로 임상도 수정이 이루어질 것으로 판단된다. 본 연구에서는 1m 공간 해상도와 4밴드의 분광 해상도를 가진 고해상도 인공위성 영상 데이터를 이용하여 기제작된 임상도를 수정하여 그 적용 가능성을 평가하였다. 본 연구 결과는 첫째, 고해상도 영상의 근적외 밴드를 이용할 경우 침엽수, 활엽수, 미임목지, 경작지 등의 구분이 쉽게 이루어 졌다. 둘째, 기존에 제작된 임상도와 기복 편위가 수정된 정사영상 간에 임상도 경계가 불일치하여 임상도를 수정하는데 다소 어려움이 있다. 셋째, 임상도의 경급, 영급 및 소밀도 구분에는 항공사진에서와 마찬가지로 샘플에 관한 현지 조사와 임상도 제작에 경험이 많은 숙련도가 필요한 것으로 나타났다.

**주요어** : 임상도, 고해상도 위성영상, 원격탐사

**ABSTRACT** : The operational availability of multispectral high-resolution satellite imagery, opens up new possibilities for updating forest map. Compared with information acquired by traditional methods (Panchromatic Aerial Photo), these data offer a number of advantages. In this study used 1m spatial resolution and 4 multispectral band, which are capability to update forest map of kind of tree. From the result of this study, First, the visual analysis of the colour composites of the multispectral data made it possible to distinguish some species(conifer,

* 경기대학교 토목공학과 박사과정
** (주) 한양, 지형공간정보연구소 영상정보팀

broad-leaved, un-stocked, arable land). Second, forest map and orthorectifed satellite imagery are not match in the boundary of forest, therefore work have some troubles in the modification of forest map. Third, the distinguish from age-class, girth-class and density are much need experience and skillful about sample such as aerial photo.

**Keywords** : forest map, high-resolution satellite, remote sensing

## 1. 서 론

1994년 미국의 'Open Sky' 정책으로 고해상도 위성영상의 해상도 규제가 완화됨에 따라 기존에 군사용으로만 사용된 고해상도 위성영상 기술이 민간으로 전환되었다. 이에 따라 1999년 상업용 위성으로는 최최초로 1m급 해상도위 위성인 미국의 IKONOS를 비롯하여, 현재 최고 해상도인 0.67m의 Quick-bird 까지 다양한 종류의 고해상도 인공위성이 발사되어 활용되고 있다.

현재 고해상도 위성영상의 활용 분야는 기존 항공사진에서 담당하던 대축척 지도 제작 분야부터 시작하여, 중 · 저해상도 위성의 응용 분야까지 그 활용 범위가 점차 다양해지고, 광범위해지고 있다. 또한 국내에서 발사 예정인 KOMPSAT-2호의 경우 1m 공간해상도로 KOMPSAT-2호 인공위성의 발사를 계기로 국내 고해상도 위성영상 활용 분야에 많은 변화가 발생될 것으로 기대한다.

위성영상을 이용한 임상도 제작 및 수정에 관한 기존의 연구를 살펴보면 우선 고해상도 스테레오 위성영상을 이용하여 임상도 제작에 관한 방법을 제시하고 위성영상을 이용한 산림지원 관리 방안을 연구 하였고(산림청&인하대, 2001), 항공사진 단영상의 편위를 제거한 수치정사영상으로 제작된 항공사진을 이용하여 수치임상도 제작 기법을 적용한 연구가 수행되었다.(산림과학원, 2001)에서 수행하였고, 최근에는 고해상도 위성영상에서 객체 기반 분류 방식을 이용하여 일부 임상의 구분과 영급을 구분하였으며(Aplin, P. 2001; Francois Kayitakire, 2002; Ursula C. Benz;2004), 열대 우림 지역과 사바나 지역에서 고해상도 위성영상에서 그림자를 이용하여 임관을 특성을 분석한(Gregory P. Asner, 2002) 사례 등이 있다.

본 연구에서는 상업용 고해상도 위성영상인 IKONOS(1m급)을 이용하여 기존 항공사진을 이용하여 작업하던 임상도 수정 분야에 그 활용을 적용하여, 항공사진의 단일 밴드의 단점을 보완하여 정사보정된 고해상도 위성영상을 이용하였을 경우 임상도 수정 부분에 그 활용 가능성을 평가하고자 한다. 인공위성영상은 잘 알려진 바와 같이 다중분광밴드를 이용하기 때문에 임상도에서 중요하게 여겨지는 식생 파악 등의 분야에 적용하기 편리하다. 더불어 고해상도 위성영상을 이용할 경우에는 기존의 중/저 해상도 위성영상의 한계였던 판독 능력의 한계를 극복할 수 있는 장점이 있다.

## 2. 연구자료 및 대상 지역

### 2.1 연구자료

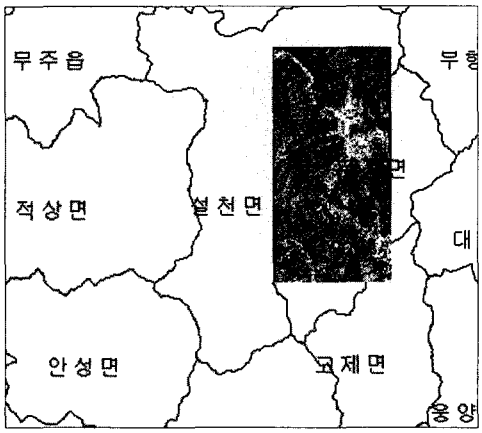
본 연구에 사용된 연구 자료들로는 다중분광 고해상도 인공위성영상(1m 공간해상도), 1/25,000 수치 임상도, 지상기준점 선점과 임상도 위치 정확도 비교용으로 국토지리정보원에서 제작한 1/5,000 수치지형도가 사용되었다.

먼저 인공위성영상 자료의 경우는 식생 판독이 용이하고, 식생 활력도가 좋은 여름 영상을 이용하기 위하여 2001년 9월 17일 촬영된 인공위성영상을 이용하였으며, 인공위성영상과 관련된 정보는 <표 1>과 같다.

1/25,000 수치 임상도의 경우는 기존 종이 지도로 된 수치 임상도를 디지타이저를 이용하여 수치화된 3차 임상도(1986~1992)를 이용하였다.

### 2.2 대상지역

본 연구의 대상지역은 임상도 수정을 적용할 수 있는 수종 및 수령 등이 다양한 지역을 선정하였다. 본 연구의 대상지역은 [그림 1]과 같이 전라북도 무주군 설천면과 무풍면 지역을 선정하였다.




[그림 1] 연구 대상 지역

해당지역의 경위도 좌표는 좌상 : 127도47분 56초, 36도 0분 3초 이고, 우하 : 127도 52분 15초, 35도 52분 53초로 연구대상지역의 면적은 약 87.1㎢(6.7㎞×13㎞)이며, 대부분의 지역이 산림으로 구성되어 있고, 다양한 수종이 분포하고 있어 연구 대상지역으로 선정하였다.

<표 1> 사용 위성 설명

| 촬영 영상 정보(Meta data) | |
|---|---|
| ■ Sensor | IKONOS-2 |
| ■ Acquisition Data/Time | 2001년 9월 17일 02시 23분 GMT |
| ■ Panchromatic image(m) | Cross Scan: 0.94 meters<br>Along Scan: 1.06 meters |
| ■ Scan Azimuth | 180.04 degrees |
| ■ Nominal Collection Azimuth | 195.6873 degrees |
| ■ Nominal Collection Elevation | 60.45325 degrees |
| ■ Sun Angle Azimuth | 154.0626 degrees |
| ■ Sun Angle Elevation | 53.70231 degrees |

보유한 3차 임상도에서 연구 지역의 식생 구성은 경작지를 제외한 지역에서 활엽수(54%), 낙엽송인공림(8%), 혼효림(5.3%) 등의 순으로 구성되어 있으며, 영급은 2급이 39.9%, 1급이 23.20%, 3급이 20.4%, 기타 영급이 16.3%로 구성되어 있다. 경급은 1급이 60%, 4급이 8.8%, 2급이 6.8%, 3급이 1.1%, 기타 치목(0급) 순으로 구성되어 있어 본 연구 지역의 특성은 낙엽송 인공림이 주요 수종을 이루며, 11년에서 20년생의 수목으로 흉고 직경 6cm 미만으로 이루어져 있다.

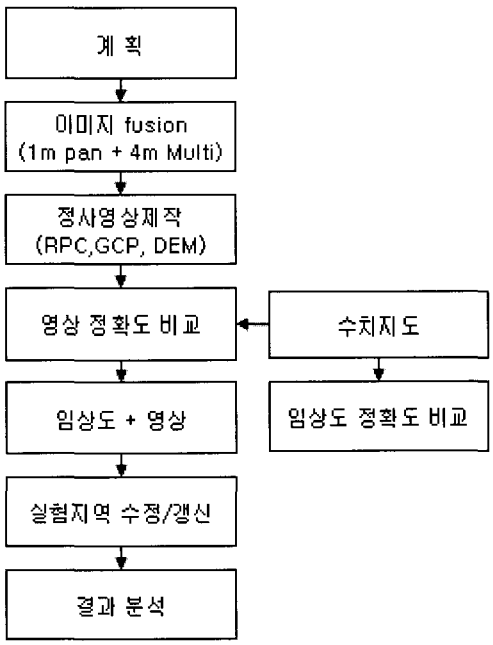
## 3. 임상도

### 3.1 위성영상 전처리

위성영상은 촬영 당시 센서의 메커니즘에 의한 왜곡, 화상투영방식의 기하학에 의한 왜곡, 화상투영면의 처리 즉, 좌표계의 정의 방법에 의한 기하학적 왜곡, 지도 투영법에 의한 기하학적 왜곡이 발생하여, 지도로 이용하기 위한 가치로써의 위성영상 자료는 이러한 왜곡을 보정하여 사용하여야 한다. 본 연구에서는 기존 수치 임상도와 위성영상 자료를 일치시키기 위하여, 먼저 고해상도 위성영상을 일반 기하보정(geometric correction)을 실시하였고, 정사영상을 제작하였다.

IKONOS 위성영상의 다중분광영상은 4m이나 본 연구에서는 IKONOS 전용 처리 시스템(ROC System)에서 RGB-IHS-RGB 방식의 융합 기법을 적용한 1m multispectral 데이터를 이용하였다.

항공 사진과 마찬가지로 위성영상에서도 정사영상을 제작하기 위해서는 내부 표정 및 외부 표정에 대한 정보가 필요하나 고해상도 위성영상인 IKONOS 위성영상의 경우에는 촬영 당시 위성의 자세 및 센서 등에 관한 정보를 제공하지 않고, 대신 RPC(Rational Polynomial Coefficient) 파일의 형태로 제공한다. 본 연구에서는 위성영상과 함께 제공된 RPC 파일과 기복 편위 수정에 필요한 DEM의 경우 연구 대상지역의 1/5,000 수치지도를 이용하여 5m 간격으로 DEM을 제작하였고, 지상기준점(GCP)의 경우도 해당 지역의 수치지도를 이용하여 위치가 명확하고 변화가능이 적은 지점을 선점하되 영상 전체에 고루 분포 하도록 30개 점을 선점하여 [그림 2]와 같은 순서로 정사보정영상(ortho rectification)을 제작 하였다.




[그림 2] 작업 흐름도

### 3.2 위치 정확도 평가

제작된 정사영상의 위치 정확도 평가를 위해서는 위성영상과 일치되는 지역에 현장 GPS 관측이 필수적이라고 할 수 있나, 본 연구에서는 임상도의 원 정확도를 감안하여 정사영상 제작에 사용된 수치지도에서 검사점(Check Point)을 20개 지점을 확보하여 식(1)을 사용하여 정확도를 검사하였다. 이때 확보된 정확도는 위성영상에서 RMSExy는 약 4m 정도로 다소 크게 나타났는데 이는 고해상도 위성영상의 촬영조건, 제작된 DEM과 위성영상의 시기적 차이 등이 원인이 된 것으로 파악된다.

$$RMS_{xy}=\sqrt{\frac{\sum((X_i'-X_i'')^2\times(Y_i'-Y_i'')^2)}{n-1}} \qquad \text{식(1)}$$

여기서 $(X_i', Y_i')$는 수치지도 관측값;
$(X_i'', Y_i'')$는 정사보정영상 관측값;
$n$은 검사점 수;

### 3.3 임상도 데이터 구축

#### 3.3.1. 항공사진에서 임상도 작성 및 구분

기존의 임상도 제작 방법은 국토지리정보원에서 제작한 최신판 1/25,000 지형도를 기초로 항공사진상에 판독된 내용 기초로 작성하되, 사진축척 1/15,000 항공사진상에서 임목지는 임종별, 임상별, 경급별, 영급별 및 소밀도별로 구별하고, 무임목지는 미임목지, 황폐지, 개간지, 제지 등으로 구분한다. 사진상에서 구분이 불확실한 임상은 현지대조하여 추정하는 방법을 사용한다. 항공사진을 촬영치 못한 지역의 일부는 다른 기관에서 촬영한 1/20,000~1/15,000 사진을 이용하고, 항공사진이 없는 지역은 현지조사를 실시하여 제작한다(국립산림과학원, 산림정보시스템).

임상의 구분은 가장 최근에 촬영한 축척 1/15,000 항공사진을 이용하여 표본점의 임상과 수종을 구분하되<표 2>, 수종 또는 임상이 혼효되어 있을 경우 그 혼효비를 10분율로 표시(예: 침/활 8/2)하고, 항공사진상에서 구분하기 어려운 임상은 현지대조 및 표본점 측정시 확인 구분한다.

항공사진상의 경급 구분은 항공사진 입체표본 또는 수관 직경과 흉고 직경과의 관계식을 적용하여 경급을 구분하고, 지상 표본점은 현지 측정치(경급 구분 기준에 의거)로 구분하며, 영급의 구분은 항공사진을 이용하여 판독이 불가능하므로 현지 조사가 필수적이다.

<표 2> 임상도에서 임상의 구분

| 임 상 구 분 | | | |
|---|---|---|---|
| 구 분 | 기호 | 분류 | 내 용 |
| 임상경계선 | | 선 | |
| 침엽수 | C | 문자 | 침엽수 수관 점유면적/임목본수 비율이 75% 이상 |
| 활엽수 | H | 문자 | 활엽수 수관 점유면적/임목본수 비율이 75% 이상 |
| 혼효림 | M | 문자 | 침 · 활엽수 수관 점유면적/임목본수 비율이 75% 이상 |
| 소나무 인공림 | PD | 문자 | 수관 점유면적 · 임목본수 비율 75% 이상 |
| 잣나무 인공림 | PK | 문자 | |
| 낙엽송 인공림 | PL | 문자 | |
| 리기다소나무 인공림 | PR | 문자 | |
| 참나무 인공림 | PQ | 문자 | |
| 포푸라 인공림 | Po | 문자 | |
| 밤나무 인공림 | CA | 문자 | |
| 소나무림 | D | 문자 | |
| 참나무림 | Q | 문자 | |
| 죽림 | B | 문자 | |
| 인공림(침엽수) | PC | 문자 | |
| 인공림(활엽수) | PH | 문자 | |
| 제지 | R | 문자 | 도로 암석지 묘지 · 묘포장등이 임자 내에 있는 농용지역 |
| 미임목지 | O | 문자 | 지피와 수관의 총 피복도가 50% 이상인 임지 |
| 경작지 | L | 문자 | 과수원 기타 농경지 묘토장이 임지 내에 있는 농용지역 |
| 목장 | LP | 문자 | 목장 |

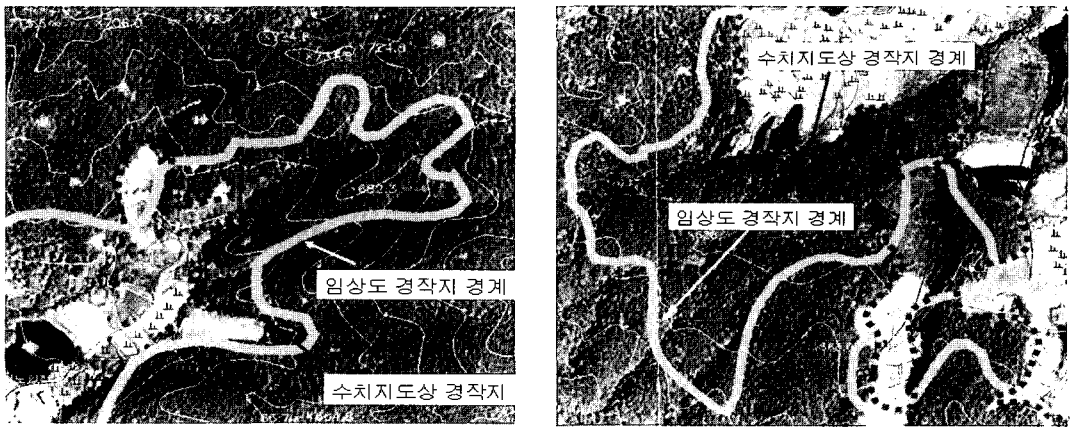
## 4. 제작 결과

### 4.1 위성영상과 임상 수종 정확도

정사영상으로 제작된 위성영상과 수치임상도를 중복하여 비교했을 때 위성영상과 임상도 간에 [그림 3]과 같이 수종 경계간에 불일치 현상이 발생하였다.

본 연구에서 제작된 정사영상과 1/5,000 수치지형도와 정확도를 비교해 본 결과 제작된 정사영상의 정확도는 RMSExy가 4m 정도로 1/25,000 공공측량 평면 정확도가 17.5m(건설교통부고시 제2002-117호)인 점을 감안하면 정확한 정사영상을 획득할 수 있었다. 위의 정확도를 감안하여 정사영상이 정확하다고 가정하면, 기존 임상도가 제작될 때의 정확도에 문제가 발생할 수 있다는 가정하에 1/5,000수치지형도와 수치임상도간에 수종간 경계에 대한 정확도 평가를 실시하였다.

본 연구에서는 기존 수치지도와 임상도의 수종간 정확도를 평가하기 위하여 수종구분이 확연한 임상도의 경작지(L) 와 수치지도의 경작지 레이어(5211~5216)를 비교하였다. 비교 결과 전체적으로 두 레이어에서 경작지의 형태를 비교적 비슷하게 나타났으나, 임상도와 수치지도상에서 경




[그림 3] 임상도와 수치지도 위치 정확도 불일치의 예

계의 위치 정확도는 확연하게 차이가 발생하였다. 위치 정확도에서는 차이가 발생하였으나 임상도와 수치지형도의 형태는 비슷한 것으로 미루어 볼 때 임상도와 위성영상 촬영 당시의 면적이 축소 확대 또는 형태가 변화된 것이 아니라 임상도의 경우는 1/25,000 지형도를 기초로 제작이 되며, 항공사진 영상을 이용하여 제작할 때 정사보정된 영상을 사용하지 않아 제작시 오차가 발생한 것으로 추정할 수 있다.

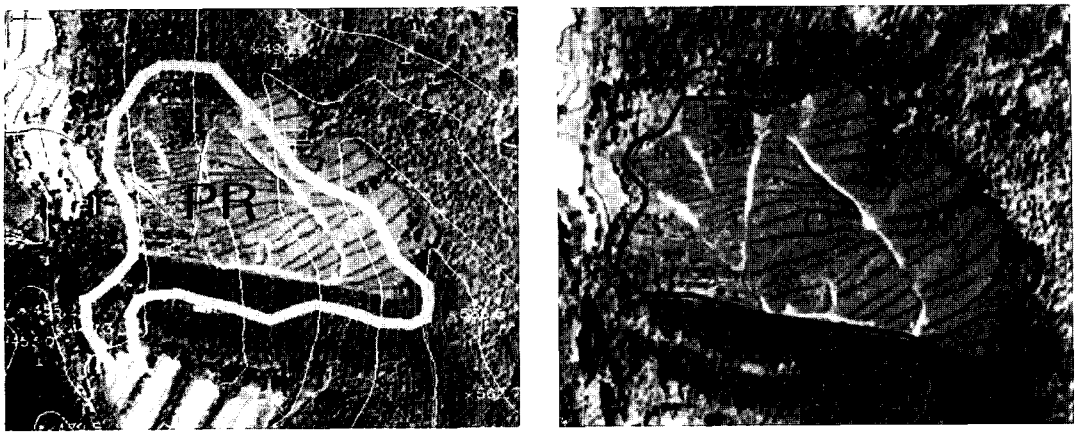
## 4.2 영상을 이용한 임상도 수정

먼저 본 연구에서는 기존에 제작된 임상도의 수정·갱신의 필요성을 확인하기 위하여 위성영상과 중첩된 지역에서 변화가 발생한 부분을 확인 하였다. 위성영상에서 육안으로 효과적인 식생 구분을 위해서 1(Red band), 2(Green band), 3(Blue band) 밴드에 각각 4(NIR band), 2(Green band), 1(Blue band)로 조합하고 근적외 밴드를 이용하여 활엽수, 침엽수, 경작지, 미임목지, 초지 등의 구분이 쉽게 되도록 하였다. 세부적인 수정에서 [그림 4]는 임상도에서는 리기다소나무림(PR)으로 표기되어 있으나, 위성영상을 판독한 결과 미임목지(O)로 변경되어야 하는 부분이고, [그림 5]는 낙엽송인공림(PI)으로 표기 되어 있으나 목장(LP)으로 변경되어야 하는 부분이다. [그림 6]은 경작지에서 미임목지로 각각 변경되어야 한다.

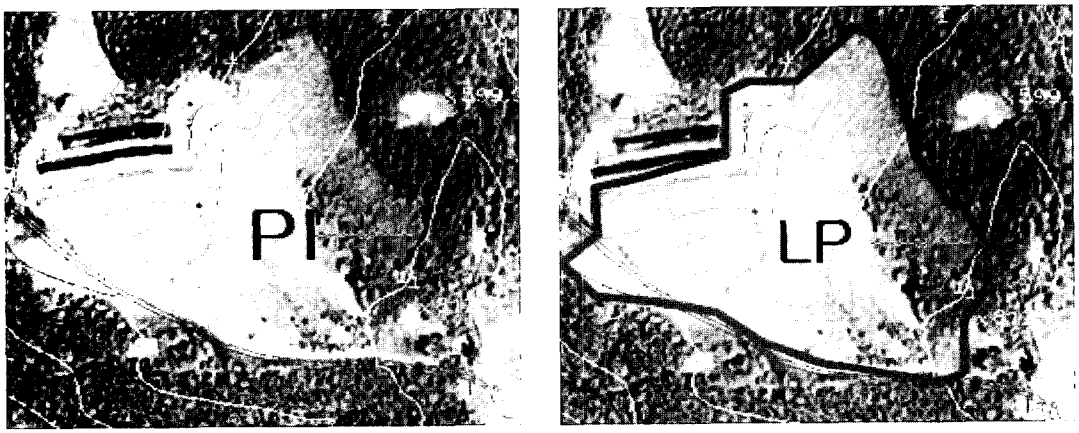
전체 지역에 걸친 수정된 임상도의 변경된 임상에 대한 내용 중 가장 변화가 많은 수종은 미임목지로 약 19.2% 증가 하였고, 경작지는 1.1% 증가 하였으며 리가다 소나무 등이 약 8.1%, 낙엽송 인공림이 4.3% 각각 감소하여 본 연구 지역에서는 임상 지역의 면적이 감소한 것으로 나타났다<표 4>.

<표 3> 임상도 갱신 후 면적 변화

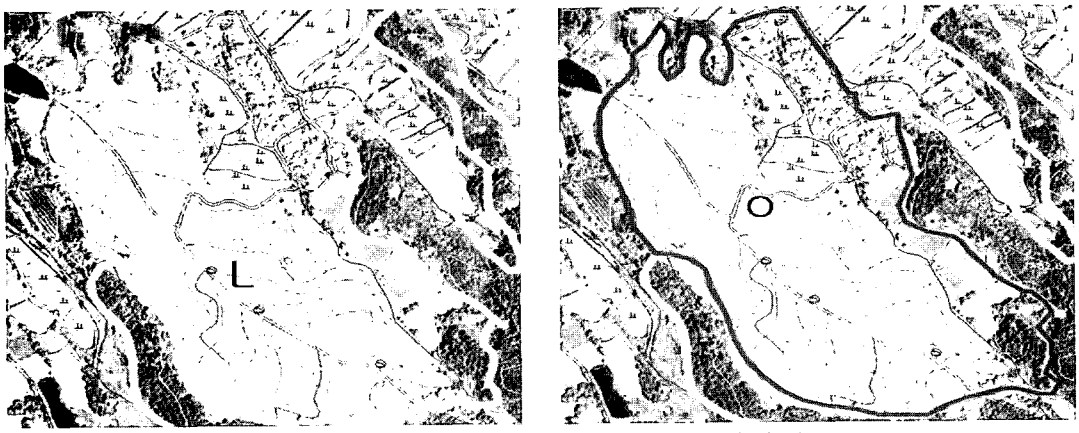
| 수 종 | 면적 변화(%) |
|---|---|
| 미임목지 | +19.2 |
| 경작지 | +1.1 |
| 농장 | +0.6 |
| 리니다 소나무 | -8.1 |
| 낙엽송인공림 | -4.3 |
| 활엽수 | -5.2 |
| 인공림 | -3.3 |




[그림 4] 리기다소나무림(PR)에서 미임목지(O)로 임상 수정




[그림 5] 낙엽송인공림(PI)에서 목장(LP)으로 임상 수정




[그림 6] 경작지(L)에서 미임목지(O)로 임상 수정

경급 및 영급 구분의 경우는 임상도 데이터의 경우 위성영상과 자료 구축의 시기적 차이가 약 10년 정도 발생하여, 임상 구분과 달리 모든 지역에 대하여 수정이 필요 하다. 또한 경급, 영급 그리고 밀도 부분은 고해상도 위성영상이라고 하더라도 임상 구분 보다 오랜 경력과 숙련도를 요하는 부분이고, 현지 조사를 통하여 샘플 지역에 대한 데이터 검증 작업이 필수적으로 필요한 부분으로 이 분야에 대한 연구는 차후 연구 항목으로 남겨 두었다.

## 5. 결 론

IKONOS 위성영상은 기존의 LandSat등 중·저해상도 위성영상보다 공간해상도가 1m로 뛰어나고, 전정색(panchromatic) 밴드뿐만 아니라, Near-Infrared Band를 포함한 다중분광(multispectral) 밴드를 포함하여 기존의 흑백 항공사진을 이용할 때보다 수정이 쉽게 이루어지는 장점을 이용하여 연구 지역에 대한 수정된 임상도를 제작하였다. 본 연구에서는 다음과 같은 결론 및 문제점을 얻을 수 있었다.

첫째, 고해상도 영상의 근적외 밴드를 이용할 경우 침엽수, 활엽수, 미임목지, 경작지 등의 구분이 쉽게 이루어 졌다. 둘째, 기존에 제작된 임상도와 기복 편위가 수정된 정사영상 간에 임상도 경계가 불일치하여 임상도를 수정하는데 다소 어려움이 있다. 셋째, 임상도의 경급, 영급 및 소밀도 구분에는 항공사진에서와 마찬가지로 샘플에 관한 현지 조사와 임상도 제작에 경험이 많은 숙련도가 필요하다.

향후 효율적이고 정확한 작업을 위해서는 육안 판독을 이용한 임상도 수정뿐만 아니라 고해상도 위성영상의 피복 분류 방식 중 하나인 객체 기반(object-based) 분류 기법을 병행하여 수정이 이루어지면 더욱 효율적인 연구가 수행될 것으로 판단된다.

## 참고문헌


국립산림과학원, 2003, 수치임상도를 이용한 산림지도제작과 활용, 제3회 산림지리정보시스템 워크숍.

국토지리정보원, 2002, 공공측량의 작업규정 세부 기준, 건설교통부고시 제 2002-117호.

산림청, 2001, 위성영상을 이용한 산림자원관리 방안, pp.216-218.

Brandtberg, T. 1999. Automatic individual tree-based analysis of high spatial resolution remotely sensed data. Acta universitatis agriculturae Sueciae, Silvestria 118.

C.J. van der Sande, 2003, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 4, pp.217-229.

Gergory P. Asner, 2003, Canopy shadow in IKONOS satellite observations of tropical forests and savannas, Remote Sensing of Environment, pp.521-533.

Ursula C. Benz & Peter Hofmann, 2004, Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information, ISPRS Vol58, pp.239-258.

URL, 서울대학교 산림경영 생산공학연구실, http://forest.snu.ac.kr

URL, 국립산림과학원, 산림정보시스템, http://munhun.kfri.go.kr/snlm/