

## Landsat-5 TM 위성의 영상자료를 이용한 강원대학교 연습림의 임상분석

우종춘<sup>1)</sup> · 김한수<sup>1)</sup> · 원현규<sup>1)</sup>

### Estimating the Forest Cover Types on Experimental Forest of Kangwon National University using Landsat-5 TM data

Jong-Choon Woo<sup>1)</sup>, Han-Soo Kim<sup>1)</sup> and Hyun-Kyu Won<sup>1)</sup>

#### 요 약

본 연구는 강원대학교 연습림의 산림자원에 대한 효율적인 조사방법을 모색하기 위하여 Landsat-5 TM 위성의 영상자료를 이용하여 침엽수와 활엽수의 면적과 분포지역을 분석하였다. 그리고 위성자료 이용가능성, 위성판독 기술의 개발, 판독된 자료의 디지털 도면화 방법에 대하여 연구하고자 하였다. 분석도구로서 IMAGINE8.3와 ArcView3.0 소프트웨어를 사용하였다. 그 결과 연습림의 전체면적 3,058ha에서 활엽수는 2,224ha로서 연습림 면적에 약 73%를 차지하였고, 침엽수는 834ha로서 약 27%를 차지하였다.

#### ABSTRACT

The study analyze Conifer and Hardwood area and their distribution to seek an efficient survey for Experimental Forest of Kangwon National University using Landsat-5 TM data. Through forest cover types, we try to study on the possibility to use Satellite Data, development of Satellite Interpretation Skill and Digital Mapping Method. As analysis tools we use IMAGINE 8.3 and ArcView 3.0 software. The result showed that Hardwood took approximately 73%, 2,224ha of the total 3,058ha and Conifer takes 27%, 832ha.

**Key words :** Forest survey, Remote sensing, Landsat-5 TM, Forest cover types.

---

1) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부, Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

## I. 서론

원격탐사기술은 지구상의 특정물체, 지역, 또는 자연현상을 직접 접촉하지 않는 장치들을 지표면의 대상물로부터 반사 또는 방사되는 전파를 수집하여 제반 정보를 수집하고 분석하여 필요한 정보를 획득하는 과학기술이다. 이러한 원격탐사 기술을 가지고 지구상에 존재하는 모든 대상물의 관측, 해석 및 감시기능을 수행함으로써 범인류적인 공동대응을 모색하고 있다. 원격탐사 기술은 기상 및 환경정보수집, 국토개발에 관한 각종 정보의 수집, 토지이용정보, 농수자원, 지질조사, 군사시설 및 임업분야에 이르기까지 광범위한 분야에 적용되고 있다.

현재 임업에 일반적으로 널리 사용되어지는 인공위성은 미국의 Landsat, 프랑스의 SPOT, 일본의 JERS와 MOS 등이 있으며 이들은 일정한 주기로 지구궤도를 돌면서 관측하기 때문에 수시로 반복해서 같은 지역의 자료획득이 가능하다. 이러한 특징들로 인해 산림과 같이 분포면적이 넓은 경우 상대적으로 적은 비용으로 필요한 정보를 수집할 수 있으며, 산림자원조사, 산지이용형태 분류, 산불 및 병충해 피해와 같은 산림재해 모니터링 및 동태파악에 매우 효과적인 수단으로 이용될 수 있다.

1970년대 중반부터 산림청 산림자원조사연구소에서 처음 인공위성자료의 이용가능성을 파악하기 위한 기초적인 연구가 수행되었는데 이 당시 Landsat MSS합성 사진의 육안적 판별에 의한 임상구분 임상변화조사, 산림면적 및 축적등산림조사에 관한 사항을 반복조사할 수 있는 방법을 모색하였으며, 1991년부터 산림청 임업연구원 원격탐사연구실이 신설되면서 본격적으로 원격탐사를 이용한 솔잎혹파리 피해지역의 구분 및 확산 경로, Landsat 자료를 이용한 수치적으로 해석하는 화상분류기법간 비교를 통한 최적의 화상분류기법 개발 등 여러 가지 응용기술을 개발하고 있다.

본 연구는 Landsat-5 TM자료를 이용하여 강원대학교 연습림의 활엽수와 침엽수에 대한 분포 지역과 면적을 파악하고, 인공위성 자료를 이용

한 과학적인 산림조사방법을 습득하기 위하여 실시되었다.

## II. 원격탐사의 원리

원격탐사는 물체의 빛에 대한 반사성질을 이용하여 지구상의 모든 물체로부터 반사되어 오는 전자파(electromagnetic spectrum)를 인공위성에 탑재된 센서(sensor)에 의해 수 개의 파장별로 감지 비교하여 물체를 식별한다. 또한 물체는 태양광을 받지 않더라도 적외선 등을 복사하고 있으며, 그 강도는 물체의 온도에 따라 다르고, 물체는 온도가 높을수록 짧은 파장의 전자파를 복사하므로 복사의 강도를 측정하면 물체의 온도를 역으로 추정할 수 있다. 이러한 반사파들은 그림 1과 같이 물, 식물, 토양 등에서 서로 다른 파장대를 지니고 있다. 또한 산림, 농경지, 도시, 주택 등도 각기 다른 파장의 반사파를 내므로 그 반사파를 분석하여 분류와 분석을 할 수 있다. 따라서 인공위성에 탑재된 센서(sensor)는 여러 개의 파장대를 감지할 수 있는 밴드(band)들을 가지고 있다.

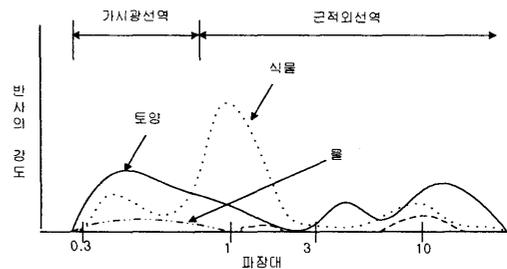


그림 1. 토양·식물·물의 파장대 영역

Landsat-5 TM은 그림 2와 같이 7개의 밴드를 지니고 있고 이 밴드들은 서로 다른 파장대를 감지하고 있다. 밴드 1, 2, 3은 가시광선 영역대를 중심으로 반사파를 감지하는 것으로 밴드 1은 청색, 밴드 2은 녹색, 밴드 3은 적색을 띠고 있다. 이들 밴드들은 0.4~0.7 $\mu\text{m}$  정도의 파장대

영역을 나타낸다. 그리고 밴드 4, 5, 7은 적외선 영역으로 사람의 눈으로 색깔을 구분할 수 없는 영역대이다. 밴드 6은 열적외선 영역대로서 10.4~12.5 $\mu$ m 정도의 파장대를 나타내고 있다.

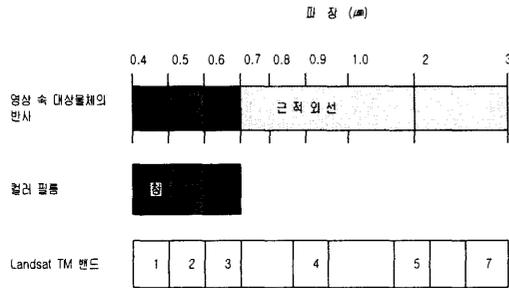


그림 2. Landsat-5 TM 7개 밴드의 분광파장의 영역 비교

표 1은 Landsat-5 TM의 밴드별 파장대를 비교함으로써 일반적으로 적용할 수 있는 분야에 정리하였다. 밴드 1은 연안 지역 물의 지도작성에 유용하도록 水體 투과율을 고려하여 디자인된 것으로 토양/식생 구분, 산림 종류 지도제작, 인간 활동에 의한 구조물을 인식하는데 적합하도록 하였다. 밴드 2는 식생의 구분 및 활력도 평가에 적합하도록 식생의 녹색 반사량 최고치를 측정하기 위해 고안되었다. 밴드 3은 식종의 구분에 적합한 클로로필 흡수지역에서 관측되도록 디자인되었고, 밴드 4는 식생종류, 활력도, 생물량을 결정하는데 도움을 주며 水體의 외곽선 추출, 토양 수분 함유량을 구분하는데 적합하다. 밴드 5는 식생의 수분함유량 및 토양 수분함유량을 알려주며, 또한 구름과 눈을 구분하는데 적당하다. 밴드 6은 식생의 스트레스 분석, 토양 수분함유량 구분 및 온도도 작성분야에 적합하다. 마지막으로 밴드 7은 광물 및 암석 형태 구분에 적합하다.

Landsat-5 TM 자료를 이용한 임상에 대한 분석은 1, 2, 3밴드를 이용하게 되면 침엽수와 활엽수 구분이 용이하고 수종구분에 있어서는 적외선 밴드를 이용해야 가능하다. 본 연구에서는 가시광선 영역인 1, 2, 3번 밴드를 이용하여 연습림의 활엽수와 침엽수에 대하여 분석을 실시하였다.

표 1. TM의 분광 밴드별 파장영역 및 판독특성

밴드	파 장 ( $\mu$ m)	분광 위치
1	0.45 ~ 0.52	청 색
2	0.52 ~ 0.60	녹 색
3	0.63 ~ 0.69	적 색
4	0.76 ~ 0.90	근 적외선
5	1.55 ~ 1.75	중 적외선
6	10.4 ~ 12.5	열 적외선
7	2.08 ~ 2.35	중 적외선

### Ⅲ. 연구자료 및 방법

#### 1. 연구자료

연구대상지역은 강원대학교 산림과학대학 연습림으로 하였고, 위성자료는 Landsat-5 TM (Thematic Mapper)영상으로 1996년 9월 1일에 촬영되었고 동시에 185km×185km의 지표표를 포함하고 있다. 이 위성자료는 30m×30m의 지표 해상도를 가지고 수집되며, 밴드 6은 120m×120m의 해상력을 지닌다. 촬영된 지역은 강원도의 대부분 지역과 서울특별시, 경기도, 충청북도, 경상북도의 일부지역을 포함하고 있다. 또한 위성영상판독을 위한 소프트웨어는 미국 ERDAS사의 UNIX용 Imagine8.3을 사용하였다.

#### 2. 연구방법

##### 1) 기하보정

위성에서 지구의 관측지점을 찍은 영상은 실제 지도면상에 투사되는 영상과 다르게 나타난다. 이것을 기하학적인 왜곡(geometric distortion)이라고 하며 이것을 보정하는 것을 기하보정(geometric correction)이라 한다. 기하보정은 모든 위성영상 분석의 기초가 되는 매우 중요한 전처리과정이다. 만일, 기하보정이 분석자의 실

수로 올바르게 수행되지 않는다면 그 영향이 분석 결과 전체의 신뢰도를 흐리게 할 수 있다. 기하학적인 왜곡은 지구곡률, 지구자전, 위성체와 센서 혹은 위성의 고도나 자세 등에 의해 생기는 예측할 수 있는 왜곡과 그 밖에 알 수 없는 요인에 의한 예측할 수 없는 왜곡이 발생할 수 있다.

### ① 지상기준점(Ground Control Points) 및 선형변환(Transformations)

GCP는 예측할 수 없는 왜곡을 보정하기 위해 쓰인다. 기하보정을 하기 위해서는 영상에서 뚜렷히 구분되고 시간에 따라 변화가 심하지 않은 지역을 각각 지도와 위성영상에서 선택해야 한다. 예를 들어 도로의 교차점이나 공항의 활주로, 호수의 방파제, 따로 떨어져 있는 건물과 같은 지역을 지상기준점으로 잡아 영상좌표와 지도좌표를 비교하여 좌표변환 방정식을 찾아야 한다. 여기서 주의할 점은 GCP를 선택할 때 전체 영상에서 충분히 골고루 분포하도록 잡아야 한다는 사실이다. 이렇게 GCP를 잡았으면 최소자승법(least-square method)에 의해 좌표변환식의 계수를 구할 수 있고 크기변환(scale change), 회전변환(rotation), 전이변환(translation)을 거치게 된다. 이러한 과정은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$X' = a_0 + a_1X + a_2Y$$

$$Y' = b_0 + b_1X + b_2Y$$

여기서  $X'$ ,  $Y'$ 는 GCP의 지도좌표이며  $X$ ,  $Y$ 는 위성영상의 영상좌표이다. 최소자승법(least-square method)에 의해 각 계수의 값을 알면 나머지 픽셀에 대해 좌표변환을 수행할 수 있게 된다. 기하보정된 결과의 위치오차는 RMS 오차로 나타낼 수 있다. RMS 오차란 지도에서의 GCP와 위 변환 식에 의해 변환된 영상의 지도좌표가 정확히 일치하지 않을 수 있는데, 이 차이를 잔차(residual)이라 부르며 거리차를 RMS 오차라 한다. 위 식은 1차식이지만 GCP의 개수, 영상의 뒤틀린 정도, Relief Displacement, 등에 따라 2차이상의 방정식을 사용할 수 있다 (Jensen, 1996).

### ② 영상재배열(Resampling)

영상재배열(resampling)이란 변환된 새로운 영상에 있는 각각의 픽셀에 새로운 픽셀값을 결정하는 과정을 말한다. 이 방법에는 nearest neighbour, bilinear interpolation, cubic convolution 등이 있다. nearest neighbours는 원래영상과 좌표변환된 영상을 겹쳤을 때 가장 가까운 픽셀의 값을 좌표변환된 영상의 픽셀값으로 정하는 방법으로 속도가 가장 빠르고 원영상의 픽셀값이 그대로 유지하고 있으므로 분류작업에 많이 사용한다. 그러나 영상이 거칠어 보이는 단점이 있다. bilinear interpolation은 주위 4픽셀값에 대해 가중치를 주어 평균한 값으로 보정된 영상이 부드럽게 보인다. 그러나 보정된 영상의 픽셀값이 변하므로 분류에 사용하는 경우는 거의 없다. cubic convolution은 주위 16개 픽셀값에 대해 가중치를 주어 평균한 값으로 보정된 영상의 bilinear interpolation보다 더 부드럽게 보여 수치 표고 자료의 보정에 많이 사용된다.

### 2) 영상분류(Image Classification)

위성영상을 분류하는 대표적인 방법은 크게 두 가지가 있다. 이는 감독분류(supervised classification)와 무감독분류(unsupervised classification)의 방법이 있다. 감독분류는 영상을 분류하기 전에 컴퓨터에게 분류할 각 클래스의 정보를 미리 알려주어 분류를 수행하게 하는 방법이다. 즉 분류작업을 하기 전에 미리 각 클래스에 대한 training site를 분석가가 선택하고, 이에 대한 평균, 표준편차, 공분산행렬, 상관행렬과 같은 다변량 통계 파라미터를 뽑은 다음 이를 이용하여 분류하는 방법이다. 무감독 분류는 보통 training site를 고르기가 힘들 경우 오직 위성영상의 분광특성에 따라 수치적인 방법으로 군집화(clustering)를 한 후, 군집화된 분광클래스(spectral class)들을 분석자가 다시 재결합하여 지표피복 클래스(information class)로 지정하는 방법을 말한다.

감독분류에는 Parallelepiped Classification (PLC), 최소거리 분류기법(Minimum Distance to Means Classification: MDC), 최대우도 분류기법(Maximum Likelihood Classification:

MLC) 등이 있다. 이 중에 어떤 알고리즘을 선택할 것인가 하는 것은 분석할 영상의 특징과 분석가가 원하는 결과가 무엇인지에 따라 선택할 수 있다. 분류알고리즘은 크게 두 가지로 구별할 수 있다. 즉 분류하고자 하는 클래스의 분광학적 특성에 대한 확률분포를 가정하고 몇몇 파라미터(평균, 분산)를 훈련지역에서 추출하여 초기가정에 따라 확률함수를 구한 후 수행하는 알고리즘을 파라메트릭(parametric) 분류 알고리즘이라 하고, 정규분포와 같은 일체의 초기가정을 하지 않고 수행하는 알고리즘을 비파라메트릭(non-parametric) 분류 알고리즘이라 한다. 파라메트릭 알고리즘은 미리 설정한 가정이 자연현상과 일치할 경우 상당히 정확히 분류하고 논리적으로 견고하나 실제 자연현상을 완벽히 대표하는 가정을 하기가 어렵고, 분류를 훌륭히 수행하려면 더 복잡하고 많은 가정을 필요로 하며, training site가 초기가정을 따르지 않는 경우 세분화해야 한다.

있도록 위성영상을 잘랐다.

그 다음으로는 위성영상에 대하여 기하보정을 실시하였다. 기하보정은 지상기준점 설정(Ground Control Points)와 영상재배열(Resampling)을 통해 분석되는데 지상기준점 설정은 현재 우리나라가 사용하고 있는 TM(Transverse Mecatro) 좌표계로 표 2에서 처럼 7곳의 지상기준점을 설정한 후, 위성영상을 TM좌표계로 재배열하였다. 그 후, 영상분류 작업은 천연림과 인공림에 대한 감독분류(supervised classification)를 실시하였고 그 결과는 그림 3과 같다. 그림 3에서 적색은 현지조사와 비교해 본 결과 침엽수림으로 대부분 잣나무, 소나무로 분포하는 지역이다. 그리고 청색은 활엽수림 지역을 나타내고 있으며, 연분홍은 미입목지로서 경작지 혹은 미입목지, 도로로 판단된다. 이 자료를 GIS 데이터로 변환시킨 것이 그림 4에서와 같이 나타나고 있다.

#### IV. 결과 및 고찰

우선 위성 영상판독을 위해서 Landsat5-TM 밴드 중에서 산림부분에 대하여 분석이 적합한 밴드(Band)를 설정하였다. 본 연구에서는 Landsat 1, 2, 3 TM으로 3개의 밴드를 이용하여 분석하였고, 이 위성자료를 연구대상지역이 포함될 수

표 2. 기하보정을 위한 영상좌표와 지도좌표의 지상기준점

GCP	영상 X좌표	영상 Y좌표	TM X좌표	TM Y좌표	RMS error
1	2292	-2420	272266.590	482882.419	0.15
2	2325	-2553	272596.616	478976.013	0.8
3	2411	-2479	275307.443	480789.145	0.75
4	2319	-2507	272790.801	480065.449	0.54
5	2332	-2599	272573.314	477610.327	0.62
6	2373	-2622	273699.588	476744.614	0.75
7	2426	-2665	274682.166	475225.240	1.20

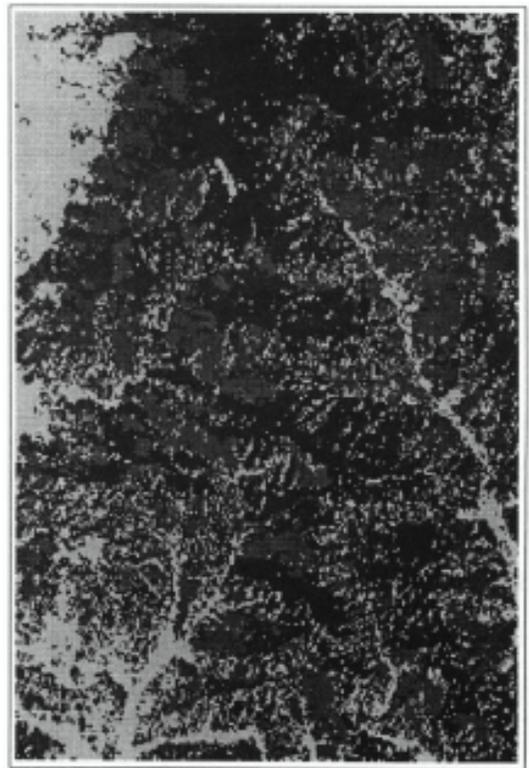


그림 3. 감독분류된 위성영상자료

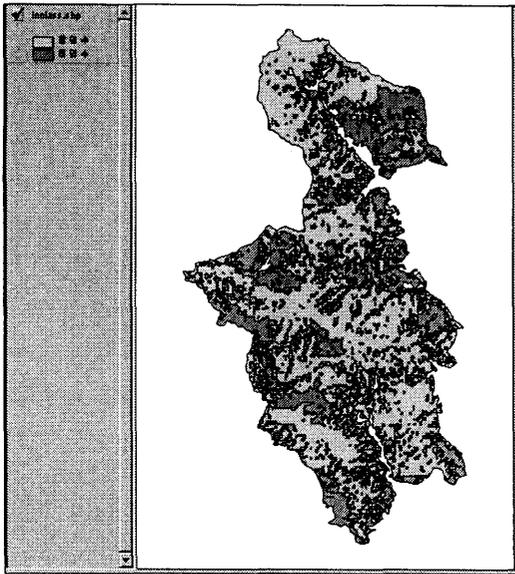


그림 4. GIS 벡터 데이터 변환시킨 영상자료

이 GIS 자료를 가지고 표 3과 같이 침엽수와 활엽수에 대한 면적계산을 실시하였고, 연습림에서 자체 분석한 임상분류 면적과 임업연구원에서 항공사진을 이용하여 분석한 결과와 비교하였다.

그 결과 활엽수는 2,222ha로서 연습림 면적에 약 73%를 차지하였고, 침엽수는 832ha로서 약 27%를 차지하였다. 또한 연습림에서 그동안 경험과 조사를 통하여 조사한 침엽수와 활엽수 면적은 활엽수가 76%, 침엽수가 23%로 비슷한 양상을 보였다. 1, 2, 3번 band로는 침·활엽수만이 구분되었다.

표 3. 영상분류를 통한 연습림과 임업연구원의 침·활엽수의 면적비교  
단위 : ha(%)

면적	연습림	임업연구원	위성판독
활엽수	2,329 (76)	1,813 (59)	2,224 (73)
침엽수	696 (23)	748 (24)	834 (27)
침·활	-	497 (17)	-
제지	33 (1)		-
합계	3,058 (100)	3,058 (100)	3,058 (100)

## V. 결 론

Landsat-5 TM 위성영상을 이용한 강원대학교 연습림에 대한 활엽수와 침엽수림 분석에 대한 영상분류를 수월하게 수행할 수 있다. 그러나 Landsat-5-TM 인공위성이 가지는 공간 해상력의 한계가 존재하고 있다. 즉, 최소단위가 30m × 30m로서 개별입분을 나타내는데 많은 제약과 가지고 있기 때문에 Landsat-5 TM 영상은 연습림지역보다 넓은 대면적의 산림에 대하여 이용하는 것이 적당하다고 사료된다. 또한 연습림이 다른 지역보다 지형이 험준하여 위성영상 자체에 그림자가 형성되어 영상판독에 어려움을 주고 있다. 그리고 위성영상 상에서 지상 기준점(GCP)을 설정할 때, 연습림지역이 대부분 산악지역임으로 인해 적당한 기준점을 찾기가 어려웠다.

마지막으로 위성영상판독의 시험적인 단계로 단지 침엽수와 활엽수만 분석을 하였는데 점진적으로 미입목지, 도로, 농경지 등의 세분된 분석을 시도할 수 있으며, landsat-5 TM의 1,2,3번 밴드와 타밴드를 사용한다면 침엽수 분석에 있어서 몇 가지 수준의 구분까지도 가능할 것으로 사료된다.

## 인 용 문 헌

1. 김갑덕. 1988. 사진판독과 원격탐사. 서울대학교출판부 : 200-205
2. 연상호. 1986. 원격탐사 기법에 의한 서울, 대전, 인천지역 토지이용 분류연구. 대한원격탐사학회지. 2(2) : 69-77
3. 이규성, 운정숙. 1997. 산림지역에서 SPOT과 Landsat TM영상을 위한 지형효과 보정. 대한원격탐사학회지. 13(3) : 277-292
4. 정보통신부. 1997. 원격영상정보 분석기술개발: 160-165
5. Keith R McCloy. 1995. Resource Management Information Systems. Taylor & Francis : 164- 165