

Landsat Thematic Mapper 화상자료를 이용한 월악산 지역 산림식생의 무감독분류

李庠熙¹⁾ · 朴在鉉²⁾ · 李峻雨³⁾ · 金載水¹⁾

¹⁾ 충북대학교 산림과학부 · ²⁾ 임업연구원 · ³⁾ 충남대학교 산림자원학과

Unsupervised Classification of Forest Vegetation in the Mt. Wolak Experimental Forest Using Landsat Thematic Mapper Data

Sang Hee Lee¹⁾, Jae Hyeon Park²⁾, Joon Woo Lee³⁾ and Je Su Kim¹⁾

¹⁾ School of Forest Resources, Chungbuk Natl. Univ., Cheongju 361-763 Republic of Korea

²⁾ Forest Research Institute

³⁾ Dept. Forest Resources, Chungnam Natl. Univ.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to classify forest vegetation effectively using Landsat Thematic Mapper data (June, 1994) in mountainous region. The research area was the Mt. Wolak Experimental Forest of Chungbuk National University, near Chungju and Jecheon city, Chungcheongbuk-do.

To classify forest vegetation effectively, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to reduce topographic effects. This NDVI was modified and transformed to the value of 0 to 255, and then the modified values were combined with other Landsat Thematic Mapper bands.

To classify forest and land cover types, unsupervised classification method was used.

The results of this study are summarized as follows.

1. Combinations of band 『3, 5, NDVI』 in Landsat Thematic Mapper data showed a good separation with high accuracy. The expected classification accuracy was 95.1% in Landsat Thematic Mapper data.

2. The Land Cover types were classified into six groups : coniferous forest, deciduous forest, mixed forest, paddy and grass, non-forest, and other undetectable areas. As these classified results were compared with the reconnaissance survey and aerial black and white infrared photographs, the overall classification accuracy was 76.5% in Landsat Thematic Mapper data.

3. The portion of non-forest in Mt. Wolak area was 1.9%. The percentages of coniferous, deciduous and mixed forests were 30.9%, 35.7% and 26.4%, respectively.

4. As these classified results were compared with other reference data, the percentages of coniferous, deciduous and mixed forests increased, but the portion of non-forest was exceedingly diminished. These differences are thought to be from the different research method and the different season of received Landsat Thematic Mapper data.

Key words : *Landsat Thematic Mapper data, forest vegetation, Normalized Difference Vegetation Index*

I. 緒 言

산림은 벌채, 조림, 임도 개설 등의 임업 생산활동과 더불어 산업발전, 인구증가, 도시화 등 사회 경제적 여건의 변화에 따라 끊임없이 변화하고 있다(金 등, 1982). 각종 개발, 휴양 및 편의시설 조성 등 다양한 토지수요가 창출되어 산지이용 및 개발에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이로 인한 산림 면적의 변화와 인위적 간섭 및 환경요인 변동에 따른 각종 위해 현상이 발생되고 있다.

이런 여건의 변화에 따라 산림의 역할과 기능도 점차 다양해져서 목재생산이라는 경제적 측면과 아울러 국토보전, 환경보전, 수자원보전, 국민보건휴양, 야생동물보호 등의 공익적 기능이 점점 더 중요시되고 있다. 특히 우리나라는 국토면적이 좁고 상대적으로 산림분포율이 높기 때문에 산림자원을 효율적으로 이용하고 관리하는 것이 국토의 효율적인 이용 측면에서 매우 중요하다.

산림의 내용과 현황을 정확히 파악하고 조사하는데는 많은 시간과 노력 및 막대한 비용이 소요된다. 산림자원을 효율적으로 관리하고 올바른 산림정책이나 경영계획을 수립하기 위해서는 정확하고도 시기 적절한 산림정보가 뒷받침되어야 한다. 그런데 이들 산림정보는 자료의 종류도 다양하고 그 정보량이 방대할 뿐만 아니라 시간의 흐름에 따라 변화상태를 새로이 수정 또는 보완하여야 하기 때문에 종래의 자료관리 방식으로는 이를 효과적으로 대처할 수가 없게 되었다.

이러한 상황변화에 대처하기 위한 대책 수립을 위해서는 적시에 정확한 정보가 필요하고 따라서 원격탐사기법의 활용성을 고려해볼 필요가 있다.

현장조사의 문제점을 해결하고 비교적 짧은 시간에 과거로부터 현재까지 일관된 자료를 수집하고 추적하는 데는 원격탐사 기법의 활용이 고려되고 있다.

본 연구는 원격탐사의 특성과 지리정보시스템을 활용하여 월악산 지역의 Landsat TM 화상

자료를 이용하여 화상강조처리로 정규식생지수(NDVI)의 활용성과 ISODATA 기법에 의한 무감독 분류 방법으로 산림식생을 분류하였다. 그 결과를 바탕으로 월악산 산림식생에 대한 정보를 획득, 축적하고 임업에서의 효율적인 활용 가능성을 제고하고자 수행되었다.

II. 材料 및 方法

본 연구의 대상지역으로 월악산 국립공원내의 충북대학교 연습림을 선정하였다. 월악산 지역은 남한지역 중부 내륙권에 위치하고 있으며, 총면적 2398.52ha이고 북위 36°50', 동경 128°05' 선상에 위치하고 있으며, 1959년 12월 충북대학교 부속 연습림으로 지정되었으며, 1984년 12월 31일 17번째 국립공원으로 지정되어 현재까지 운영되고 있다.

1. 사용 데이터

1) 연구대상지역의 Landsat TM 화상자료

월악산 국립공원 지역의 식생을 분석하기 위하여 사용된 Landsat TM 화상자료는 Landsat 5 호에 의해 1994년 6월 1일에 관측 수신한 Path 115/row 34의 자료 중 연구 지역을 포함한 일부 자료이다.

Landsat TM 화상자료는 0.45~12.50 μ m의 파장대역을 7개의 영역으로 수신하며 각각의 밴드는 주제별 분석에 적합하도록 세분화되어 있다(Howard, 1991; 손과 박, 1997). 자료는 8비트 형태로 0에서 255까지의 값을 가지며 공간해상력은 30m×30m이다(밴드 6은 120m).

2) 지형도, 수치지형 데이터, 항공사진 및 기타 참조자료

분석을 위한 보조 및 참고자료로 1992년 국립지리원에서 제작된 1/25,000의 황강, 안보, 용연 등의 지형도를 이용하였다. 일부의 지형도는 국립지리원에서 발행하는 1/25,000의 수치지형도를 이용하였다. 화상분류와 분류정확도 검증에 참조자료로 1986년과 1992년에 촬영한 축척 1/15,000의 흑백 적외선사진을 이용하였으며, 환

경부에서 제작한 현존식생도와 1992년 충북대학교 농과대학에서 제작한 월악산 2차기 산림관리계획서를 참조하였다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 연구대상지역의 경계선을 지형도로부터 추출하는 과정과, 수집된 자료를 이용하여 화상 분석 작업을 하기 전에 Landsat TM 자료에 있는 오류를 제거하는 전처리 과정, 그리고 오류가 제거된 자료를 이용하여 분석하는 과정으로 이루어진다. 본 연구에서 수행한 과정은 다음의 흐름도와 같다(Fig. 1). 분석에 사용된 소프트웨어는 Intergraph사의 MGE(Modular GIS Environment)와 MicroStaton을 이용하였다.

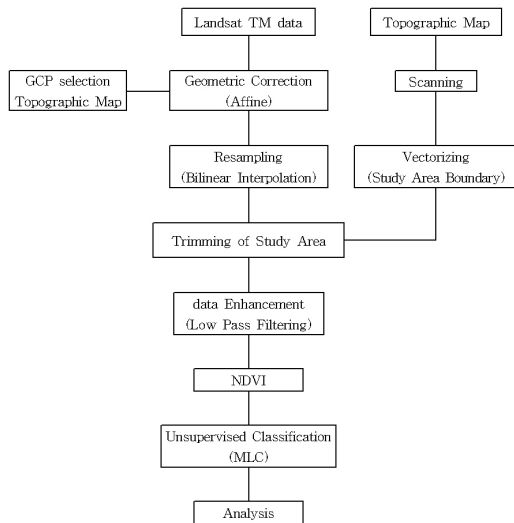


Fig. 1. Flowchart of data processing

1) 전처리 (Image Preprocessing)

전처리 과정(Image Preprocessing)은 기하보정(Geometric Correction), 재배열(Resampling), 연구대상지역의 질출의 순서로 이루어진다. 본 연구에서는 지상기준점(G.C.P ; Ground Control Point)을 이용한 2차 affine 변환식으로 좌표변환을 실시하였으며, 재배열은 공일차 내삽법(Bi-Linear Interpolation)을 이용하였다.

2) 화상강조처리

화상자료의 처리를 보다 쉽게 하고 평가를 용

이하게 하기 위하여 Filtering 기법 중 Low pass filter를 사용하여 Noise 제거 및 Class의 분산을 감소시켰다.

또한 산술연산의 방법중 하나인 정규식생지수(NDVI ; Normalized Difference Vegetation Index)를 구하여 분석에 이용하였다. NDVI는 1973년 Rouse 등이 처음으로 활용사례를 제안하였으며, 개념은 1969년에 Krigler에 의하여 처음 설명되었다(Rouse 등, 1973). 이 지수는 데이터의 값의 분포가 -1에서 1의 범위 안에서 분포한다는 것을 기초로 한다.

하지만 연산식에 따라서는 연산결과가 음의 값이나 실수치로 되는 등, 통상의 화상처리에서 다루는 화상 값의 범위(0~255의 정수값)로부터 벗어나는 경우가 많다. 연산결과를 화상표시하기 위해서는 0부터 255 사이에 적절히 분포하는 정수로 되도록 조정할 필요가 있다(金 等, 1998). 정규식생지수(NDVI)의 값이 0~255의 범위에 분포하도록 하기 위해서 식 1을 이용하였다.

$$NDVI = 128 \times \left(\frac{TM \text{ Band } 4 - TM \text{ Band } 3}{TM \text{ Band } 4 + TM \text{ Band } 3} \right) + 1 \dots\dots(1)$$

정규식생지수(NDVI)를 수행한 결과를 Image Analyst 소프트웨어의 density slice 기능에서 color table을 이용하여 0에서 255의 값을 파란색에서 적색으로 분포하도록 처리하여 나타내었다(사진 1). 사진 1에서 파란색은 0에 가까운 값이고 적색으로 갈수록 255에 가까운 digital 값을 나타낸다. 정규식생지수(NDVI)의 데이터 값은 물 → 땅 → 침엽수 → 활엽수 → 목초지 등의 순으로 커지며 본 연구에서도 같은 분포를 나타내었다.

3) 화상해석

화상해석의 방법은 크게 Ground Truth Data의 유무에 따라 감독분류(Supervised Classification)와 무감독 분류(Unsupervised Classification)로 구분된다. 본 연구 대상지역이 비교적 복잡한 산악지역이며, 분류하고자 하는 항목의 대표적인 Ground Truth Data를 정하기 어려운 점을 고려

하여 무감독 분류(Unsupervised Classification) 방법인 ISODATA에 의한 Cluster 분석에 의해 교사(Supervisor)를 구하고(Eric, 1977), 최대우도법(Maximum Likelihood Method)을 이용한 관별분류를 하였다(李, 1992).

무감독 분류는 대상지역에 대한 광범위한 사전지식이 요구되지 않고, 사용자의 주관을 최대한 배제함으로써 인간에 의해 저질러질 수 있는 오류를 감소시킨다는 측면에서 그 장점을 찾아볼 수 있다. 일반적으로 무감독 분류에 의해 형성된 집단은 감독분류의 결과와 비교했을 때, 집단을 구성하는 화소들의 통계적 밝기 분포가 비교적 안정적인 형태를 취하게 된다(李, 1998).

본 연구의 화상해석에 있어서 무감독 분류를 이용하여 지표면의 분광 반사 패턴을 인식하는 기준이 되는 training samples의 구축과, 이를 근거로 대상 전지역을 구분하고자 하는 항목에 따라 분류하는 과정으로 수행되었다.

또한 분류된 각 그룹의 분류정확도를 검증하기 위해서 식 2를 이용하여 표본의 수를 선정하였다(Jensen, 1996).

$$N = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

N = Sample size
 $Z = 2$ from the standard normal deviate of 1.96... (2) for the 95% two-sided confidence level
 p = Expected percent accuracy
 $q = 100 - p$
 E = Allowable error

III. 結果 및 考察

1. 식생분류

화상분류에 앞서 분류 정확도를 높이기 위하여 여러 가지의 밴드 조합을 실시하여 가장 정확도가 높은 밴드의 조합을 사용하였다. 여러 가지의 밴드 조합을 실시하여 최대우도법에 의하여 화상분류를 실시하였을 경우 Contingency Matrix값을 비교한 결과 분리정확도는 밴드 (3, 5, NDVI)의 조합이 가장 높은 95.14%의 분류정확도를 보였다(Fig. 2).

그림 2에서 분리정확도가 90% 이상의 밴드 조합을 보면 (1, 2, 3, 4, 5, 7, NDVI), (7, NDVI), (1, 2, 3, 4, NDVI), (1, 2, 3, 4, 7, NDVI), (1, 7, NDVI), (2, 3, 4, 7, NDVI), (1, 5, 7, NDVI), (1, 2, 3, 4, 5, NDVI), (4, NDVI), (2, 3, NDVI), (3, 4), (5, NDVI), (1, 5, NDVI), (2, 4, 7, NDVI), (2, 3, 4, 5, 7), (1, 2, 3, 5, NDVI), (3, 7, NDVI), (3, 5, 7, NDVI), (2, 3, 5, NDVI), (4, 5, NDVI), (3, 4, 5), (3, 5, NDVI)조합의 순으로 나타났다.

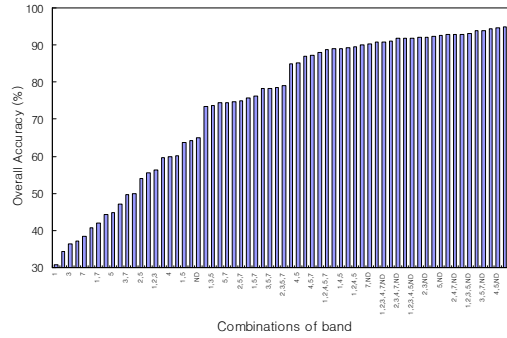


Fig. 2. Graph of Overall Accuracy

(3, 5, NDVI)조합을 이용하여 최대우도법(Maximum Likelihood Classification)을 수행하여 얻은 분류 결과는 표 1과 같다. 조사대상지 전 지역에 걸쳐서 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 경작지, 주거지역과 암반지 및 나지를 포함하는 비산림지역, 미분류지역으로 구분되었다.

Table 1. Grouping of 12 classes into 6 cover types in study area

| Group | classes included | Description |
|-------|---|---|
| 1 | Class 102 Class 163 Class 204 Class 1637 | Coniferous forests of pine and other conifer |
| 2 | Class 12 Class 25 | Deciduous forests of mongolian oak and other deciduous tree |
| 3 | Class 17 Class 20 | Mixed forests with conifer and deciduous tree |
| 4 | Class 10 Class 105 Class 1026 | Unstocked and non-forested area, residential area, Rocks |
| 5 | Class 2048 | paddy, other cultivate area, grass area |
| 6 | Class 2 | Indistinct, unrecognizable |

표 1에서와 같이 Class 102, Class 163, Class 204, Class 1637은 침엽수림으로 나타났다. Class 102는 주로 능선주변 및 북사면에 분포하는 침엽수림으로, Class 204는 동사면 및 남동사면에 고르게 분포하는 침엽수림으로 확인되었다. Class 1637과 Class 163은 전지역에 고르게 분포하는 침엽수림으로 확인되었다. Class 163은 주로 침엽수림과 혼효림, 침엽수림과 활엽수림의 경계 근처에 분포하는 것으로 확인되었다. 침엽수림 내에서 주 수종인 소나무와 다른 침엽수종은 구분되지 않았다.

활엽수로 구분된 Class는 Class 12와 Class 25로 나타났다. Class 12는 전지역에 고르게 분포하는 활엽수림으로 확인되었다. Class 25는 전지역에 걸쳐 골짜기를 포함하는 지역에 나타나는 활엽수림으로 확인되었다.

Class 17과 Class 20은 혼효림으로 구분되었다. Class 17은 전지역에 걸쳐 능선 주변부에 나타나는 혼효림으로 확인되었다. Class 20은 대부분이 동사면 및 남동사면에 분포하는 혼효림으로 확인되었다. 현장조사에서 침엽수의 비율이 상당히 높은 지역이 있었는데, 이것은 Landsat TM 화상의 수신시기가 6월임을 감안할 때, 하층식생인 활엽수의 반사특성이 강하게 나타난 것으로 생각된다.

Class 2048은 전지역에 걸쳐 경작지와 산림 내에서 나타나는 약간의 초지로 확인되었다.

Class 10과 Class 105, Class 1026은 주거지역을 포함하는 나지 및 제지로 구분되었다. Class 10은 남쪽사면과 정상부에 분포하는 암반지를 포함한 제지로 확인되었다. Class 105는 주거지역과 주거지역 주변의 나지로 확인되었으며, Class 1026은 전지역에 걸쳐 경사면에 나타나는 암반지 및 완만한 경사의 계곡에 나타나는 암반지로 확인되었다.

Class 2는 물과 가까운 특성을 가지는 화소로 나타났다. 이것은 항공사진 및 현장조사 결과 임상이나 지표피복의 차이에 의해 나타난 것이 아닌 골짜기 주변부와 급경사면의 암반지 등으로 확인되었다. 이러한 현상은 Cibula와 Nyquis (1987)도 지형효과가 제거되지 않고 무감독 분

류를 시행했을 때는 이러한 지역이 물과 동일한 항목으로 분류되고 뚜렷이 분리되지 않았는데, 이를 그들이 짙은 어두운 지역으로 설명하면서 물과 동일한 항목으로 취급하였음을 볼 수 있다. 김철민(1991)도 이와 같은 현상을 관측하고 관측 당시 태양광선이 직간접적으로 닿지 않아 내용을 구분할 수 없는 별개의 항목으로 인정하였다. 본 연구에서도 뚜렷이 구분이 불가능하여 별개의 미분류 항목으로 정리하였다.

화상강조처리를 실시하였지만 침엽수림에서는 동일한 임상이 사면에 따라 다른 특성을 가지고 다른 Class로 분류된 것을 알 수 있다. 이 같은 원인은 지형효과에 의한 그림자 부분이 완전히 처리되지 않았고, Landsat TM 화상의 수신시기에 빛이 직접적으로 닿지 않는 부분이 발생한 것에 기인하는 것으로 생각된다.

같은 내용을 갖는 Class들을 서로 묶어 최종 6개의 그룹으로 분류된 결과가 사진 2와 같다. 각 그룹에 할당된 색조는 그룹간의 구분을 위해서 사용되었고, 각 그룹의 분포를 개략적으로 보여준다.

2. 식생분류 검증

본 연구에서는 참조 자료의 표본을 선정하기 위하여 대상지역의 화상에서 15" 간격의 등간격으로 표본점을 설정 149개소를 추출하여 Landsat TM 화상으로부터 분류된 결과와 항공사진 판독 결과 및 임소반도, 현장조사를 통해 확인한 동일지점의 임상과 피복형태를 비교하였다.

표 2는 확인된 149개소를 이용하여 오차행렬 표(Error matrix)를 만들어 오차를 검증하였다.

Table 2. Classification error matrix and accuracy assessment result

| Classified data | Reference data | | | | | Total | Percent of correctly classified |
|-----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-------|---------------------------------|
| | Con | Dec | Mix | Non | Pad | | |
| Coniferous | 44 | | 1 | | | 45 | 97.8 |
| Deciduous | 5 | 36 | 10 | | | 51 | 70.6 |
| Mixed | 7 | 9 | 21 | | 1 | 38 | 55.3 |
| Non-forest | | | | 8 | | 8 | 100.0 |
| Paddy | 1 | | 1 | 5 | 7 | 7 | 71.4 |

※ Overall accuracy : 76.5 %

침엽수림은 97%, 활엽수림은 70%, 혼효림은 55% 정도로 분류되었다. 혼효림의 경우 활엽수림과 침엽수림으로 분류된 것이 많은 비중을 차지하고 있다. 나지 및 암반지, 주거지역은 100%의 분류정확도를 보였다. 경작지 및 초지는 분류정확도가 71% 정도로 나타났다.

침엽수림과 혼효림이 활엽수림으로 분류된 경우와 침엽수림이 혼효림으로 분류된 것들이 발생하였는데, 이것은 전성우(1999)도 생태·자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구에서 계절적으로 6월의 자료보다 4월의 자료가 분류에 용이하다고 언급하였고, 한 시기의 자료보다는 다시기의 자료를 이용하는 것이 분류에 용이하다고 언급하였다. 본 연구에서도 현장조사와 분석에 사용한 Landsat TM 화상의 수신시기가 6월임을 고려할 때 침엽수림과 혼효림 내에 포함된 활엽수의 특성이 강하게 나타난 것으로 생각된다.

이상의 분류결과를 1992년 국립공원 월악산 지역 제2차기 산림관리계획서와 비교한 것이 표 3과 같다. 동일한 연도와 시기에 조사된 자료로 비교하는 것이 타당하나, 본 분석에 이용된 Landsat TM 화상의 수신시기(1994)와는 2년의 시간적 차이가 있지만 본 연구의 대상지역이 국립공원 내에 있는 관계로 산림의 변형이 거의 없기에 객관적인 비교자료로 이용하였다.

Table 3. Classification results of land cover type by TM data and forest management plan

| Class | TM data | | Forest management plan (%) |
|--------------|--------------|----------------|----------------------------|
| | No. of Pixel | Percentage (%) | |
| Coniferous | 9,461 | 30.9 | 23.9 |
| Deciduous | 10,943 | 35.7 | 29.6 |
| Mixed forest | 8,086 | 26.4 | 17.2 |
| Paddy | 594 | 1.9 | - |
| Non-forest | 595 | 1.9 | 29.3 |
| Undetectable | 954 | 3.1 | - |
| Total | 30,663 | 100.0 | 100.0 |

전체적으로 침엽수림, 활엽수림, 혼효림의 면적은 증가하였고 비산림지역으로 분류된 제지

및 나지의 면적은 크게 감소하였다. 이것은 산림관리계획서를 제작시 암반이 포함된 접근이 불가능한 지역들을 제지로 분류하여 조사가 이루어지지 않았던 지역들이 Landsat TM 화상을 이용한 분류에서 분류되었기 때문으로 생각된다.

연구지역내의 조림지의 대부분이 혼효림과 활엽수림으로 분류되었는데, 이것은 조림지의 위치가 대부분 활엽수림과 혼효림 내에 소면적으로 포함되어 있었고, 골짜기에 위치하는 것이 많아 그림자의 영향과 조림된 수종의 특성이 소나무를 포함한 침엽수림의 특성보다는 활엽수림이나 혼효림의 특성에 가깝게 나타난 것으로 생각된다. 일부의 호두나무와 은행나무 조림지는 경작지 및 초지로 구분되었는데, 이것은 호두나무가 유령목이고 식재 간격이 넓게 분포하여 하층의 초지의 특성이 강하게 나타난 것으로 확인되었다.

Ground Truth Data를 이용하여 감독분류를 수행한 연구(李, 1992)에서는 Arctan법과 TVI법으로 화상강조처리를 수행하였고 분류정확도는 78% 정도로 나타났다. ISODATA를 이용하여 무감독분류를 수행한 연구에서는 수치지형모델(DTM; Digital Terrain Model)로 각 화소별 일사각을 계산하여 화상강조처리를 수행하였고 분류정확도는 80% 정도로 나타났다(金, 1991). 김(1991)과 이(1992)의 연구에 사용된 Landsat TM 화상의 수신시기가 각각 10월, 11월이고 대상지역은 다르지만 분류정확도는 모두 현지조사와 항공사진을 이용하여 검증하였다. 본 연구에서도 같은 검정방법을 따랐으며 사용된 Landsat TM 화상의 수신시기가 6월임을 감안하여도 본 연구의 분류정확도 76%와는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

산림에 있어서 식생의 분포는 매우 다양하고 복잡한 요인들에 의해 종합적으로 영향을 받기 때문에 밖으로 나타난 현상만을 가지고 정량화한다는 것은 쉬운 일이 아니라고 생각된다. 따라서 원격탐사자료를 이용하여 산림 자원의 분류를 수행하는데 있어서 지역에 따른 수종간의 대표적인 분광특성에 대한 명확한 정의가 이루어

어지지 않은 점도 연구되어야 한다고 생각된다. 또한 체계적인 반사특성의 정의는 산림자원의 분류를 수행하는데 많은 도움을 줄 수 있으며 이를 통해 산림자원관리 및 산림환경 모니터링 등과 같은 분야에도 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

IV. 結 論

본 연구는 1994년 6월 1일에 관측된 Landsat TM 화상자료를 이용하여 산림지역에 있어서의 수종구분 및 식생을 해석하고자 하였다. 본 연구의 수행결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 분석을 위한 전처리 과정으로 기하보정을 수행하였고, 열적외선 밴드인 6번 밴드를 제외한 나머지 밴드를 이용하여 데이터 자체의 반사특성 값에 의하여 스스로 동질의 집단을 구성하는 무감독 분류에 의한 임상구분을 실시하였다. Landsat TM 화상자료를 filtering 기법으로 처리하여 잡음을 제거하고 화상강조처리로 정규식생지수(NDVI)를 구하여 하나의 독립된 밴드로 등록시켜 다른 밴드들과 함께 무감독 분류를 수행하였다. 최종적으로 침엽수, 활엽수, 혼효림, 경작지 및 초지, 주거지 및 암반이 포함된 제지, 미분류의 6개의 집단으로 구분하였고 분류정도는 76%로 나타났다.

2. 정규식생지수(NDVI)를 독립된 하나의 밴드로 분석에 이용하기 위해서 정규식생지수의 값이 0~255 사이에 분포하도록 식을 수정하였다. 정규식생지수를 포함한 밴드조합에서 Landsat TM 밴드 3, 5, 정규식생지수의 조합이 분석정확도가 가장 높게 나타났다.

3. 분류된 결과와 참조자료들을 비교하였을 때 침엽수, 활엽수, 혼효림의 점유비율이 높아졌으나 암반을 포함한 제지의 점유율은 크게 줄었다. 제지로 구분된 지역은 대부분 접근이 어려운 지역이 많은 이유로 과거에는 조사가 불가능하였지만 Landsat TM 화상을 이용한 분류에서는 이런 제지에 포함되어 있는 식생이 분류된 것으로 확인되었다.

4. 분류된 각 그룹 내에서 특정 수종간의 구분은 불가능하였다. 또한 분류된 결과에서 조림지의 대부분이 혼효림과 활엽수로 구분되었고, 호두나무와 은행나무 조림지는 경작지 및 초지에 구분되었다. 이것은 Landsat TM 화상의 수신시기와 해상도에 깊이 관계된 것으로 생각되고, 특히 호두나무와 은행나무 조림지는 단위면적당 식재 본수가 적고 주변에 넓게 초분류와 나지가 분포하고 있어 이들의 분광특성이 강하게 나타났다고 생각된다.

5. 침엽수림으로 구분된 지역은 화상강조처리를 하였음에도 사면과 골짜기, 능선에 따라 서로

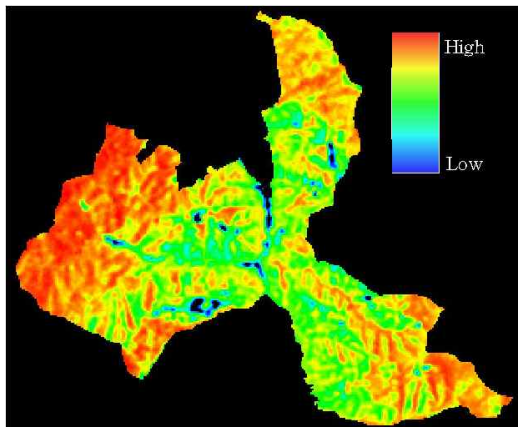


Photo 1. Image scene of NDVI by color table

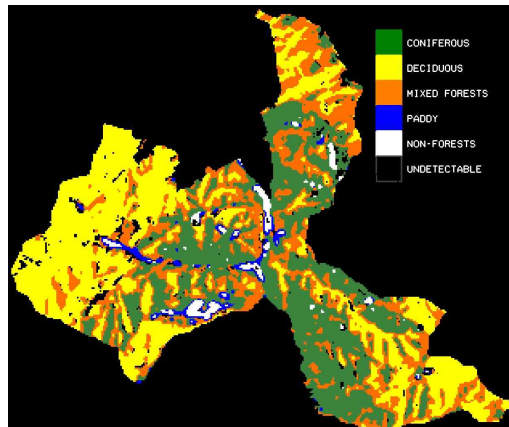


Photo 2. Results of land cover classification

다른 특성을 가지는 것으로 나타났다. 그림자에 의한 지형효과로 서로 다른 특성을 가지는 것으로 분류되었는데, 지형효과를 제거를 위한 보다 효율적인 방법이 고려되어야 할 것이다.

6. 산림의 분포는 매우 다양하고 복잡한 요인의 종합적 지배를 받기 때문에 드러난 현상을 정량화 한다는 일은 쉬운 일이 아니라고 생각된다. Landsat TM 화상자료와 같은 원격탐사자료를 이용하여 산림 자원의 분류를 수행하는데 있어서 지역에 따른 각 식생간의 분광특성에 대한 명확한 정의가 이루어지지 않은 점도 연구되어야 할 것이다.

引用文獻

- 과학기술처. 1988. 원격탐사 응용기술 개발-자
원위성영상처리 소프트웨어개발 (III). 한
국과학기술원 시스템공학센터 사업보고서.
p. 53-55.
- 김갑덕 · 박재욱 · 송장호 · 이승호. 1982. 산지이
용 변천에 관한 연구-대관봉 주변을 중
심으로-. 한국임학회지 57 : 20-25.
- 김갑덕 · 이승호 · 김철민. 1989. Landsat TM data
와 흑백적외선 항공사진을 이용한 임상구
분에 관한 연구. 한국임학회지 78(3) : 263
-273.
- 김영섭 · 서애숙 · 조명희. 1998. 원격탐사개론.
동화기술. 373pp.
- 김철민. 1991. LANDSAT TM 데이터와 수치지
형모델을 이용한 산림분포 해석에 관한
연구-금오산지역을 중심으로-. 서울대
학교 대학원 임학과 박사학위논문. 68pp.
- 박병욱. 1996. 수치위성자료를 이용한 광역의 토
지피복분류기법. 한국측지학회지 14(1) :
39-47.
- 안기원 · 이효성 · 서두천. 1997. 인공위성 화상
데이터를 이용한 솔껍질까지벌레 피해지
역의 추출기법에 관한 연구. 한국측지학
회지 15(2) : 287-298.
- 안철호 · 박병욱. 1986. LANDSAT-5의 TM과
MSS 데이터의 비교에 관한 연구-인천
지역의 토지이용분류를 중심으로-. 한국
측지학회지 4(2) : 27-40.
- 안철호. 1983. Remote Sensing Data의 처리와 해
석. 한국측지학회지 1(2) : 1-15.
- 이규성. 1998. 인공위성 영상자료와 GIS를 이용
한 녹지자연도 등급판정기법 개발. 환경
부. 97pp.
- 이승호. 1992. LANDSAT TM 화상자료를 이용
한 산림식피변화에 관한 연구. 서울대학
교 임학과 박사학위논문. 104pp.
- 전성우 · 박종화. 1997. 자연환경부문의 원격탐
사기법 도입방안에 관한 연구. 한국환경
정책 · 평가연구원. p. 16-18.
- 전성우 · 정성문. 1999. 생태 · 자연도 작성 및
활용을 위한 원격탐사기법 연구(II)-식생
분류도 작성을 중심으로. 한국환경정책 ·
평가연구원. 170pp.
- Choung, S.H. 1992. Wetland Change Detection
Using Landsat-5 Thematic Mapper Data in
Jackson Hole, Wyoming. College of Forestry,
Wildlife and Range Sciences University of
Idaho. 230pp.
- Cibula, W.G. and M.O. Nyquist. 1987. Use of
Topographic and Climatological Models in a
Geographical Data Base to Improve Landsat
MSS Classification for Olympic National
Park. P.E & R.S. 53(1) : 67-75.
- Eric, C.B. Environmental Remote Sensing 2. Arnold..
1977. pp. 113-119.
- Howard, J.A. 1991. Remote sensing of Forest
Resources Theory and Application. Chapman
& Hall. 420pp.
- Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital data Processing
A Remote Sensing Perspective Second Edition.
315pp.
- Konecny, G. 1987. The Development and State of
the Art of Remote Sensing. ITC Jour. 1987
(2) : 153-156.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering,
D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in
the great plains with ERTS. Third ERTS

- Symposium. NASA SP-351. 1 : 309-317.
- Tilton, J.C. 1991. Multisource Data Integration in Remote Sensing. Goddard Space Flight Center. Prentice Hall. 156pp.
- Tomlin, C.D. 1990. Geographic Information Systems and cartographic Modeling. Prentice Hall. 249pp.

接受 2001年 3月 26日