

## 분광혼합분석 기법에 의한 산림피복 정보의 특성 분석

이지민 · 이규성

인하대학교 지리정보공학과

### Analysis of Forest Cover Information Extracted by Spectral Mixture Analysis

Jee-Min Lee and Kyu-Sung Lee

Department of Geoinformatic Engineering, Inha University

**Abstract** : An area corresponding to the spatial resolution of optical remote sensor imagery often includes more than one pure surface material. In such case, a pixel value represents a mixture of spectral reflectance of several materials within it. This study attempts to apply the spectral mixture analysis on forest and to evaluate the information content of endmember fractions resulted from the spectral unmixing. Landsat-7 ETM+ image obtained over the study area in the Kwangneung Experimental Forest was initially geo-referenced and radiometrically corrected to reduce the atmospheric and topographic attenuations. Linear mixture model was applied to separate each pixel by the fraction of six endmember: deciduous, coniferous, soil, built-up, shadow, and rice/grass. The fractional values of six endmember could be used to separate forest cover in more detailed spatial scale. In addition, the soil fraction can be further used to extract the information related to the canopy closure. We also found that the shadow effect is more distinctive at coniferous stands.

**Key Words** : Spectral Mixture Analysis, Endmember, Landsat-7 ETM+, Forest.

**요약** : 광학영상에서 개별 화소에 해당하는 공간은 반사특성이 상이한 두 개 이상의 지표물이 존재하는 경우가 대부분이나, 기존의 영상처리는 각 화소를 단일의 지표물로 가정하여 처리하였다. 본 연구에서는 분광혼합분석(spectral mixture analysis)을 이용하여 개개의 화소를 구성하고 있는 두 가지 이상의 지표물을 점유비율에 따라 분해하고 그 결과의 활용 가능성을 분석하였다. 경기도 광릉시험림을 대상으로 Landsat-7 ETM+영상을 획득하여 대기보정 및 지형효과에 의한 복사보정을 실시하였다. 선형혼합모델을 통하여 각 화소를 6개 단위지표물(endmember)의 점유비율로 분해하였다. 각 endmember의 점유비율을 나타내는 영상들을 조합하여 보다 세부적인 임상분류가 가능하였다. 토양의 점유비율을 이용하여 수관울폐도와 관련된 정보의 추출도 가능하다고 판단된다. 또한 침엽수림의 화소값에 그늘에 의한 영향이 많다는 것을 알 수 있었다. 산림의 다양하고 복잡한 구성요소를 감안한다면 분광혼합분석은 기존의 영상처리방법에서 얻을 수 없었던 세부적인 산림정보의 추출을 위한 새로운 도구로 기대된다.

2003년 11월 1일 접수 : 2003년 12월 5일 수리.

## 1. 서 론

광학위성영상의 공간해상도는 센서의 순간시야각(IFOV)에 따라 결정되며, 영상을 구성하는 각 화소의 값(DN value)은 해상공간에 포함된 다양한 지표물의 반사에너지가 혼합된 결과로 볼 수 있다. 이와 같이 두 개 이상의 상이한 지표물이 혼재된 화소를 혼합화소(mixel)라 한다. 수치영상 자료를 분류하는 기존의 영상처리방법은 이와 같은 혼합화소의 성격을 가지고 있는 경우에도 각각의 화소를 단일의 지표물로 가정하여 처리한다. 즉, 토양과 식물이 혼재된 화소는 순수한 토양 또는 식물의 분광반사특성과는 다소 거리가 있지만 둘 중 하나로 분류되도록 강요된다. 분광혼합분석(spectral mixture analysis)은 이러한 혼합화소에 포함되어 있는 여러 지표물의 고유한 분광반사특성을 이용하여 각 화소를 구성하는 지표물의 점유비율을 해석하는 기법이다. 혼합화소를 구성하는 순수한 지표물들의 점유비율에 따라 분해하는 결과가 되므로 분광분해(spectral unmixing)라고도 한다(Keshava and Mustard, 2002).

분광혼합분석 주로 건조지역의 초원 및 산림에서 식물과 토양의 점유 상태를 정확히 분석하거나, 초분광영상(hyperspectral image)에서 나타나는 다양한 종류의 암석 및 광물의 분광특성을 분해하려는 목적으로 개발되어 왔다(Roberts et al., 1993). 산림에서 분광혼합분석을 적용한 사례는 건조식생 및 지질분야에 비하여 상대적으로 많지 않으나, Landsat Thematic Mapper 위성영상자료를 이용하여 특정 수종별 분포를 보다 정확히 분류하려는 목적으로 분광혼합분류를 실시한 경우가 있다(Hugeuenin et al., 1997; Kazuo et al., 2002).

다양한 환경조건과 인위적 간섭 형태를 가지고 있는 한반도 지역의 산림은 여러 종류의 수종구성과 임목생장 조건을 가지고 있다. 한반도에서 자연환경의 중요한 역할을 담당하고 있는 산림의 분포현황과 생육상태에 관련된 보다 정확한 정보의 요구는 날로 증가하고 있다. 본 연구의 목적은 한

반도 지역의 산림을 대상으로 분광혼합분석 기법을 적용하여 얻어질 수 있는 산림 피복과 관련된 정보의 특성을 분석하고자 한다. 즉 기존의 영상 분류 기법에 의하여 얻어지는 정보에 추가하여, 혼합화소를 분해한 결과에서 해석될 수 있는 새로운 정보의 추출 가능성을 파악하고자 한다.

## 2. 분광혼합분석

분광혼합분석은 혼합화소를 구성하는 여러 지표물을 알아내고 각 지표물의 점유비율을 추정하는 과정이다. 여기서 혼합화소를 구성하는 단위 지표물을 'endmember'라 지칭하는데, endmember는 고유한 분광반사특성을 가진 순수한 지표물로서 혼합화소를 구성하는 최종 분해단위로 해석할 수 있다. 영상에서 산림에 해당하는 화소는 활엽수, 침엽수, 하층초본식생, 토양 등 여러 개 endmember의 분광반사값이 혼합된 결과로 볼 수 있다. 대상 지역의 물리적 특성이나 또는 영상의 활용 목적에 따라 endmember를 선정하는 기준도 달라질 수 있으며, 그 기준에 따라 혼합화소 분해에 많은 영향을 미칠 수 있다.

혼합화소분해의 가장 일반적인 방법은 화소에 기록된 신호값은 각 endmember 반사값의 선형조합으로 이루어졌다는 선형혼합모델(linear mixing model)이다(Smith et al., 1994; Verhoeve and Wulf, 2002). 다중분광영상에서 각 화소에 기록된 신호값  $P_i$ 는 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$P_i = \sum_{j=1}^K (R_{ij} \cdot F_j) + E_i \quad (1)$$

단,  $i = 1, \dots, m$ (영상의 밴드의 수)

$j = 1, \dots, k$ (endmember의 수)

$P_i = i$  분광밴드의 화소의 반사신호

$R_{ij} = i$  분광밴드에서  $j$ 번째 endmember의 반사값

$F_j = j$  번째 endmember의 점유비율

$E_i =$  오차

주어진 분광밴드  $i$ 에서 관측 기록된  $P_i$ 는 각 endmember의 점유비율( $F_j$ )에 따른 분광반사값의 선형조합으로 나타낼 수 있다. 한 화소에서 endmember의 점유비율  $F_j$ 는 항상 양의 값이 되어야 하며, endmember의 점유비율 합은 1이 되어야 한다. 즉, 2개의 지표물로 이루어진 해상공간에 물체 A가 60%를 차지하고 있고 물체 B가 40% 점유하고 있을 때, 센서에 기록되는 반사에너지는 A와 B의 점유비율과 각 물체의 반사값에 따라 결정된다. 식 (1)에서  $P$ 와  $R$ 이 주어졌을 때 우리가 원하는 각 화소를 구성하는 지표물의 점유비율  $F$ 를 최소자승법을 통하여 구할 수 있게 된다.

혼합 화소를 분해하기 위해서는 먼저 endmember  $j$ 를 선정하고, 각각의 분광반사값  $R_{ij}$ 를 얻어야 한다. Endmember의 선정방법은 여러 가지가 있는데, 사용하는 영상자료의 종류와 분광혼합분석의 목적에 따라 달리 적용된다. 선정된 endmember의 분광반사값을 얻는 첫 번째 방법은 각 지표물의 분광반사값을 현지에서 분광측정기(spectrometer)를 이용하여 직접 측정하거나 기존에 측정된 값을 이용하는 방법이다. 이 방법은 암석의 구분이나 광물의 분포 특성을 파악하기 위한 주된 접근 방법으로 각 암석별 분광측정자료를 얻기가 비교적 용이한 경우에 많이 사용된다. 그러나, 산림과 같이 수평수직적 구조가 복잡하고 수종과 수형에 따라 변이가 많은 경우에는 분광측정기를 이용하여 각 수종별 대표적인 분광반사값을 현지에서 직접 측정하는 데 많은 어려움이 있다. 각 endmember의 분광반사값을 얻는 두 번째 방법은 영상에서 다른 지표물과 혼합되지 않고 비교적 순수한 상태로 하나의 endmember만을 대표한다고 추정되는 화소들을 선정하여 영상으로부터 직접 그 지표물의 분광반사값을 얻는 것이다. 이 방법은 각 endmember가 다른 지표물과 혼합되지 않고 순수하게 분포되어 있는지를 확인해 줄 수 있는 참조자료 및 현지 검증이 필요하다. 세 번째 방법은 분석자가 영상에서 나타나는 각 밴드별 화소값의 분포를 관찰하여 endmember를 정하는 것으로, 다중분광밴드에 나타나는 화소값의 산포도

(scatter plot)에서 일정 지점을 선정하는 것으로 기하적선정방법(geometric endmember selection method)이라 한다. 가령, 예를 들어 단일 종의 초본식물이 분포하는 건조지역에서는 영상에 나타나는 화소값의 분포는 순수한 식물과 토양에 해당하는 화소값은 산포도의 양끝에 분포하게 되고, 식물과 토양이 혼합된 화소의 밝기값은 점유비율에 따라 산포도 중간에 위치하게 된다. 세 개 이상의 분광밴드를 가지고 있는 다중분광밴드영상에서 이 방법을 현실적으로 적용하기 위해서는 3차원 이상의 산포도에서 끝 지점을 선정해야 하지만, 3차원 이상의 산포도를 그리고 판독하는 데 많은 어려움이 있다. 따라서 이 방법을 적용하여 endmember를 선정하기 위해서는 먼저 여러 개 밴드의 영상을 소수의 밴드로 압축하는 과정이 먼저 수행되어야 한다. 다중분광밴드의 영상을 압축하는 방법은 기존의 주성분분석(principal component analysis)과 각 밴드의 영상에 분포하는 잡음을 균일하게 배분하여 압축하는 최소잡음분산(minimum noise fraction) 방법 등이 있다(Green *et al.*, 1988).

### 3. 연구방법

#### 1) 연구지역 및 연구자

산림지역에 대한 다중분광영상의 분광혼합분석을 통한 결과물을 효율적으로 검증하기 위해서는 먼저 산림의 구성과 분포에 관한 비교적 정확한 조사자료가 구비되어야 한다. 본 연구에서는 이와 같이 다양한 산림식생이 분포하고, 국가적인 연구 시험림으로 보존 관리되고 있으며 비교적 현지조사 자료가 풍부하게 구비되어 있는 경기도 광릉시험림을 연구지역으로 선정하였다. 본 연구에 사용된 영상자료는 Landsat-7 ETM+ 다중분광영상으로 적정수의 endmember를 선정하여 혼합화소분해에 적용하기에 적합한 자료라 판단되었다. 영상자료의 획득은 모든 수종이 연중 최대의 생육 시

점이라 할 수 있는 2000년 9월 4일에 촬영된 영상으로서, 침엽수 및 활엽수 모두 잎이 무성한 시점의 영상을 사용하였다. 열적외선 밴드를 제외한 6개 분광밴드의 영상만을 이용하여 분광혼합분석을 시행하였다. 위성영상의 전처리 및 분광혼합분석 결과를 비교 검증하기 위하여, 항공사진판독에 의하여 제작된 임상도를 참조자료로 사용하였다.

## 2) 위성영상 전처리

영상의 기하학적 왜곡을 보정하고 지도 좌표에 등록하기 위하여 영상과 지도에서 확인할 수 있는 지상기준점을 선정하였다. ETM+ 영상을 연구지역이 충분히 포함되도록 크게 자른 다음 1:5,000 수치지형도와 비교하여 14곳의 지상기준점을 선정하여 기하보정을 실시한 결과, 상대적 위치정확도는 평균제곱근오차(RMSE)가 0.27로 나타났다. 기하보정 후 영상에 나타나는 대기의 영향과 지형기복에 따른 복사왜곡 현상을 감소하기 위한 복사보정이 시행되었다. ETM+ 영상과 같은 다중분광영상에서 대기에 의한 영향을 정확하게 보정하기 위해서는 촬영시점의 대기자료가 충분히 구비되어야 하나, 현실적으로 이러한 자료를 얻기 어려우므로 절대적 대기보정을 시행하기에 어려움이 많다. 본 연구에서는 Chavez(1996)에 의하여 제안된 실험적 방법을 적용하였는데, 이 방법은 영상에서 물과 같이 최소의 반사량을 갖는 물체의 신호값을 대기영향의 일부분이라 가정하고, 이를 이용하여 실험적인 방법으로 대기투과율을 구하여 적용하

는 방법이다. 이 방법은 영상이 촬영된 시점의 대기자료나 복잡한 대기전달모델을 쓰지 않고 영상만을 이용하여 대기효과를 보정하는 방법이지만 절대적 대기보정 방법에 의한 결과와 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다.

태양의 위치와 사면의 방위 및 경사에 의하여 나타나는 지형효과를 감쇄하기 위한 복사보정은 이미 우리나라 산림지역에 적용하여 나름대로 효율성이 입증된 Minnaert 보정방법을 이용하였다 (Lee and Yoon, 1997). Minnaert 보정 방법을 수행하기 위해서는 모든 화소의 위치마다 태양각과 경사면의 방위와 경사를 이용하여 국소입사각을 구해야 되는 데, 이를 위하여 영상자료와 동일한 좌표에 등록된 수치지도자료(DEM)를 이용하였다. 지형효과 보정에 사용된 DEM자료는 1:5,000축척 수치지형도에서 추출된 등고선과 표고점을 이용하여 연구에 사용된 ETM+ 영상의 화소 크기와 같은 28.5m의 격자간격으로 제작되었다. 지형기복에 의한 복사왜곡 정도가 파장밴드별로 다르게 나타나므로 이를 보정하기 위하여 실험적인 방법으로 밴드별 Minnaert 상수를 구하여 적용하였다 (Fig. 1). Minnaert 상수는 밴드에 따라 0.17에서 0.55까지 다양하게 나타나고 있다.

## 3) 선형혼합모델에 의한 혼합화소 분해

본 연구의 주요 분석대상이 산림이므로 연구지역에 포함되는 주요 도시 및 농지지역은 제외하고, 분광혼합분석을 시행하였다. 기하보정과 복사보정 처리를 거쳐 반사율(%)로 변환된 ETM+ 자료의 각 화소를 endmember의 점유비율에 따라 분해하기 위한 분광혼합분석 과정은 Fig. 2과 같다. 앞 장에서 언급되었듯이 분광혼합분석을 위해서는 먼저 endmember가 선정되어야 하는 데, 본 연구에서는 각 화소의 밴드간 분광반사값의 산포도를 이용하여 분석자가 직접 선정하는 방법을 사용하였다. 이 방법에서는 6개 밴드의 산포도를 육안으로 분석하기 위해서는 많은 산포도를 일일이 판독해야 하는 현 어려움이 있으므로 먼저 6개 밴드를 압축하여 2-3개의 밴드로 변환하고자 했다.

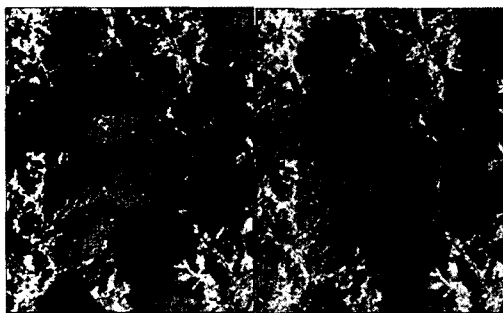


Fig. 1. Before and after images of Minnaert radiometric correction of topographic effects.

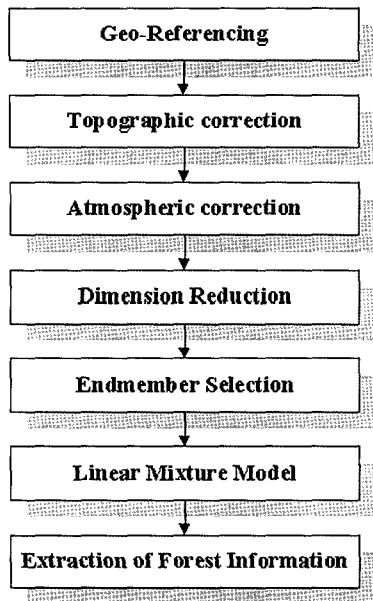


Fig. 2. ETM+ data processing scheme for the spectral mixture analysis.

다중밴드영상의 압축방법 중 하나인 주성분분석(PCA)을 적용한 결과 처음 3개의 주성분이 ETM+ 자료의 99%에 해당하는 변이량을 설명하고 있다. 따라서 영상압축 효과와 함께 정보의 손실이 거의 없다고 판단되는 3개의 주성분으로 산포도를 그린 후 이를 판독하여 endmember를 선정하였다(Fig. 3). 세 개의 주성분 간의 이차원 산포도마다 나타나는 끝 부분에 해당하는 지점에 위치한 화소들을 선정한 결과 1차적으로 13개의 endmember가 구성되었다. 이 13개의 endmember

에 해당하는 화소값을 추출하여 밴드별 분광반사값을 비교하고 더 나아가 참조자료를 이용하여 각 지점을 판독한 후 혼합화소가 아니라고 판단되는 곳을 제외한 나머지 6개 지점을 최종 endmember로 확정하였다. 6개의 endmember는 활엽수, 침엽수, 토양, 빌딩/구조물, 그림자, 논/초지로 판정되었다. 최종 확정된 6개 endmember에 해당하는 밴드별 분광반사값을 영상에서 추출한 후 이를 식(1)의 선형혼합모델에 적용함으로써 각각의 화소가 6개의 endmember의 점유비율로 분해되었다.

#### 4. 결과 및 고찰

선형혼합모델을 통한 혼합화소 분해 결과 각 화소에서 6개의 endmember 점유비율을 나타내는 6개의 영상과 오차를 나타내는 영상이 얻어졌다. Fig. 4은 활엽수, 침엽수, 토양, 구조물/빌딩, 그림자, 논/초지의 점유비율을 나타내는 영상이며, 밝게 나타나는 곳이 그 endmember의 점유 비율이 높은 곳이다. 이미 도시와 농지의 대부분은 분석에서 제외되었기 때문에 빌딩과 논/초지의 점유비율을 상대적으로 미세한 값을 갖고 있는 것으로 나타났다. 선형혼합모델에서 각 화소에서 endmember 점유비율의 합은 1이므로, 6개 점유비율 영상은 서로 배타적이라 할 수 있다. 즉, 특정 endmember의 점유비가 높으면 다른 endmember의 점유비율은 상대적으로 낮은 값으로 나타난다.

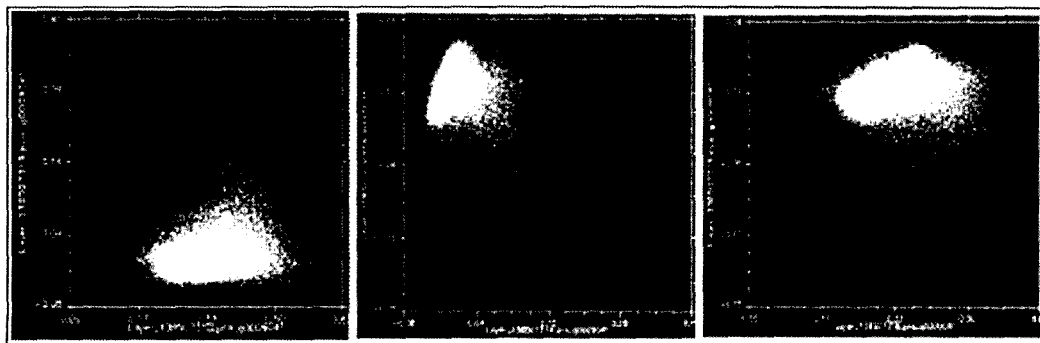


Fig. 3. Scatter plots of three principal components. Initial candidates of endmember were selected at extreme ends of each plot.

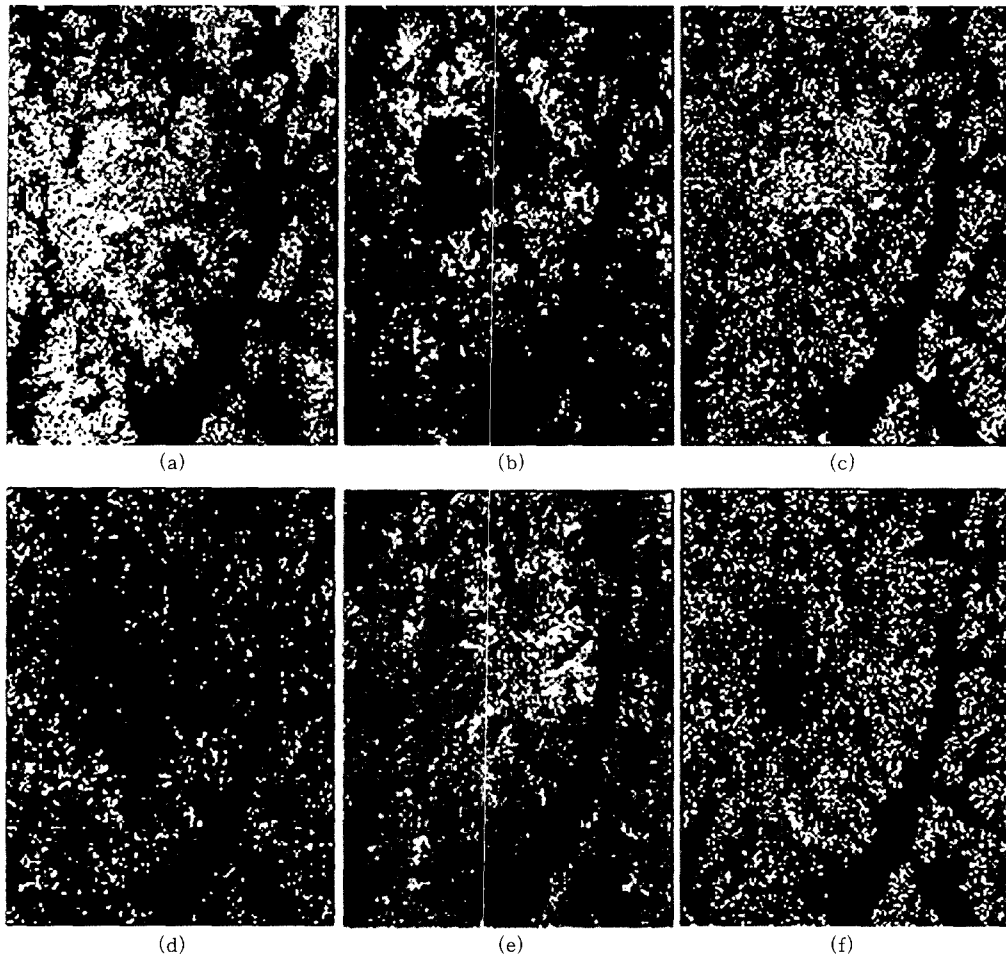


Fig. 4. Fraction of each endmember at each pixel location obtained from the linear mixture model: (a) deciduous, (b) coniferous, (c) soil, (d) built-up, (e) shadow, and (f) rice/grass.

선형혼합모델 적용 결과 6개 endmember의 점유비율만 얻는 게 아니라 최소자승법 풀이과정에서 나타나는 오차가 함께 얻어진다. 즉 각 화소마다 endmember의 점유비율 합이 정확하게 1이 되지 않는 경우가 있으며, 1에서 6개 endmember의 점유비율 합을 제외한 값이 오차로 계산된다. 본 연구에서 추출된 각 화소별 오차를 분석한 결과 최대 0.035, 평균 0.015로 나타났으며, 이는 모든 화소에서 오차가 최대 3.5% 이하가 되므로 각 endmember의 점유비율이 비교적 정확하게 추정되었음을 알 수 있다.

분광혼합분석을 통하여 얻어진 6개 endmember

의 점유비율을 적절히 이용한다면 일정면적으로 구획되었던 기존의 산림피복 분류와 다른 화소 단위의 보다 세부적인 산림피복 정보를 얻을 수 있다. 가령, 임상분류를 위하여 항공사진을 판독할 때 침엽수림은 침엽수가 75%이상 분포하는 임분을 구획하게 된다. 이때 최소구획 단위(minimum mapping unit)가 1ha 이상의 면적인 경우 실질적으로 이 보다 작은 임상구분은 어려운 실정이다. 그러나 침엽수와 활엽수의 endmember의 점유비율을 이용하여 임상을 분류할 경우, 화소 단위의 비교적 정확한 임상분류가 가능하게 된다. 임상도에 나타나는 임분 구획 단위는 평균적으로 수 십

Table 1. Mean endmember fraction (%) within sample stands extracted from the forest map.

endmember	Natural Coniferous	Natural Deciduous	Natural Mixed	Plantation Pine	Plantation Larch
Coniferous	31	64	11	42	12
Deciduous	20	1	46	16	34
Shadow	29	16	17	19	33
Built-up	-	1	2	2	-
Soil	15	14	14	11	12
Rice/grass	5	4	10	12	9

ha에 이르지만, 본 연구에서 얻어진 혼합화소 분해 결과를 이용한다면 보다 작은 면적으로 임분을 구획할 수 있게 된다.

본 연구에서 얻어진 6개 endmember 점유비율 자료를 연구지역의 임상도와 비교하였다. 임상도, 항공사진, 위성영상을 이용하여 임분 경계가 비교적 정확하게 표시되었다고 판단된 소수의 임분을 선정하였다. 각 표본임분 경계에 포함된 화소들을 추출하여 각 endmember별 점유비율의 평균값을 비교하였다(Table. 1). 활엽수림 임분에서는 활엽수 endmember의 비율이 가장 높게 분포되어 있음을 알 수 있었고, 리기다소나무림과 같은 인공소나무림의 경우 침엽수 endmember의 비율이 당연히 높게 나타나고 있다. 그러나 침엽수림의 경우 그림자와 활엽수 점유비율이 상대적으로 높게 나타나는 경우도 있었다. 이는 천연소나무림은 다른 침엽수림과 달리 다양한 활엽수종과 함께 구성되어 있으며, 수고, 입목직경, 입목밀도 등 다양한 임분구조가 복합적으로 작용한 경우로 생각된다. 또한 낙엽송(larch) 임분에서도 침엽수보다 활엽수 endmember의 비율이 다소 높게 나타나는데, 이는 낙엽송의 분광반사특성이 다른 침엽수종과 달리 오히려 활엽수와 비슷하기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 또한 침엽수림에서는 그늘 endmember의 점유비율이 비교적 높게 나타나고 있는 데, 이는 침엽수종의 원추형 수관구조에 따라서 발생하는 그늘에 의한 영향이 침엽수림에 해당하는 화소값에 많은 영향을 미치고 있음을 보여준다.

항공사진판독에 의하여 구획된 임상도와 비교하기 위한 다른 접근으로 분광혼합분석에서 얻어

진 침엽수와 활엽수 endmember의 점유비율이 60%이상인 화소들을 추출하였다. Fig. 5는 임상도에 나타난 활엽수림과 침엽수림(a, c)을 분광혼합분석 결과 각 endmember의 점유비율이 60% 이상인 화소만을 추출한 영상(b, d)를 비교하여 보여준다. 활엽수림은 활엽수 점유비율이 60% 이상인 화소들과 유사한 분포패턴을 보여주고 있다. 임상도의 구획단위가 10ha 이상으로 되어 있으나, 분광혼합분석은 화소 단위이므로 불일치 부분은 활엽수림에 존재하는 침엽수 또는 혼효림에 해당한다고 볼 수 있다. 침엽수림은 활엽수림과 달리 두 영상간의 일치정도가 비교적 낮게 나타나고 있다. 이는 앞에서 언급하였듯이 낙엽송림이나 소나무림처럼 낙엽송 고유의 분광반사특성이나 소나무림의 구조적 특성에 따라 그림자와 활엽수 endmember의 점유비율이 상대적으로 높기 때문에 침엽수 점유비율이 60%이 미치지 못하기 때문으로 생각된다. 특히 그림자 endmember의 점유비율을 침엽수림과 활엽수림으로 나누어 비교한 결과, 침엽수림지역에서 그림자의 효과가 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 얻어진 분광혼합분석 결과 중 토양 endmember의 점유비율과 침활엽수의 점유비율을 적절히 이용한다면 산림의 피복도 또는 수관 율폐도(canopy closure)를 얻을 수 있다. 즉, 침엽수와 활엽수 endmember의 점유비율을 합한 것과 토양 endmember의 점유비율을 구분하여 비교하면 수관율폐도를 나타내는 결과를 얻을 수 있다. 이 방법은 상대적으로 식물의 피복율이 중요한 변수인 건조지역의 식생분석에서 많이 적용되는 기법

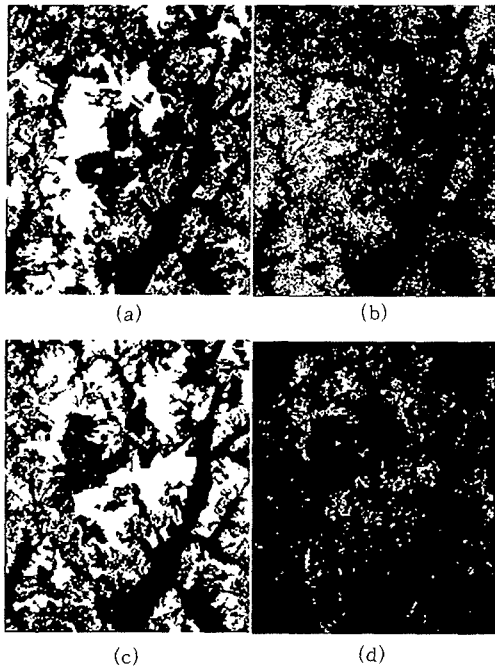


Fig. 5. Comparison between the forest stand map of deciduous(a) and coniferous stands (c) and the derived-map of the corresponding endmember fraction over 60% (b, d).

이다. 본 연구에 적용된 광릉시험림은 수관율폐도가 매우 높기 때문에 토양 endmember 점유비율이 상대적으로 낮게 나타난다. 따라서 수관율폐도를 구분하기에 적합하지 않지만, 산불 및 산림병충해 발생지역이나 최근 조림지역에서 임목의 발육상태를 보다 세부적인 공간적 규모에서 관찰하기에 적합한 방법으로 사용될 수 있다.

## 5. 결 론

광학영상을 구성하는 각 화소는 순수한 단일 지표물의 반사에너지를 대표하기 보다는 해상공간 내에 분포하는 두 개 이상의 지표물의 반사에너지가 혼합된 결과라 할 수 있다. 이와 같은 가정은 다양한 수종, 지표물 이루는 하층식생, 토양, 낙엽 등 여러 물체가 혼합되어 있는 산림지역에 적합한 경우라 할 수 있다. 본 연구에서는 산림지

역의 다중분광위성영상을 이용하여 분광혼합분석을 적용하여 얻어진 결과를 해석하여 산림피복 관련 정보의 특성을 분석하였다. 경기도 광릉지역의 산림청 시험림 지역의 ETM+ 영상에서 6개의 endmember를 선정하였고, 선형혼합모델에 의한 혼합화소 분해를 시행한 결과 각 endmember의 점유비율을 나타내는 영상을 도출하였다. 각 endmember의 점유비율을 여러 가지 경우에 따라 조합함으로써 기존의 임상분류보다 공간적으로 세분된 임상분류가 가능하였다. 또한 토양 endmember의 점유비율을 함께 이용할 때 수관율폐도와 같은 새로운 산림피복정보의 추출이 가능하다고 판단된다.

분광혼합분석법은 광학위성영상의 내재적 특성을 감안한 새로운 분석법으로 대두되고 있지만, endmember의 선정과정, 분해모델의 선형 여부 등 보다 많은 연구가 필요한 상태이다. 본 연구에 적용된 6개의 endmember를 보다 세분화하여 연구지역에 분포하는 다양한 수종별 endmember에 따라 분광반사값이 일어난다면 단순한 임상구분보다 수종별 혼합상태를 나타내는 새로운 종류의 정보 획득이 가능할 것이다. 또한 보다 많은 endmember를 적용하기 위해서는 단순한 선형혼합모델에서 벗어나 비선형 혼합모델을 적용도 검토되어야 할 것이다. 분광혼합분석은 향후 공급이 확대될 초분광영상에 보다 적합한 분석방법으로서, 기존의 영상처리방법에서 얻을 수 없었던 다양하고 세부적인 산림정보의 추출이 기대된다.

## 참고문헌

- Chavez, P. S., Jr., 1996. Image-based atmospheric corrections- revisited and revised, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9): 1025-1036.
- Green, A. A., M. Berman, P. Switzer, and M. D. Craig, 1988. A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality



- with implications for noise removal. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 26(1): 65-74.
- Hugeuenin, R. L, M. A. Karaska, D. Van Blaricom, and J. R. Jensen, 1997. Subpixel classification of bald cypress and tupelo gum trees in thematic mapper imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(6): 717-725.
- Kazuo O., H. Oguma, and M. Sugita, 2002. Subpixel Classification of Alder Trees Using Multitemporal Landsat Thematic Mapper Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 77-82.
- Keshava, N. and J. F. Mustard, 2002. Spectral unmixing, *IEEE Signal Processing Magazine*, 19(1): 44-57.
- Lee, K. S. and J. S. Yoon, 1997. Radiometric Correction of Terrain Effects for SPOT and Landsat TM Imagery in Mountainous Forest Area, *Korean Journal of Remote Sensing*, 13(3): 277-292.
- Roberts, D. A., M. O. Smith, and J. B. Adams. 1993. Green vegetation, nonphotosynthetic vegetation, and soils in AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*. 44: 255-269.
- Smith, M. O., J. B. Adams, and D. E. Sabol, 1994. Spectral mixture analysis - new strategies for the analysis of multispectral data. In *Imaging Spectrometry - a Tool for Environmental Observations* (J. Hill and J. Megier, Eds), Bussels, pp. 125-143.
- Verhoeve, J. and R. De Wulf, 2002. Land cover Mapping at sub-pixel scales using Linear Optimization techniques, *Remote Sensing of Environment*, 79: 96-104.