

Landsat-7 ETM+영상을 이용한 산림지역의 혼합화소분석

Spectral Mixture Analysis in forest using Landsat-7 ETM+

이 지 민, 이 규 성

Jee-min Lee, Kyu-sung Lee

인하대학교 지리정보공학과 원격탐사연구실

Tel) 32-860-8805

요 지

중저해상도 광학영상의 순간시야각(instantaneous field of view -IFOV)에 포함되는 공간에는 반사특성이 상이한 두 개 이상의 지표물이 존재하는 경우가 대부분이다. 영상분류와 같은 기존의 영상처리기법에서는 하나의 화소가 단일의 지표물을 대표한다는 가정에서 접근하였으나, 최근 화소의 혼합정도를 세분하는 분광혼합분석(spectral mixture analysis)기법이 개발되고 있다. 분광혼합분석법을 이용하여 혼합된 화소에 포함된 지표물을 분해(unmixing)하고 그 효과를 분석하고자 하여 경기도 광릉국립수목원의 시험림 지역을 대상으로 Landsat-7 ETM+영상을 이용하여 선형혼합 모델을 적용하였고, 그 결과 각각의 화소를 6개의 End-member의 혼합비로 구분하였다. Endmember의 비율을 나타낸 영상을 분석하여 점유비율에 따른 활엽수와 침엽수의 구분을 할 수 있었고, 각 임상별의 특징도 얻을 수 있었다. 특히 침엽수의 경우 그림자의 효과가 높다는 특성도 파악 할 수 있었다. 분광혼합분석법은 기존의 전통 분류방법과는 달리 다양한 산림의 정보를 추출해 낼 수 있다.

1. 서 론

원격탐사에서 쓰이고 있는 인공위성의 영상들은 일정한 면적을 갖는 화소로 구성된다. 각 화소에 해당하는 면적은 센서의 순간시야각(IFOV)에 따라 결정되며, 따라서 영상의 화소값(digital number value)는 해상공간에 포함된 다양한 지표물들의 반사에너지가 혼합된 결과이다. 이와 같이 두 개 이상의 상이한 지표물이 혼재된 화소를 혼합화소

(mixed pixel - Mixel)이라 한다. 위성영상 자료를 분류하는 기존의 방식은 이러한 혼합화소를 하나의 물체를 대표한다는 전제를 바탕으로 하고 있다. 즉, 건물과 가로수가 혼합된 화소는 건물이 차지하고 있는 비율이 더 크면 건물이라는 특징으로만 단정된다. 이러한 혼합화소를 분해하는 방법을 분광혼합분석(spectral unmixing)이라 한다. 혼합화소에 포함되어 있는 물체들은 각각 고유한 분광특성을 가지는 사실을 전제로 혼합 화소

를 분해하는 것이다. Robert et al.(1997)은 TM영상에서 삼나무(Bald Cypress)와 니사검나무(Tupelo Gum tree)를 혼합화소분류를 이용하여 구분하였다. Williamet al.(2001)은 기존의 분류방법과 비교하여 분광혼합분석법에 적용하였을 때 높은 정확도를 얻었다.

본 연구의 목적은 산림지역을 대상으로 분광혼합분석법을 적용하여 Landsat-7 ETM+영상을 처리하여, 그 결과 얻어지는 각각의 Endmember 점유비에 대한 해석을 통하여 여러 형태의 산림특성정보를 분석하고자 하였다.

2. 분광혼합분석

분광혼합화소분석은 영상자료의 혼합 화소안의 구성요소와 그 비율을 추정하는 것이다. 선형혼합모델(linear mixing model)은 분광혼합화소분석에서 가장 일반적인 방법이며 그 주요식과 선형혼합 모델에서 정의되는 3가지 전제는 다음과 같다. 아래의 식은 분광혼합화소분석의 주요식이다(Yi-Hsung, 2000).

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

단, $i = 1 \dots m$ (영상의 밴드의 수)

$j = 1 \dots n$ (Endmember의 수)

P_i = 분광밴드의 화소의 분광반사값

R_{ij} = j 번째 구성요소의 분광반사값

F_j = 화소안에서 j 번째 구성요소의 비율

E_i = j 번째 밴드의 error

$$\sum_{j=1}^n F_j = F_1 + F_2 + \dots + F_n = 1$$

$$\text{and } F_j \geq 0 \text{ for } j = 1 \dots n$$

즉 주어진 밴드에서 관측된 P_i 는 각 End-member의 비율(F_j)에 따른 분광반사값의 합과 알 수 없는 오차(E_i)를 포함한다. 또 이용한 모든 Endmember의 비율의 합은 1이다.

선형혼합모델에서 정의되는 3가지 전제 조건 중 첫 번째는 Endmember의 정의다. 하나의 영상은 특정 수의 순수한 물체들로 구성되어 있다고 가정한다. 물이나 토양, 단일식생형 등의 순수한 물체를 Endmember라 하고, 선형혼합모델을 이용할 때 이러한 Endmember의 반사값이 기준이 된다. 이 Endmember는 여러 방법으로 획득되어진다. 획득되어지는 방법에 따라 Endmember가 다양하게 변할 수 있고 그 기준이 변함에 따라 선형혼합모델로 인한 결과값에 많은 영향을 준다. 즉, Endmember의 선정은 분광혼합화소분석을 하는 과정 중 가장 중요한 과정이라고 할 수 있다. 두 번째 전제는 선형(linear)형식을 취한다는 것이다. 이것은 지표면의 물체들에 입사되는 에너지와 지표면의 각각의 물체들의 반사되는 에너지가 일정한 선형의 관계를 가지고 있다는 원리이다. 즉, 2개의 물체로 이루어진 한 화소안에 1이라는 에너지가 입사된 경우 a물체의 비율이 40%이고 b물체의 비율이 60%일 때, 반사되는 에너지는 a와 b의 점유비율과 각각의 반사율에 따라 결정된다. 세 번째는 선형혼합모델의 결과에 대한 지식이 필요하다. 선형혼합모델의 결과는 하나의 화소가 각 Endmember의 비율로 표현된다. 즉 하나의 화소에서 임의의 Endmember의 점유 비율이 0.5이었을 경우, 하나의 화소

크기에 해당하는 일정면적에서 임의의 Endmember는 비율만큼 즉, 50%의 비율로 섞여져 있다는 것을 풀어낸 것이다. 또, 하나의 Endmember 영상은 각 Endmember의 점유하는 비율을 나타내는 결과영상이며 모든 Endmember들의 합은 1이 된다.

분광혼합화소분석을 하기 위해서는 Endmember가 먼저 선정되어야 하는데 Endmember의 선정방법은 여러 가지가 있다. 첫 번째는 순수한 물체의 분광반사값을 직접 측정하여 사용하는 것이다. 이 방법은 분해하고자 하는 순수한 물체의 분광값을 현지 측정이나 기존에 측정된 값을 이용하는 것으로 가장 이상적인 방법이라고 할 수 있다. 또는 기존에 취득한 분광값이 저장되어 있는 Spectral Library를 이용하여 분해를 하는 것이다. 두 번째는 Clustering으로 영상에서 같은 물체라고 추정되는 지점을 모아 그 분광의 대표값을 Endmember의 분광값으로 취하는 것이다. 세 번째는 감독자가 영상에서 직접 Endmember를 정하는 것이다. 이 방법은 다중분광밴드에 분포하는 화소값의 분포 범위를 나타내는 산포도(scatter plot) 형식의 그래프를 통하여 선정하는 방식으로 Geometric Endmember 결정법이라고 한다. 가장 순수한 물체의 값은 Spectra의 끝쪽에 위치하게 되므로 그 사이에 있는 값들은 모두 혼합된 것으로 간주한다. 따라서 감독자는 축의 수 즉, 밴드의 수만큼 Endmember를 추출할 수 있다. 그러나 여러 축이 존재할 때 3차원 이상의 축에서 그 끝값을 선정하는 것은 어려움이 있다. 따라서 손쉽게 Endmember를 채택할 수 있는 방법으로 가장 널리 이용되는 것이 축 즉, 영상의 밴드를 압축시키는 것이다. 영상의 밴드를 압축

시키는 것은 차원의 감쇄라고 하며 차원의 감쇄는 기존의 영상의 정보가 집약될 수 있어야 한다. 가장 효과적인 차원감쇄의 방법은 주성분분석(Principal Component Analysis)이다. PCA는 3개의 결과 밴드에서 기존 영상의 약 99%의 정보가 집약되므로 매우 효과적인 차원감쇄의 방법이다. 선형 분광혼합분석의 식을 풀기위해서 보통 사용되는 방법은 최소 제곱근방법(Least Squares Method)이다. 최소제곱근방법을 실행할 때에는 첫째, 모든 Endmember의 비율의 합은 1이라는 제약 조건과 둘째, 비율값이 음수나 1보다 큰 비율값이 나오지 않도록 제약을 준다. 이 두 가지 조건을 만족하는 최소 제곱근방법을 비음성최소제곱근방법 (Non-negativity Least Square Method)이라고 한다. 선형혼합모델을 실행하는 진행과정은 그림 1과 같다.

3. 연구지역 및 연구자료

연구지역은 다양한 종류의 식생이 분포하는 지역으로 경기도 포천군 국립수목원을 채택하였다. 이 곳은 옛부터 보호림으로 지정되어왔기 때문에 생물다양성 및 생태계의 원형을 유지하고 있는 자연 보존림이다. 분광혼합화소분석을 효과적으로 하기위해서는 적당한 수의 Endmember를 선정할 수 있는 밴드의 수를 가진 연구 영상을 채택해야 한다. TM은 열적외선 밴드를 제외하고 6개 band에서 정보를 추출해낼 수 있는 다중분광영상이다. 따라서 가장 널리 사용되고 분광정보가 풍부한 Landsat-7 ETM+영상(2000년 9월 4일에 촬영)이 본 연구에 사용될 영상으로 선정되었다.

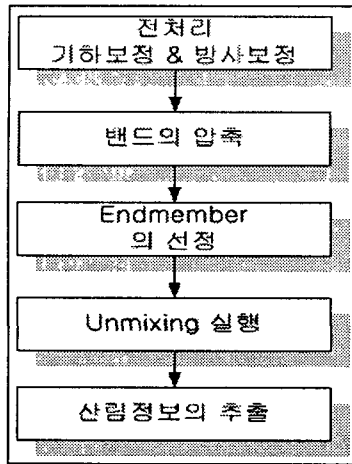


그림 1 선형혼합모델의 과정

4. 연구방법

4.1. 위성영상전처리

영상의 기하학적 왜곡을 보정하고 지도 좌표를 등록하기 위하여 횡메르카토르 투영법에 근거한 평면직각좌표를 이용하였다. ETM+ 영상을 연구지역이 충분히 포함되도록 크게 자른 다음 1:5000 수치지도와 비교하여 14곳의 지상기준점을 선정하여 RMSE가 0.27이 되게 기하보정을 실시하였다. 또한 대기효과와 지형효과에 따라 나타나는 복사 왜곡 현상을 보정하였다. 대기보정은 대기전달모델을 적용하지 않고 물과 같이 반사값이 거의 영에 가까운 물체가 대기의 영향으로 영 이상의 값을 가질 때 그 값이 대기의 영향이라 보고 영상 전체에 이 값을 빼는 영상자체를 기반으로 한 COST model을 이용하였다(Chavez, 1996). 사면의 방향이나 경사에 의하여 나타나는 지형 효과에 대한 복사보정은 물체의 거칠기에 따라 반사 특성을 달리하는 보정방법인 Minnaert 보정을 실시하였다.

4.2. 선형혼합모델의 적용

본 연구에서 Endmember선정은 감독자가 영상에서 직접 Endmember를 선정하는 Geometric Endmember 결정법을 적용하였다. Endmember의 선정을 좀 더 용이하게 하기 위하여 ETM+영상의 6개 밴드를 주성분 분석을 이용하여 변환하였다. 주성분분석으로 변환된 1, 2, 3번 밴드를 가지고 밴드간의 Spectra 분포도를 이용하여 각 분포도에서 끝부분에 위치하는 지점에 해당하는 13개의 1차 Endmember를 선정하였고, 영상에서 그 지점을 판독하여 혼합화소가 아니라고 판단되는 6개 지점에 대하여 Endmember를 확정하였다. 감독자가 추측하는 6개의 Endmember가 나타내는 Spectra는 각각 활엽수림, 침엽수림, 토양, 구조물, 그림자, 논으로 선형혼합 화소분석을 실행하였다.

5. 결과 및 고찰

5.1. 분광혼합화소분석의 결과

선형혼합모델의 결과로 6개의 Endmember 비율을 나타내는 6개의 영상과 1개의 RMSE 영상이 도출되었다. 그림 2는 6개의 Endmember인 활엽수, 침엽수, 토양, 구조물, 그림자, 논의 결과영상으로 밝게 나타나는 곳일수록 점유 비율이 높은 곳이다. RMSE 영상은 6개의 Endmember의 비율의 제곱근 오차를 나타낸 것으로 높은 값은 각 Endmember의 추정값의 정확도가 떨어진다는 것을 의미한다. 하지만 본 연구에서 추출된 RMSE영상은 가장 밝은 곳이 0.035 정도의 값을 가지며 보통 0.015 이하의 값을 가지고 있어 End-

member의 점유 비율이 비교적 정확하게 추정되었음을 알 수 있다.

5.2. 임상도와의 비교를 통한 결과물 분석

선형혼합모델을 실행하여 얻어진 결과 영상에서 산림에 대한 정보는 6개의 End-member의 점유비율을 조합하여 얻을 수 있다. 각 임상별로 추출된 지역은 임상의 보존이 잘 되어 있고, 임분의 경계가 비교적 정확하게 표시된 지점을 택했다. End-member의 비율을 분석하기 위해 우선 각 End-member의 비율이 어느 정도 되는가를 다음과 같이 계산하였다.

$$P_i = \sum_{j=1}^I p_j / j \cdot 100$$

단, P : i Endmember의 비율

j : 화소의 개수

p : 비율값

활엽수림지역에서 이상적으로 활엽수 End-member의 비율이 가장 넓게 분포되어있다. 그러나 침엽수림의 경우에는 임상의 종류에 따라 여러 가지 복합적인 특징을 보였다. 잣나무나 리기다소나무림과 같은 경우 침엽수 Endmember의 비율이 높아 침엽수림의 특징을 잘 나타내고 있었지만 소나무 인공림의 경우 침엽수 Endmember의 비율은 21%로 높은 편이 아니었고 오히려 활엽수 Endmember나 그림자 Endmember의 비율이 30%, 24%로 더 높은 것을 알 수 있다. 낙엽송림은 침엽수종중에서 활엽수 End-member와 그림자Endmember의 비율이 34%와 33%로 가장 높게 나타났다. 활엽수 Endmember의 비율이 높은 이유는 낙엽송이 다른 침엽수종과 달리 활엽수와 유사한 반사값 특성을 가지고 있기 때문이다. 혼효림의 경우 활엽수Endmember의 비율이 50% 가까이 나타나는 특징이 있었다. 이러한 특징

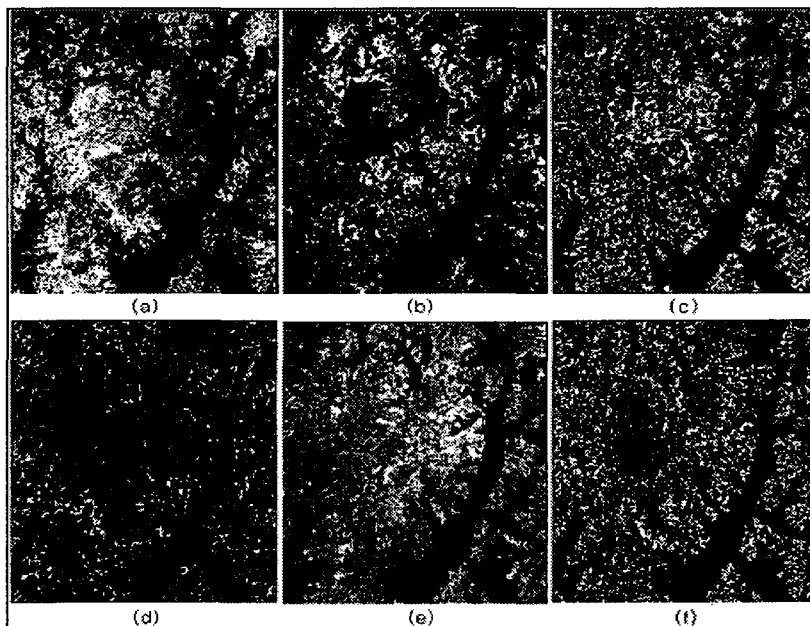


그림 2 선형혼합모델의 결과영상((a)활엽수, (b)침엽수, (c)토양, (d)구조물, (e)그림자, (f)는

은 활엽수림과 비슷하지만 활엽수림보다 높은 침엽수Endmember 비율을 갖고 있다.

5.3. Endmember 점유비에 따른 임상의 구분

활엽수와 침엽수Endmember의 비율에 따라 임상도의 침엽수, 활엽수 지역과 비슷한 정보를 알아낼 수 있는지 비교하였다. 활엽수림의 경우 활엽수Endmember의 비율 값이 0.6 이상인 지점들을 대상으로 임상도와 비교해 보았는데 이 경우 임상도의 활엽수림과 비슷하게 분포하고 있었다. 임상도의 활엽수림 지역과는 다르게 영상에서 활엽수림이 아닌 곳에 활엽수Endmember가 표시된 곳은 혼효림지역이었다. 그러나 침엽수의 경우 침엽수 Endmember의 비율이 0.6 이상이 되어도 임상도의 침엽수림 지역과 비슷한 지역이 도출되지 않았다. 이것은 낙엽송림이나 소나무인공림에서 침엽수Endmember의 비율 값이 높지 않고 그림자와 활엽수 Endmember의 비율이 높은 등의 여러 가지 요인들이 있다. 그 중 그림자의 영향을 그림자Endmember의 비율로 비교해 보았는데 그림자Endmember의 비율이 높은 지역은 임상도의 침엽수림 지역과 거의 일치함을 알 수 있었다. 따라서 침엽수림지역에서 그림자의 효과가 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

6. 결 론

혼합화소를 Endmember의 점유비에 따라 분해하는 분광혼합분석법을 선형혼합모델을 이용하여 산림지역의 다중분광영상을 분석한 결과 기존의 영상분류와는 다른 종류의 산림 정보를 얻을 수 있었다. 광릉시험림의 산림에서 6개의 Endmember에 대한 점유비율을

얻음으로써, 이를 통하여 임상도에 나타나는 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등의 임상의 혼재 정도를 파악할 수 있었다. 분광혼합 분석법은 Endmember의 선정, 혼합모델 적용 등 아직 개발되어야 할 여지가 많은 새로운 해석방법이지만, 대부분 위성영상 자료가 가지고 있는 혼합화소의 특성을 고려한 적절한 분석방법으로 대두되고 있다. 또한 향후 공급이 확대될 극분광영상자료(hyperspectral data)에 이 방법을 적용함으로써, 기존의 영상처리방법에서 얻을 수 없었던 다양하게 세부적인 산림정보의 추출이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- Chavez, P.S., Jr., 1996, "Image based atmospheric corrections-revisited and revised." PE&RS, Vol.62, No.9, pp.1025-1036.
- Robert L. H and J. R. Jensen., 1997, "Subpixel classification of bald cypress and tupelo gum trees in thematic mapper imagery.", PE&RS, Vol.63, No.6 pp.717-725.
- William L. Stefanova.b and Michael S. Ramsey, 2001, "Monitoring urban land cover change.", Remote Sensing of Environment, Vol.77, pp.173-185
- Yi-Hsing and TSENG, 2000, "Spectral Unmixing for the classification of hyperspectral images.", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. X X X III, Part B7. Am.2000