

Landsat-7 ETM+ 센서 분광특성을 이용한 Hyperion 영상의 밴드 조합 - NDVI 적용을 중심으로

Aggregation of Hyperion Spectral Band Using Landsat-7 ETM+ Spectral Characteristic - NDVI Application

김대성¹⁾ · 김용일²⁾ · 유기윤³⁾

Kim, Dae Sung · Kim, Yong Il · Yu, Ki Yun

¹⁾ 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 박사과정(E-mail: mutul94@empal.com)

²⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 부교수(E-mail: yik@snu.ac.kr)

³⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 조교수(E-mail: kiyun@snu.ac.kr)

Abstract

하이퍼스펙트럴 데이터의 효과적인 분석을 위해 밴드 추출(Feature Extraction)이나 밴드 선택(Feature Selection)에 대한 연구가 최근 많이 이루어지고 있다. 본 연구는 상대적으로 많은 밴드를 가지는 하이퍼스펙트럴 영상을 식생지수(Vegetation Index)와 같은 특수한 목적에 적용하기 위해 같은 파장대의 밴드를 조합(Band Aggregation)하여 Landsat ETM+ 영상 밴드와 동일한 영상 생성을 목적으로 한다. 이를 위해 NASA에서 제공하는 밴드별 분광 특성 자료를 이용하여 밴드 조합을 위한 가중치 계산식에 적용하였으며, 밴드 선택을 위한 유효 파장대를 추출해 보았다. 데이터 간 편차를 줄이기 위해 실제 1분 간격으로 촬영된 동일지역의 Hyperion과 ETM+ 영상을 사용하여 알고리즘에 적용하였고, 그 결과를 영상 간 상관계수와 NDVI 영상을 이용하여 비교 분석하였다.

1. 서론

하이퍼스펙트럴 원격탐사(Hyperspectral Remote Sensing)는 많고 좁은 연속된 밴드로 이루어진 데이터의 취득 및 분석과 관련한 분야를 말하며(Freek and Steven, 2001), 취득된 영상 데이터는 높은 분광해상도(High Spectral Resolution)와 영상 간 높은 상관관계를 가진다. 각 물질들이 가지는 분광반사 특성들을 이용한 세밀한 영상 분석을 수행할 수 있는 장점이 있는 반면 높은 상관관계때문에 발생하는 잉여정보는 분석 시간이나 분류에 있어 안정적인 트레이닝 정보 추출시 문제점으로 작용한다. 이런 단점을 보완하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 차원축소(Dimensionality Reduction) 기법을 활용한 연구가 그 중 하

나이다. 차원축소 기법에는 분석에 필요한 정보를 가진 밴드의 추출을 목적으로 하는 밴드 추출(Band Extraction 또는 Feature Extraction) 기법과 데이터 간 중복 영향을 최소화 하여 유효한 밴드를 구성하기 위한 밴드 선택(Band Selection) 기법 등을 들 수 있다 (Anil, 2003).

본 연구에서는 식생지수와 같은 특수한 목적에 적용하기 위해 같은 파장대의 밴드를 조합(Band Aggregation)하여 그 결과를 영상 간 상관 관계를 통해 파악해 보았으며, 영상 간 관계식을 도출해 보았다. 부가적으로 ETM+ 영상과 가장 유사한 특성을 나타내는 파장대의 밴드를 추출하여 NDVI를 정보를 추출해 보았다.

2. 배경 이론

2.1 식생지수(Vegetation Index)

식생지수는 식물의 생물리학적 특성을 나타내는 다양한 인자들을 원격탐사 자료로부터 추출하는 것을 말한다. 단위가 없는 복사값으로서 녹색식물의 상대적 분포량과 활동성, 엽면적지수, 엽록소 함량, 엽량 및 광합성 흡수복사량 등과 관련된 지표로 사용된다 (Jensen, 2005). SR(Simple Ratio), PVI(Perpendicular Vegetation Index), SAVI(Soil Adjusted Vegetation Index) 등 현재까지 약 20여종 이상의 식생지수가 사용되고 있으며, 이 중 정규화식생지수(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)는 가장 잘 알려진 식생지수 중 하나이다. 최근에는 MODIS나 하이퍼스펙트럴 데이터를 이용한 개선된 식생지수들이 개발되고 있다 (Hyete et al, 1994). 식 1은 일반적인 NDVI 관계식이며, 식 2는 하이퍼스펙트럴 영상에 적용가능한 NDVI 식을 나타내고 있다.

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} \quad (1)$$

$$NDVI_{narrowband} = \frac{R_{(860nm)} - red_{(660nm)}}{R_{(860nm)} + red_{(660nm)}} \quad (2)$$

2.2 분광특성(Spectral Characterization)

2.2.1 Full Width Half Maximum

지상의 정보를 기록하는 감지기(Detector)는 각 파장대 별로 다른 감지 능력을 지니며, 하나의 감지기에서도 각 파장에 따라 감지 능력은 모두 다르다. 일반적으로 밴드 폭을 설명할 때 FWHM값을 읽어 표시하는데, FWHM은 최대 반사강도(Maximum Reflectance Response)의 1/2인 지점에서 파장값을 말한다. 아래 그림 1은 정규분포 곡선에서 FWHM을 표시한 것이다. 분포식을 이용하여 FWHM과 분산과의 관계식을 도출할 수 있으며, 그 식은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{FWHM}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot \ln 2}} \quad (3)$$

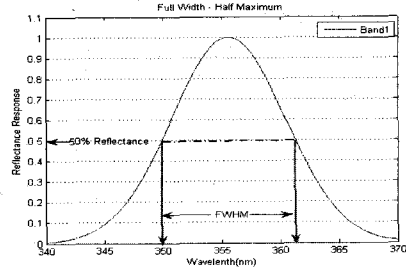


그림 1. FWHM

2.2.2 센서 분광특성

Landsat 7 ETM+ 센서의 분광특성은 그림 2에서 볼 수 있듯 불규칙한 형태의 반사강도를 가진다. 반면에 EO-1 Hyperion 센서의 경우 가우시안 분포에 가까운 분광특성을 지닌다 (그림 3).

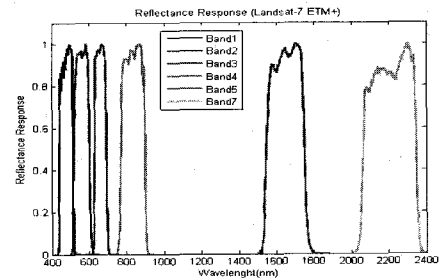


그림 2. ETM+ 센서의 분광 특성

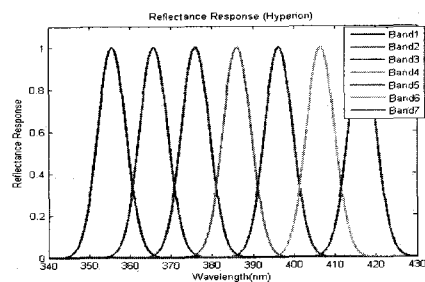


그림 3. Hyperion 센서의 분광 특성

2.3 밴드 조합을 위한 밴드 가중치 계산 및 유효 파장대 추출

Landsat ETM+ 영상 밴드와 동일한 밴드 폭을 가진 영상을 생성하기 위해 NASA에서 제공하는 ETM+ 데이터의 밴드별 분광특성 자료를 이용하여 Hyperion 밴드 조합을 위한 가중치 계산식에 적용하였다. 가중

치 계산식은 식 4와 같으며, 연속적인 데이터(좌측식)와 이산 데이터(우측식)에 모두 적용할 수 있다 (Jarecke, 2001). 또한, 식 4의 가중치 계산값을 이용하여 ETM+ 중심 파장과 동일한 Hyperion 데이터의 유효밴드를 추출할 수 있다. 여기서, R_L 은 각 파장별 ETM+의 반사강도 값을 나타내며, R_H 는 Hyperion 밴드 반사강도는 단위값 "1"을 지정한다. w_H 는 Hyperion 밴드의 FWHM 값을 말하며, λ 는 파장이다.

$$W_H = \int_{\lambda} g(\lambda)f(\lambda)d\lambda \quad (4)$$

$$= \sum_{\lambda} (R_L \times R_H \times w_H)$$

$$\lambda_{eff} = \frac{\int_{\lambda} \lambda f(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda} f(\lambda)d\lambda} = \frac{\sum_{\lambda} (\lambda \times W_H)}{\sum_{\lambda} W_H} \quad (5)$$

3. 데이터 적용

3.1 대상 지역

EO-1 위성은 Landsat-7 위성의 1분 이내의 간격으로 동일 궤도를 돌고 있으며, 탑재된 센서 중 Hyperion은 Pushbroom 방식으로 30m 공간해상도와 약 7.7km 관측 폭, 242개의 채널을 기록할 수 있다. 알고리즘에 적용하기 위해 같은날 1분 간격으로 촬영된 동일 지역 데이터를 사용하였고, 산림지(관악산 부근)와 도심지(안양 지역)를 대상으로 하였다.

대기효과를 보정하기 위해 본 연구에서는 Flat Field 기법을 적용하였다. Flat Field 알고리즘은 알고있는 평평한 반사값을 가지는 물체의 스펙트럼 정보를 이용하여 영상을 정규화 시키는 기법이다 (Goetz, 1985). 사막지역이나 밝은 토양이 영상에서 존재할 경우 사용하기 용이한 기법으로, 본 연구를 위해 관악산 남서부에 위치한 채석장의 스펙트럼 정보를 이용하여 대기보정을 실시하였다. Hyperion 영상을 기준으로 0.5 화

소 이내의 정확도로 기하보정 후 300 Pixels × 250 Pixels로 리샘플링 하였다. 그림 4는 대상지역의 Hyperion 데이터를 컬러 합성하여 나타낸 것이며, ETM+ 데이터는 동일지역이므로 생략하였다.

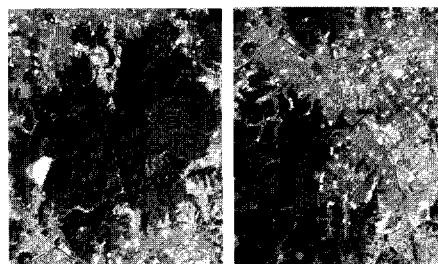


그림 4. 대상지역 Subset (Hyperion, R: 40, G: 30, B: 20)

3.2 밴드 조합 및 유효 파장대 추출

식 4를 이용하여 추출된 Hyperion 영상의 각 밴드 별 가중치는 표 1과 같다. ETM+ 데이터의 열적외선 밴드와 전정색 (Panchromatic) 밴드를 제외한 6개의 밴드에 대해서 같은 파장폭을 가지는 모든 밴드의 가중치를 계산하였으며, 편의상 NDVI 계산을 위한 3번과 4번 밴드의 가중치만 표시하였다.

표 1. 밴드 조합 결과

Band 3			Band 4		
Band No.	WL (nm)	WGT (nm)	Band No.	WL (nm)	WGT (nm)
27	620.2	0.022	39	742.3	0.020
28	630.3	4.758	40	752.4	0.211
29	640.5	9.658	41	762.6	1.204
30	650.7	10.02	42	772.8	6.191
31	660.9	9.956	43	783.0	9.780
32	671.0	10.28	44	793.1	10.22
33	681.2	10.00	45	803.3	10.31
34	691.4	6.037	46	813.5	10.11
35	701.6	0.174	47	823.7	10.93
			48	833.8	10.88
			49	844.0	10.47
			50	854.2	11.04
			51	864.4	11.20
			52	874.5	11.21
			53	884.7	9.871
			54	894.9	9.682
			55	905.1	0.489
합계		60.91			133.8

표 2 밴드간 상관계수(ETM+ & Hyperion 조합)

밴드	도심지	산림지
1	0.97684	0.97688
2	0.9772	0.97872
3	0.97131	0.97537
4	0.94799	0.94198
5	0.92302	0.96717
7	0.92255	0.96101

가중치 적용을 통해 조합된 Hyperion 영상의 신뢰성을 평가하기 위해 ETM+ 데이터의 밴드간 상관계수를 계산하였으며, 전체적으로 높게 나타남을 알 수 있다. 표 2는 밴드 조합으로 생성된 6개의 밴드와 ETM+ 데이터의 밴드간 상관계수를 계산한 것이다.

식 5에 의해 ETM+ 밴드와 유사한 유효 밴드를 부가적으로 추출하였고, Hyperion 밴드와 비교해 보았다. 표 3에서 볼 수 있듯, 식 2에 적용되는 파장(660nm & 860nm)과 비슷한 결과를 나타냄을 알 수 있다. 하지만 이 결과는 계산에 의해 단순히 도출된 파장 정보이므로 그 실효성에 대해서는 좀더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

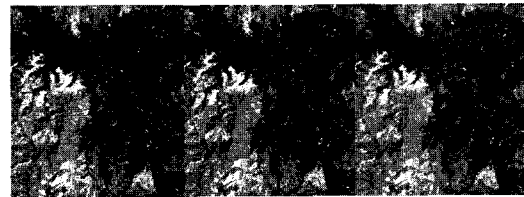
표 3. 추출된 유효 밴드 파장

ETM+ 밴드번호	유효밴드 중심파장	Hyperion 밴드번호
1	478.74	13
2	560.55	21
3	661.75	31
4	835.54	48
5	1650.8	150
7	2206.9	205

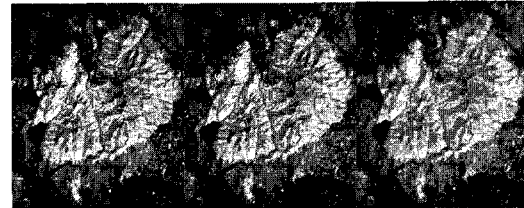
3.3 NDVI 영상 생성

ETM+ 데이터와 분광특성 자료를 이용하여 조합된 Hyperion 데이터, 추출된 유효밴드로 구성된 Hyperion 데이터를 각각 도심지와 산림지로 구분하여 적용한 6개의 경우에 대해 NDVI를 수행하였다. 그림 5는 NDVI가 적용된 각 결과 영상이다. 밝은색일수록 높은 NDVI를 나타내며, 어두울수록 낮은 값을 가진다. 데이터의 NDVI 적용 결

과 영상은 시각적으로 구분할 수 없을만큼 비슷한 양상을 보이는 것을 알 수 있다.



(a) 도심지(안양지역)



(b) 산림지(관악산)

그림 5. NDVI 결과
(좌: Hyperion 추출, 중: Hyperion 조합, 우: ETM+)

NDVI의 범위는 추출된 Hyperion 데이터에 적용한 경우가 가장 넓고, 모든 데이터에 대해 산림지 영상이 높은 NDVI 평균값을 보이며, 여러 물체가 혼합된 도심지보다 산림지의 표준편차가 낮음을 알 수 있다. 표 3은 각 NDVI 결과값의 최대, 최소, 평균, 표준편차를 나타낸 표이다.

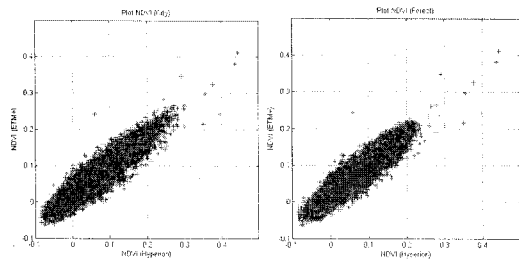
표 4. NDVI 결과

		Min	Max	Mean	Std
ETM+	산림	-0.063	0.412	0.081	0.021
	도심	-0.063	0.412	0.057	0.028
Hyperion (조합)	산림	-0.085	0.444	0.077	0.023
	도심	-0.089	0.444	0.050	0.030
Hyperion (추출)	산림	-0.096	0.453	0.077	0.023
	도심	-0.097	0.453	0.051	0.033

3.4 결과

결과의 유효성을 판단하기 위해 조합된 데이터의 밴드간 상관관계와 NDVI를 통해 계산된 영상간 상관계수를 도출해 보았다. 밴드 4번을 제외한 모든 밴드에서 산림지의 상관계수가 높게 나타났으며, NDVI 영상간 결과에서도 산림지가 도심지보다 높은 상관관계를 가짐을 알 수 있었다. 이는 도심지가 상대적으로 복잡한 지물로 구성되어 있

여 각 화소의 밝기값 변화가 많기 때문에 판단된다. 또한 여러개의 밴드를 조합하여 생성한 Hyperion 영상이 유효밴드 파장에 존재하는 밴드를 추출하여 계산한 NDVI 결과에서는 밴드조합을 통해 생성된 Hyperion 데이터가 ETM+ NDVI 영상에 좀 더 높은 상관관계를 가짐을 확인할 수 있었다. 표 5는 NDVI를 적용하여 도출된 결과 영상을 기준으로 조합된 Hyperion 영상과 추출된 Hyperion 영상을 각각 ETM+ 데이터와 상관계수를 계산한 것이며, 그림 6은 데이터간 양상을 확인하기 위해 2차원 Scatter Plot을 수행한 결과이다.



(a) 도심지 경우 (b) 산림지 경우
그림 6. NDVI Plot(ETM+&Hyperion 조합)

표 5. NDVI 결과 영상간 상관계수

밴드	도심지	산림지
ETM+ vs. Hyperion 조합	0.96345	0.97170
ETM+ vs. Hyperion 추출	0.95891	0.96101

부가적인 연구로서, 데이터간 관계를 알아보기 위해 NDVI 결과를 이용하여 1차 선형회귀식을 계산해 보았으며, 도심지와 산림지 모두 비슷한 선형회귀식을 나타냄을 알 수 있다. 이것은 향후 NDVI 영상 생성 시 누락된 데이터를 대체할 수 있는 역할을 할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 더 많은 데이터에 대해 동일한 기법을 적용하여 센서간 관계(Inter-Sensor Relationship)를 규명하는 연구에 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 식 6과 7은 각각 NDVI 결과를 기준으로 조합된 Hyperion 영상과 ETM+ 데이터와의 선형회귀식이다.

$$ETM^+ = 0.8604 \times Hyperion + 0.0155 \quad (6)$$

$$ETM^+ = 0.8512 \times Hyperion + 0.0142 \quad (7)$$

4. 결 론

본 연구에서는 NDVI와 같은 특수한 목적에 적용하기 위해 NASA에서 제공하는 ETM+ 데이터의 밴드별 분광특성 자료를 통해 Hyperion 밴드 조합을 위한 가중치로 계산하여 ETM+ 데이터와 같은 파장대의 밴드를 조합(Band Aggregation)하였으며, ETM+ 영상과 가장 유사한 특성을 나타내는 파장대의 밴드를 추출하여 NDVI를 계산하였다. 그 결과를 영상 간 상관 관계를 통해 파악하고, 영상 간 관계식을 도출해 보았다. 이를 통해 분류 정확도 및 분석 시간의 문제를 다소 해결할 수 있을 것으로 판단되며, 도출된 영상 간 관계식을 통해 누락된 데이터를 보완 또는 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구를 바탕으로, FLAASH와 같은 발전된 형태의 대기효과 보정기법을 이용하여 좀더 정밀한 NDVI 분석이 이루어져야 할 것이며, 여러 조건의 데이터에 대해서 NDVI를 적용하여 각 데이터간 관계를 파악하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Reference

1. Freek D. Van Der Meer, and Steven M. De Jong, 2001, "Imaging Spectrometry - Basic Principles and Prospective Applications", Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 47-55
2. P. Jarecke, P. Barry, J. Pearlman, and B. Markham, 2001, "Aggregation of Hyperion Hyperspectral Spectral Bands into Landsat-7 ETM+ Spectral Bands", IGARRS 2001, Vol. 1, pp. 2822-2824
3. A. Hyete, C. Justice, and H. Liu, 1994, "Development of Vegetation and Soil Indices for MODIS-EOS", Remote Sensing of Environment, Vol. 49, pp. 224-234

4. Anil Cheryadat, 2003, Limitations of Principal Component Analysis for Dimensionality-Reduction for Classification of Hyperspectral Data, A Thesis of Mississippi State University
5. Goetz, A. F. H., Vane, G., Solomon, J. E., and Rock, B. N., 1985, Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing: Science, Vol. 211, pp. 1147-1153
6. John R. Jensen, 2005, Introductory Digital Image Processing-A Remote Sensin Perspective, Third Edition, Prentice Hall, pp. 457-461
7. http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html