

프랙탈 차원을 이용한 Hyperion 초분광 영상의 자동 노이즈 밴드 제거

Automatic Noise Band Elimination of Hyperion Hyperspectral Image using Fractal Dimension

장안진*, 김용일

An Jin Chang, Yong Il Kim, Ki Yun Yu

서울대학교 공과대학 건설환경공학부

hal0208@snu.ac.kr

요약

초분광 영상은 기존의 다중분광 영상보다 많은 파장대의 영상을 취득하기 때문에 다양한 분야의 연구에 이용되고 있다. 하지만 밴드별로 취득하는 파장대가 짧고 밴드수가 많아, 밴드간의 높은 상관관계 및 노이즈 밴드가 존재한다. 이로 인해 기존에 알려진 분석 기법의 적용결과가 제대로 도출되지 않는다. 따라서 초분광 영상을 이용할 경우, 노이즈가 많이 포함된 밴드를 제거한 후 영상분석을 하는 것이 보다 효율적이다. 본 연구에서는 초분광 영상(Hyperspectral Image)의 전처리 과정 중 노이즈 밴드 제거에 초점을 맞추었으며, 이를 위해 프랙탈 차원을 이용하였다. 프랙탈 차원 측정방법 중 삼각기둥 표면적 기법을 이용하였다. 프랙탈 차원을 측정하고, Continuum Removal 기법을 이용하여 경향을 살펴보았다. 경험적으로 구한 임계값을 통해 상대적으로 정보량이 적은 밴드를 노이즈 밴드로 판단하여 제거하였다. 실험 영상으로는 EO-1 위성에서 취득되는 Hyperion 초분광 영상을 사용하였다. 실험 결과 프랙탈 분석을 통해 Hyperion 초분광 영상의 노이즈 밴드를 자동으로 추출하여 제거할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

초분광 영상은 기존의 전정색 영상 및 다중분광 영상보다 많은 밴드를 통해 넓은 범위의 파장 영역을 관측할 수 있기 때문에 최근 지상의 속성 추출(김선화 등, 2005; Yoon 등, 2007), 변화 탐지(Frank 등, 2003; Nielsen 등, 2005) 등 다양한 분야의 연구에서 이용되고 있다. 초분광 영상의 경우 짧은 밴드폭(10~20 nm)과 많은 수의 밴드로 인해 계산량이 기하급수적으로 늘어나고, 노이즈 밴드와 인접 밴드간의 높은 상관관계로 인해 기존에 알려진

원격 탐사 분석 기법의 적용결과가 제대로 도출 되지 않는다. 따라서 초분광 영상을 이용할 경우 효과적인 밴드 선택과 관련된 전처리 작업이 중요하다.

기존의 연구에서는 분류, 변화탐지 등을 목적으로 하는 초분광 영상의 밴드 추출, 선택 등의 연구가 진행되어 왔다(김대성 등, 2007; 장안진 등 2006; 한동엽 등, 2003, 2006;). 밴드 선택은 크게 영상의 트레이닝 과정을 통해 추출된 샘플의 분리도를 이용하여 필요한 밴드를 추출하는 감독 방법과 영상에 포함된 정보의 양을 측정하여 순위를 부여하는 방식으로 밴드를 추출하는 무감독 방법으로 나뉜다(김대

성 등, 2007). 하지만 감독 밴드 추출의 경우 자동으로 작업을 진행하고 어렵고, 사용자의 개입 여부에 따라 결과가 달라지는 한계점이 존재하고 무감독 밴드 추출의 경우 노이즈 밴드가 유효 밴드로 선택되는 경우가 발생한다. 따라서 유효 밴드 선택이 아닌 노이즈 밴드를 추출하여 제거하는 전처리 과정이 보다 효율적일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자동으로 초분광 영상의 노이즈 밴드를 추출하여 제거하기 위하여 무감독 밴드 추출 방식을 이용하였고, 밴드의 순위를 부여하기 위한 척도로 프랙탈 차원을 계산하였다. 프랙탈 차원은 대상체의 복잡성을 나타내는 변수로서, 대상체의 복잡성이 증가할수록 프랙탈 차원이 증가한다. 노이즈 밴드의 경우 영상 전체 픽셀 값의 분산이 아주 작거나, Strip 노이즈, 무작위 노이즈 등이 존재하기 때문에 프랙탈 차원이 작은 값을 가지고, 정보를 많이 포함한 밴드의 경우 프랙탈 차원이 큰 값을 가진다고 할 수 있다. 각 밴드별로 프랙탈 차원을 통해 대상체의 공간적 복잡성을 측정하여 포함 정보량을 판단하는 척도(Quattrochi 등, 1997)로 가정하여 프랙탈 차원이 작다고 판단되는 밴드를 노이즈 밴드로 분류하고 제거하였다. 영상의 프랙탈 차원을 측정하기 위하여 각 픽셀 값을 높이로 간주한 삼각기둥 표면적 기법을 이용하였다.

영상에서 각 밴드의 특성 및 과장에 따른 반사 특성이 모두 다르기 때문에, 절대적인 기준을 적용하여 노이즈 밴드를 추출하는 것은 타당하지 않다. 따라서 본 연구에서는 각 밴드별 프랙탈 차원 곡선을 Continuum Removal 기법을 통해 정규화하여 분석하였다.

삼각기둥 표면적 기법을 이용하여 계산된 프랙탈 차원-밴드 그래프를 Continuum Removal 기법을 이용하여 정규화하고, 시각적 평가를 통해 경험적으로 얻어진 임계치를 통해 노이즈 밴드를 추출하여 제

거하였다. 마지막으로 제거된 노이즈 밴드를 시각적으로 평가하였다. 위의 연구내용은 그림 1의 연구흐름도로 정리할 수 있다.

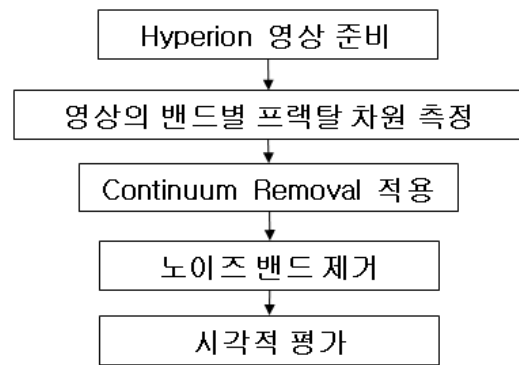


그림 1. 연구흐름도

2. 연구 방법

2.1. 프랙탈 이론 및 프랙탈 차원

일반적인 유클리드 기하학에서는 선은 1차원, 면은 2차원, 입방체는 3차원 등의 정수 차원만을 가지지만, 프랙탈 차원은 일반적인 기하학으로 설명할 수 없는 물성의 복잡성을 대표하는 변수이다. 대상체의 복잡성이 증가할수록 프랙탈 차원이 증가한다. 즉 프랙탈 기하학에서는 선의 경우 1과 2사이의 값으로 나타나고, 면은 2와 3사이의 차원을 가진다. 이러한 프랙탈 차원을 영상의 밴드에 적용하여 해당 밴드의 프랙탈 차원을 결정할 수 있다. 프랙탈 차원 측정에 주로 사용되는 방법에는 박스계수법(Box Counting Method), 배리오그램 분석법(Variogram Method), 삼각기둥 계산법(Triangular Prism Method), Isarithm 기법 등이 있다.

본 연구에서는 밴드(면)의 프랙탈 차원을 계산하기 위해 개발된 삼각기둥 계산법(Jaggi et al., 1993)을 사용하였다. 삼각기둥 계산법은 영상의 화소값을 높이로 한 사각형의 각 꼭지점과 4개의 꼭지점의 평균값을 계산하여 중심점으로 정한다. 4개

의 꼭지점과 중심점으로 구성되는 4개의 삼각형의 넓이를 모두 더하여 영상 전체에 대해 면적을 계산한다. 이때 삼각형의 크기를 다르게 하면서 밴드별로 삼각형 면적의 합을 구하게 된다. 면적의 합은 4개의 꼭지점의 화소값 분포에 따라 달라지는데, 화소값의 차이가 클수록 넓이의 합이 커진다.

삼각형의 크기를 다르게 하면서 생성된 삼각형 면적의 합을 영상 전체에 대해 계산한다. 삼각형의 크기와 삼각형 면적에 합에 로그함수를 취한 후 회귀분석을 이용하여 기울기를 구한다. 여기서 계산된 기울기를 정수 2에서 뺀 값이 프랙탈 차원이 된다.

2.2. Continuum Removal

Continuum Removal 기법은 주로 스펙트럼 곡선(Spectral Curve) 분석에 이용된다. 특정 스펙트럼 곡선에 국소 최대값을 갖는 극대점을 이용한 외삽법으로 몇 개의 직선을 구할 수 있다. 이 직선들을 기준으로 각 파장의 반사값의 비율을 통해 각 파장의 반사값을 정규화된 값을 얻을 수 있다. 그 식은 다음과 같다.

$$D = \frac{R_b}{R_c}$$

여기서 D는 Continuum Removal Value,

R_b 는 스펙트럼 곡선, R_c 는 외삽 곡선을 나타낸다.

3. 알고리즘 적용

3.1. 사용 데이터

본 연구에서는 2000년 11월 발사된 EO-1 위상에서 취득된 초분광 영상을 사용하였고, 공간해상도 30m, 242개의 밴드로 구성되어 있다. 사용된 영상은 그림 1과 같이 총 3개의 영상이며, 각각 (a) 2002년 12월 17일, (b) 2003년 12월 20일, (c) 2002년 9월 3일에 촬영되었다. 실험에서는 나사(NASA)에서 기본적으로 제공하는 정보를 통해 보정되지 않은 밴드를 제거한 198개의 밴드를 추출하여 알고리즘을 적용하였다.

3.2. 프랙탈 차원 측정

픽셀값을 높이로 간주하여 각 밴드에 삼각기둥 계산법을 적용하였다. 각 영상의 밴드별 프랙탈 차원을 계산하였고, 그 결과는 그림 2와 같다.

3.3. Continuum Removal 적용 결과

밴드/프랙탈 차원으로 나타낸 곡선을 Continuum Removal 기법을 적용하여 정규화 한다. 그 결과는 그림 3과 같다.

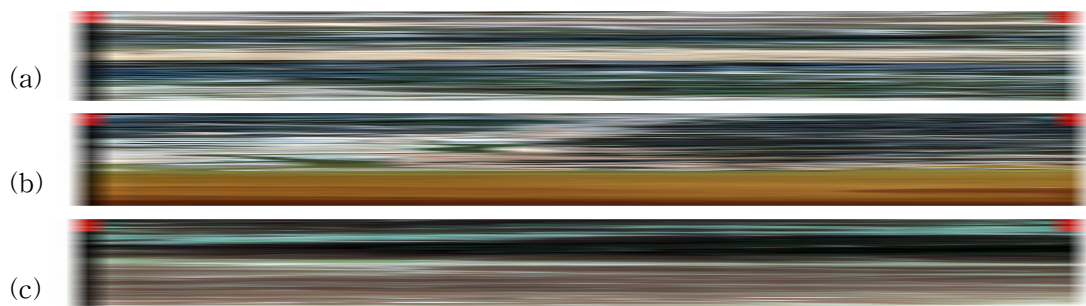


그림 2. 사용 영상

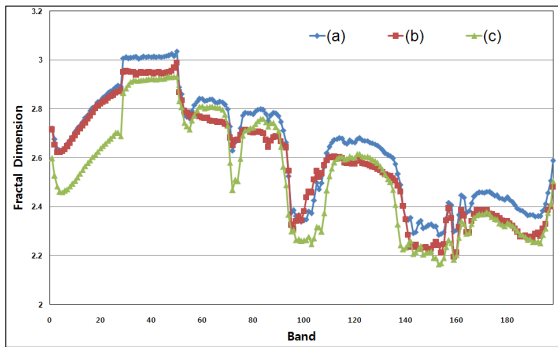


그림 3. Fractal Dimension-Band 그래프

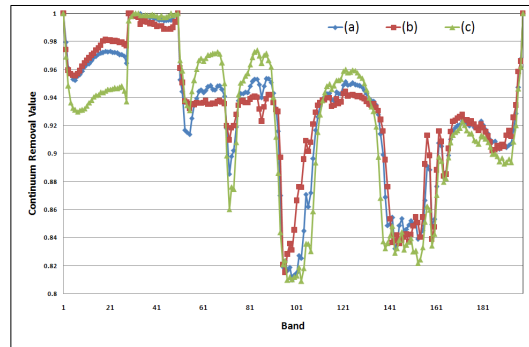


그림 4. Continuum Removal Value

표 1. 노이즈 밴드 추출 결과

| | 노이즈 밴드 수 | 노이즈 밴드 번호 |
|-----------|----------|--|
| (a) | 44 | 89, 99, 120~134, 164~187, 190~192 |
| (b) | 35 | 120~130, 165~182, 184~187, 190, 191 |
| (c) | 62 | 97~100, 119, 120~135, 162~192, 211~219 |
| 공통 노이즈 밴드 | 35 | 120~130, 165~182, 184~187, 190, 191 |

3.4. 노이즈 밴드 제거

Continuum Removal 기법을 통해 정규화된 프랙탈 차원에 임계값을 적용하여 노이즈 밴드를 제거한다. 임계값을 경험적으로 취득하였으며, 0.9 이하의 값을 갖는 밴드를 노이즈 밴드로 추출하였다. 각 영상별 추출 결과는 표 1과 같다.

4. 결과

그림 2 에서 확인해 볼 수 있듯이 실험에 사용된 3가지 영상의 각 밴드별 프랙탈 차원은 비슷한 경향을 나타낸다. 이는 각 밴드별로 측정하는 파장대가 동일하고, 동일한 센서에서 측정되기 때문에, 각 밴드가 영상이 취득된 시간 및 장소에 관계없이 동일한 경향의 프랙탈 차원을 가지고 있는 것으로 판단된다. 하지만 절대적인 프랙탈 차원을 고려할 경우 각 밴드별 특성이 반영되지 않기 때문에 정상적인 밴드가 노이즈 밴드로 분류될 수 있다. 따라서 Continuum Removal 기법을 프랙탈 차

원-밴드 곡선에 적용하여 프랙탈 차원 곡선을 정규화 하였다. 그림 3에서 나타나는 낮은 값들은 주로 주변 밴드에 비해 낮은 프랙탈 차원을 가진 밴드인 것을 확인할 수 있다. 시각적인 평가를 통해 낮은 프랙탈 차원을 가진 밴드부터 살펴본 후 노이즈 밴드로 간주 할 수 있는 임계값을 설정하였다. 그 결과 Continuum Removal Value 가 0.9 이하인 밴드를 노이즈 밴드로 분류하여 제거할 수 있었다.

3개의 영상에서 각각 44, 35, 61개의 노이즈 밴드가 제거 되었고, (b) 영상에서 노이즈 밴드로 선택된 35 밴드가 3개 영상 모두에서 노이즈 밴드로 선택되었다. 노이즈 밴드로 분류된 밴드를 시각적으로 평가한 결과 영상의 화소 값의 분산이 작거나, Strip 잡음이 존재하였다. NASA(NASA)에서 기본적으로 제공하는 보정되지 않은 밴드 이외에, 30개 이상의 노이즈 밴드를 제거할 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 초분광 영상의 전처리 과정 중 노이즈 밴드 제거에 초점을 맞추어 진행되었다. EO-1 위성에서 취득되는 Hyperion 영상을 사용하였다. 노이즈 밴드 선택을 위해 프랙탈 차원을 이용하였고, Continuum Removal 기법을 통해 프랙탈 차원 경향을 분석하였다. 분석 결과 Continuum Removal Value 가 0.9 이하인 밴드를 노이즈 밴드로 분류하였고, 각 영상별로 44, 35, 61개의 노이즈 밴드가 제거되었다. 전체적으로 35개의 공통 노이즈 밴드를 추출할 수 있었고, 시각적 평가를 통해 추출된 밴드에 노이즈가 존재함을 확인하였다. 본 연구의 결과를 이용하여 초분광영상의 노이즈 밴드를 자동으로 추출할 수 있을 것으로 생각된다.

향후 더욱 다양한 영상에 적용할 필요가 있으며, 노이즈 밴드이면서 로 추출되지 않은 밴드를 추가적으로 제거할 수 있는 연구를 수행하고자 한다.

참고문헌

김선화, 이규성, 마정립, 국민정, 2005, 초분광 원격탐사의 특성, 처리기법 및 활용 현황, 대한원격탐사학회지, Vol. 21, No. 4, pp. 341-369.

김대성, 김용일, 어양담, 2007, 변화탐지를 위한 Hyperion 초분광 영상의 자동 기하보정과 밴드선택에 관한 연구, 한국측량학회지, Vol. 25, No.5, pp. 383-392.

김용일, 서병준, 구본철, 2000, 위성영상의 해상력에 따른 지리정보의 판독 - 판독가능성과 프랙탈 차원을 중심으로, 지형공간정보학회지, Vol. 8, No. 2, pp. 171-182.

장안진, 최재완, 유기윤, 김용일, 2006, 프랙탈 분석을 이용한 Hyperion 영상의 밴드 추출, 한국공간정보시스템학회 추계학술대회, 서울, 11월 16일, pp. 241-246.

한동엽, 조영욱, 김용일, 이용웅, 2003,

Hyperion 영상의 분류를 위한 밴드 추출, 대한원격탐사학회지, Vol. 19, No. 2, pp. 171-179.

한동엽, 김대성, 김용일, 2006, 극단화소를 이용한 Hyperion 데이터의 노이즈 밴드 제거, 대한원격탐사학회지, Vol. 22, No. 4, pp. 275-284.

Frank, M., and Canty, M., 2003, Unsupervised Change Detection for Hyperspectral Images, JPL Publication, 8th publication.

Dale A. Quattrochi, Michael F. Goodchild, 1997, Scale in Remote Sensing and GIS, CRC Press.

Huang, R. M. He, 2005, Band Selection Based on Feature Weighting for Classification of Hyperspectral Data, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 2, No. 2, pp. 156-159.

Nielsen, A. A., and Canty, M. J., 2005, Multi- and Hyper-spectral Remote Sensing Change Detection with Generalized Difference Images by the IR-MAD Method, International Workshop on the Analysis fo Multi-Temporal Remote Sensing Images, IEEE, Mississippi, USA, pp. 169-173.

Yoon, Y., and Kim, Y., 2007, Application of Hyperion Hyperspectral Remote Sensing Data for Wildfire Fuel Mapping, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 1, pp. 21-32.

S. Jaggi, Dale A. Quattroch and Nina Siu-Ngan Lam, 1993, Implementation and Operation of three Fractal measurement algorithms for analysis of remote-sensing data, Computers & Geosciences, Vol. 19, No. 6, pp. 745-767.