

Quadtree 구조 및 프랙탈 특성을 이용한 Hyperion 영상의 노이즈 밴드 추출

장안진 · 김용일[†]

서울대학교 공과대학 건설환경공학부

Noise Band Extraction of Hyperion Image using Quadtree Structure and Fractal Characteristic

Anjin Chang and Yongil Kim[†]

Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University

Abstract : Hyperspectral imaging obtains information with a wider wavelength range a large number of bands. However, a high correlation between each band, computation cost, and noise causes inaccurate results in cases of no pre-processing. The noises of band extraction and elimination positively necessary in hyperspectral imaging. Since the previous studies have used a characteristic the whole image, a local characteristic of the image is considered for the noise band extraction. In this study, the Quadtree, which is a data structure algorithm, and the fractal dimension are adopted for noise band extraction in Hyperion images. The fractal dimensions of the segments divided by the Quadtree structure are calculated, and variation is used. We focused on the extraction of random noise bands in Hyperion images and compared them with the reference data made by visual decisions. The proposed algorithm extracts the most bands, including random noises. It is possible to eliminate more than 30 noise bands, regardless of images.

Key Words : Quadtree, Fractal, Noise Band, Hyperspectral, Hyperion.

요약 : 초분광 영상은 넓은 범위의 파장 영역의 유용한 정보를 많은 수의 밴드를 통해 취득한다. 하지만, 인접 밴드 간의 상관관계, 계산량, 노이즈로 인해 전처리없이 활용할 경우 부정확한 결과를 도출한다. 따라서 초분광 영상에서 노이즈 밴드 추출하여 제거하는 작업이 반드시 필요하다. 기존의 연구들은 영상 전체에 대한 특성치만을 이용하였기 때문에 영상의 국지적 특성을 고려해야 한다. 본 연구에서는 Hyperion 영상을 대상으로 하였으며, 자료구조 기법 중 하나인 Quadtree와 프랙탈 차원을 이용하여 노이즈 밴드를 추출하였다. Quadtree 구조로 분할된 영역의 프랙탈 차원을 계산하고, 프랙탈 차원의 분산을 이용하였다. Hyperion 영상에 존재하는 노이즈 종류 중 무작위 노이즈를 포함하고 있는 밴드 추출에 초점을 맞추었으며, 시각적으로 판단하여 작성한 참조자료와 비교하였다. 제안된 알고리즘 적용 결과 무작위 노이즈가 포함된 밴드 대부분이 추출되었으며, 영상에 관계없이 30개 이상의 노이즈 밴드를 제거할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

초분광 영상은 수십에서 수백개의 밴드를 통해 넓은 범위의 파장 영역의 정보를 취득한다. 지상에 대해 보다 정보를 얻을 수 있기 때문에, 지상의 속성 추출, 변화탐지, 분류 등 다양한 분야의 연구에서 이용되고 있다(김선화 등, 2005; Nielsen and Canty, 2005; Yoon *et al.*, 2007). 하지만 인접밴드간의 높은 상관관계, 밴드 수 증가에 따른 계산량 증가, 노이즈 밴드 존재 등으로 인해 기존의 원격 탐사 기법 적용에 한계점이 존재하고, 결과의 정확도를 보장할 수 없다(Bajcsy and Groves, 2004). 따라서 초분광 영상을 이용할 경우 밴드선택, 노이즈 밴드 추출 등의 전처리 과정이 중요하다.

Hyperion 영상의 경우 유일하게 위성에 탑재되어 취득되고 있는 초분광 영상이며, 초분광 영상의 사용이 증가하면서 Hyperion 영상의 밴드 선택, 노이즈 밴드 추출에 관한 연구가 진행되어 왔다(김대성 등, 2007; 장안진 등, 2008, 한동엽 등 2003, 2006; Datt *et al.*, 2003). 기존 연구들은 PIF, 프랙탈 차원, 극단화소비, 민감도 등의 영상 전체에 대한 특성값을 이용하여 밴드를 추출하였다. 이러한 연구들은 노이즈 밴드의 종류에 따라 노이즈 밴드가 유효밴드에 포함되거나 노이즈 밴드 제거가 불가능하다. 특히 관측되는 지역적 특성에 따라 추출되는 유효/노이즈 밴드가 달라진다. 하지만, Hyperion 영상은 취득되는 영상의 형태가 세로로 긴 직사각형이기 때문에 영상에 포함되는 대상체가 다양하다. 따라서 Hyperion 영상의 노이즈 밴드 추출의 경우 영상의 지역적 특성을 반영할 필요가 있다.

본 연구에서는 영상의 국지적 특성을 측정하기 위하여 자료구조의 하나인 Quadtree 기법과 프랙탈 차원을 이용하였다. Quadtree의 분할 구조와 분할된 영역의 프랙탈 차원을 측정하고, 그에 대한 분산을 계산하여 영상의 특성을 파악하였다. Hyperion 영상에 존재하는 노이즈 종류 중 무작위 노이즈를 포함하고 있는 밴드 추출에 초점을 맞추었으며, 시각적으로 판단하여 작성한 참조자료와 비교하여 제안된 알고리즘의 정확성을 평가하였다.

2. 연구 방법

1) Quadtree 구조

Quadtree는 영상을 같은 크기 4개의 영역으로 나누는 것으로, 자료구조의 하나인 트리의 일종이다(Fig. 1). Quadtree 구조는 영상을 4개의 같은 면적을 갖는 부분 영역(자식노드)으로 재귀적으로 분할하여 만들어진다(장안진, 김용일, 2010). 영상이 4개의 영역으로 1단계 분할되고, 각각의 영역 내부의 조건이 주어진 기준에 만족하면 해당 영역은 더 이상 분할되지 않는다. 그렇지 않은 영역은 2단계 분할이 진행되며, 재분할 과정이 더 이상 발생하지 않을 때 까지 진행된다. 이러한 구조는 영상을 표현하거나 저장할 때 축약적인 계층구조를 갖고 있으며 영상을 압축 저장할 때 영상자료의 잉여영역을 제거하여 압축시킬 수 있다(유환희, 김의명, 1995). Quadtree 구조는 대용량의 데이터 중 필요 없는 데이터를 제거하고, 실제 처리하는 데이터량을 줄일 수 있고, 빠른 검색이 가능하다. 이러한 특징 때문에 주로 이미지의 압축이나 분할에 많이 이용된다(최창규 외, 2002). 본 연구에서는 Quadtree 구조의 압축 특성보다 재귀적 분할 특성을 활용하여 영상을 분석하였다.

2) 영상의 프랙탈 특성

프랙탈은 자기유사성(Self-Similarity) 및 순환성(Recursiveness)의 특성을 가지는 기하학적 구조를 뜻한다. 프랙탈 차원은 물체의 복잡성을 나타내는 대표적인 변수로서, 일반적인 유클리드 기하학에서 나타내는

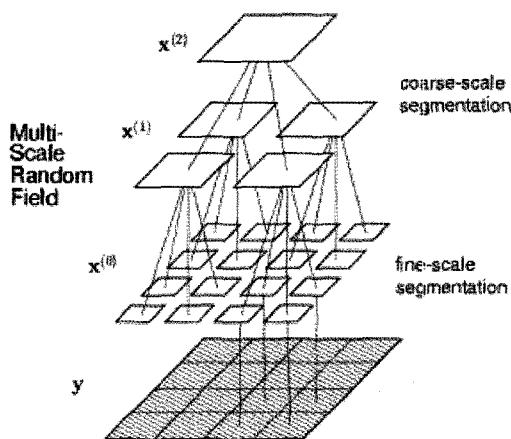


Fig. 1. Quadtree representation.

정수차원이 아닌 소수차원으로 표현된다. 프랙탈 차원에서는 선의 경우 1~2, 면의 경우 2~3 사이의 소수차원으로 측정되며, 대상체의 복잡성이 증가할수록 프랙탈 차원이 증가한다. 대상체의 특성에 따라 다양한 프랙탈 차원 측정 방법이 존재하는데, Isarithm 기법, 박스계수법(Box counting method), 배리오그램 분석법(Variogram method), 삼각기둥 계산법(Triangular prism method) 등이 대표적인 측정방법이다.

본 연구에서는 영상의 화소값을 3차원 높이로 가정하여 영상의 표면 거칠기에 대한 프랙탈 차원을 분석하기 위해 삼각기둥 계산법을 사용하였다(Jaggi *et al.*, 1993). 삼각기둥 계산법은 면사상의 프랙탈 차원을 측정할 수 있으며, 영상에 적용이 가능하다. 영상의 화소값을 높이로 간주하여 사각기둥을 생성하고, 4개의 꼭지점의 평균 높이값을 사각형의 중심점으로 설정한다. 4개의 사각형 꼭지점과 중심점을 연결하여 생성되는 4개의 삼각형 면적을 구하고, 영상 전체에 대하여 삼각형 면적의 합을 계산한다. 면적의 합은 사각형 꼭지점의 높이값에 따라 달라지며, 높이값의 차이가 클수록 삼각형 면적의 합이 증가한다(Fig. 2).

사각형 크기를 변화시키면서 삼각형 면적의 합을 산출한다. 사각형의 크기가 작을수록 전체 영상에서 삼각형 면적의 합은 감소한다. 사각형의 크기와 영상 전체의 삼각형 면적에 각각 로그함수를 취한 후 선형 회귀분석을 이용하여 직선의 기울기를 계산한다. 여기서 계산된

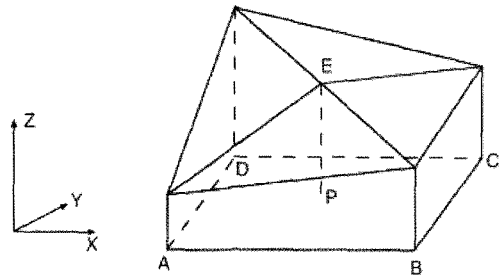


Fig. 2. Triangular prism method of fractal dimension.

기울기는 음의 값을 가지며, 정수 2에서 해당 기울기를 뺀 값이 영상의 프랙탈 차원이다. 대상체(영상)의 표면이 거칠수록 프랙탈 차원은 3에 가깝게 측정된다.

3) 노이즈 밴드 추출

Hyperion 영상에는 Null 노이즈, 줄무늬(Streaking) 노이즈, 무작위(Random) 노이즈, 모호, 양호 등 3가지 형태의 밴드가 존재한다(Table 1). 기존에 연구된 일반적인 기준으로는 정확한 노이즈 밴드 추출이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 Hyperion 영상의 노이즈 밴드를 추출하기 위해 영상의 국지적 특성을 고려한다. 영상 전체에 대한 프랙탈 차원은 1개의 값으로 측정되지만, 영상의 국지적인 특성을 나타내지 못하기 때문에 Quadtree의 재귀적 분할 구조를 활용하여 영상을 4개로 분할하고, 각 부분에 대한 프랙탈 차원을 측정한다. 영상의 품질이 양호한 밴드의 경우 영상 취득 지역, 시

Table 1. Band types of Hyperion image (b) and band number

밴드 유형	Null 노이즈	줄무늬(Streaking) 노이즈	무작위(Random) 노이즈
영상			
밴드번호	4	57, 99	126, 166
밴드 유형	모 호	양 호	
영상			
밴드번호	81, 132, 181	45, 136	

기 등에 따라 지역적인 특성이 다르게 나타나기 때문에 국지적으로 측정되는 프랙탈 차원의 분산이 크다. 이와 반대로 무작위 노이즈의 경우 영상 전체와 일부분에서 나타나는 패턴이 유사하기 때문에 국지적으로 측정되는 프랙탈 차원의 분산이 작다(장안진, 김용일, 2010). 이러한 특성을 이용하여 Hyperion 영상의 노이즈 밴드를 추출할 수 있다.

Hyperion 영상에 존재하는 Null 노이즈의 경우 기존에 연구된 방법이나 나사(NASA)에서 기본적으로 제공하는 보정되지 않은 밴드 정보를 이용하여 쉽게 제거가 가능하고, 줄무늬 노이즈는 destriping 알고리즘 등으로 제거가 가능하다(Datt *et al.*, 2003). 따라서 본 연구는 무작위 노이즈 밴드 추출에 초점을 두고 진행되었다.

4) 알고리즘 적용

본 연구에서는 Quadtree 구조와 프랙탈 차원을 이용하여 Hyperion 영상의 노이즈 밴드를 추출하였다(Fig. 3). 먼저 실험에 사용되는 Hyperion 영상의 밴드별 프랙탈 차원을 측정한다. Quadtree 구조를 활용하여 영상을 4개의 부분으로 분할하고, 각 부분의 프랙탈 차원을 계산한다. 이 과정을 3번 반복하였으며, 최종적으로 영상이 64개로 분할되었다. 분할된 영역에 대해 측정된 프랙탈 차원의 분산을 이용하여 노이즈 밴드를 추출하

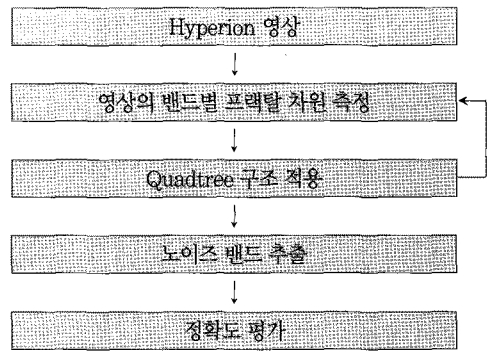


Fig. 3. Flow chart.

였다. 시각적으로 평가하여 작성된 참조자료와 비교하여 추출된 노이즈 밴드의 정확도를 평가하였다.

3. 연구 결과

1) 사용 데이터

실험영상은 EO-1 영상에서 취득된 Hyperion 영상이며, 30m의 공간해상도를 가지고 있다. 도심지, 경작지, 산림 등의 지역적 특성이 다른 지역을 절취한 3개 영상이 사용되었으며(Fig. 4), 각 영상은 취득 시기가 상이한 것을 선택하였다(Table 2). 본 연구에서는 나사

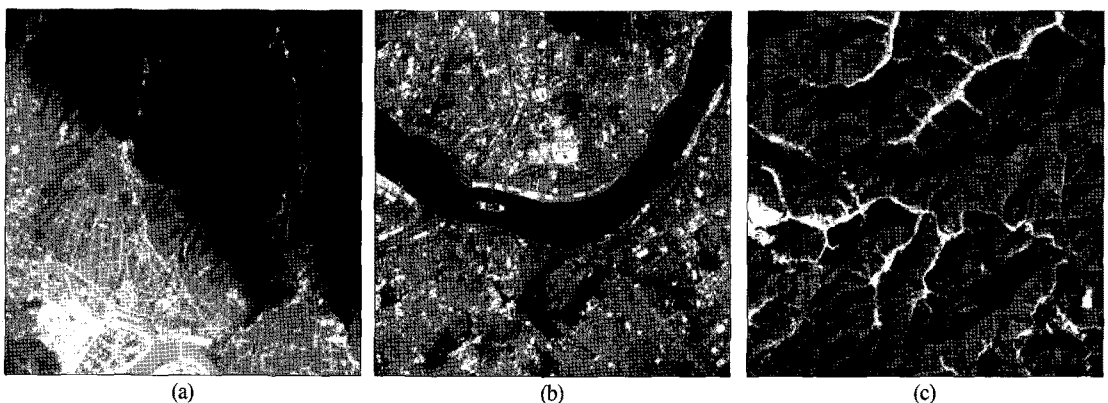


Fig. 4. Study area of Hyperion image (RGB: 35, 20, 14).

Table 2. Data specification

영상	취득일	지역	영상크기
(a)	2002년 9월 3일	전라북도 남원시	256(Row) × 256(Column) × 242(Band)
(b)	2002년 4월 3일	서울특별시	
(c)	2002년 11월 22일	전라남도 나주	

Table 3. Not calibrated bands of Hyperion image

밴드수	밴드 번호
44	1~7, 58~76, 225~242

(NASA)에서 제공하는 보정되지 않는 밴드(Null 노이즈)를 제거한 뒤 알고리즘을 적용하였다(Table 3).

2) 노이즈 밴드 추출

Quadtree 구조를 활용하여 영상을 3번 분할하고, 각각의 단계에서 프랙탈 차원의 분산값을 비교하여 노이즈 밴드를 추출하였다. 그 결과 영상이 16개로 분할되는 2단계 이후부터는 노이즈 밴드와 양호한 밴드의 프랙탈 차원 분산값 차이가 크지 않아 노이즈 밴드 추출에 영향을 미치지 않았다. 따라서 영상이 4개로 분할되는 1단계의 프랙탈 차원의 분산이 작은 밴드를 노이즈 밴드로 추출하였다. 실험 영상 별로 30개의 노이즈 밴드와 40개의 노이즈 밴드를 추출하였다(Table 4, Table 5).

4. 분석 및 고찰

시각적 평가를 통해 제작된 참조자료를 살펴보면 (Table 6), Hyperion 영상의 노이즈 밴드는 취득시기 및 지역적 특성에 따라 달라지는 것을 알 수 있다. 무작

위 노이즈 영상 (a)가 가장 많은 밴드를 차지하였고, 영상 (b)가 가장 적게 나타났다. 영상 (b)에서 무작위 노이즈로 분류된 30개의 밴드는 영상 (a), (c)의 무작위 노이즈 밴드에 모두 포함되었다. 영상간의 무작위 노이즈 밴드의 차이는 모호/양호 밴드의 차이와 동일하였다. 영상 (b)는 무작위 노이즈 밴드수가 가장 적었지만, 그에 반해 양호 밴드수는 가장 많은 것으로 나타났다. 줄무늬 노이즈는 대부분 동일한 밴드로 구성되었다. Null 밴드의 경우 나사(NASA)에서 정보를 제공하기 때문에 모든 영상에서 동일하다.

제안된 알고리즘을 이용하여 30개, 40개의 노이즈 밴드를 추출하고, 참조자료와 정확도를 비교하였다. 이는 본 연구가 무작위 노이즈 밴드 추출에 초점을 맞추었고, 실험 영상의 무작위 노이즈 밴드 수가 30~40개임을 고려한 것이다.

30개의 노이즈 밴드를 추출한 결과 영상 (a)에서는 무작위 노이즈로 분류된 40개의 밴드 중 30개가 추출되었다. 영상 (b)와 (c)에서는 무작위 노이즈 밴드가 각각 28개, 26개가 추출되었으며, 모호한 밴드가 2개, 4개 추출되었다. 제안된 알고리즘으로 추출된 무작위 노이즈 밴드는 모두 참조자료의 무작위 노이즈에 포함되어 있었으며, 고려대상이 아닌 줄무늬 노이즈 및 양호 밴드는 추출되지 않았다. 40개 밴드를 추출한 결과 영상 (a)에서는 39개의 무작위 노이즈 밴드 및 1개의 모호 밴드가 추출


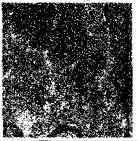
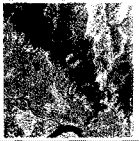
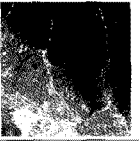

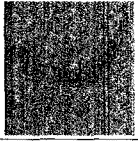

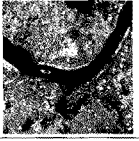




Table 4. Result of 30 noise band extraction

영상	항 목	줄무늬 노이즈	무작위 노이즈	모 호	양호
(a)	밴드수	0	30	0	0
	밴드번호	-	121~132, 165~168, 171~181, 185, 221, 222	-	-
(b)	밴드수	0	28	2	0
	밴드번호	-	121~129, 166~180, 185, 186, 222~224	165, 181	-
(c)	밴드수	0	26	4	0
	밴드번호	-	121~126, 166~181, 185, 186, 223, 224	216, 218, 219, 220	-

Table 5. Result of 40 noise band extraction

영상	항 목	줄무늬 노이즈	무작위 노이즈	모 호	양호
(a)	밴드수	0	39	1	0
	밴드번호	-	121~133, 165~182, 185, 186, 219~224	164	-
(b)	밴드수	0	30	4	6
	밴드번호	-	121~129, 166~180, 185, 186, 221~224	165, 181, 219, 220	213~218
(c)	밴드수	1	29	9	1
	밴드번호	190	121~127, 166~181, 185, 186, 221~224	182, 213~220	34

Table 6. Reference data of noise types in Hyperion image

영상	항 목	줄무늬 노이즈	무작위 노이즈	모호	Null	양 호
(a)	밴드수	13	40	22	44	123
	밴드번호	10~12, 56, 57, 94, 99, 116, 119, 190, 200, 201, 203	120~133, 165~182, 185, 186, 219~224	8, 9, 77~82, 97, 98, 100, 134, 164, 183, 184, 187, 213~218	1~7, 58~76, 225~242	13~55, 83~93, 95, 96, 101~115, 117, 118, 135~163, 188, 189, 191~199, 202, 204~212
	영상					
	밴드번호	99	222	164		28
(b)	밴드수	14	30	18	44	136
	밴드번호	10, 11, 55~57, 94, 99, 116, 119, 120, 190, 200, 201, 203	121~129, 166~180, 185, 186, 221~224	8, 9, 77~82, 130~132, 165, 181~184, 219, 220	1~7, 58~76, 225~242	12~54, 83~98, 100~115, 117, 118, 133~164, 187~189, 191~199, 202, 204~218
	영상					
	밴드번호	99	175	132		23
(c)	밴드수	16	31	27	44	124
	밴드번호	10~12, 55~57, 94, 99, 116, 119, 120, 165, 190, 200, 201, 203	121~129, 166~181, 185, 186, 221~224	8, 9, 77~82, 130~132, 182~184, 187~189, 191, 192, 213~220	1~7, 58~76, 225~242	13~54, 83~93, 95~98, 100~118, 133~164, 193~199, 202, 204~212
	영상					
	밴드번호	10	121	79		205

되었다. 영상 (a)에서 무작위 노이즈 밴드는 40개로 조사되었는데, 1개의 밴드를 제외한 모든 무작위 노이즈 밴드가 추출되었음을 알 수 있다. 영상 (b)의 경우 참조자료에서 무작위 노이즈로 분류된 30개 밴드가 모두 추출되었으며, 모호 밴드 4개와 6개의 양호 밴드가 추가적으로 추출되었다. 참조자료에 나타난 무작위 노이즈 밴드가 30개이기 때문에 다른 종류의 밴드가 추가적으로 선택되었다. 영상 (c)에서는 무작위 노이즈밴드 29개, 줄무늬 노이즈 1개, 모호 밴드 9개, 양호 밴드 1개가 추출되었다. 추출된 무작위 노이즈 밴드는 참조자료에 나타난 31개 무작위 노이즈 밴드에 모두 포함되어 있다.

영상에 따라 노이즈 밴드의 개수 및 종류가 동일하지 않기 때문에 산림, 도심지 등과 같이 지역적 특징에 따라 모호 밴드의 차이가 큰 것을 알 수 있다. 본 연구에서 제안된 알고리즘을 통해 추출된 밴드 중 모호 밴드의 경우 기존의 다른 연구에서 노이즈 밴드로 분류된다(장안진, 김용일, 2008). 이는 기존 연구의 경우 노이즈 밴드 구분에 사용되는 밴드별 특성치가 밴드 전체를 대상으로 하여 측정되기 때문이다. 본 연구에서는 Quadtree 구조를 이용하여 국지적 특성을 고려하였기 때문에 보다 정확한 밴드특성을 반영 할 수 있다. 따라서 제안된 알고리즘을 통한 노이즈 밴드 추출이 정확하고 효율적인 것을 알 수

있다. 특히, 앞에서 언급한 것과 같이 대부분의 무작위 노이즈 밴드 추출이 가능하였다. 영상의 취득 시기, 지역 등에 따라 노이즈 밴드의 종류와 개수가 달라지지만, 본 연구 결과 영상에 종속되지 않고 최소 30개의 무작위 노이즈 밴드 추출이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 자료 구조의 일종인 Quadtree와 프랙탈 차원을 이용하여 Hyperion 영상의 중요한 전처리 과정 하나인 노이즈 밴드 추출에 대해 진행되었다. Quadtree의 분할 구조 및 영상 분할 후 측정된 프랙탈 차원의 분산을 활용하였으며, 영상의 분할에 따른 국지적 특성 변화를 가정하였다. 실험 결과 제안된 알고리즘은 무작위 노이즈 밴드 추출에 높은 정확도를 나타냈으며, Hyperion 영상에 존재하는 무작위 노이즈 밴드를 30개 이상 자동으로 추출 가능한 것으로 판단되었다. 본 연구 결과를 활용하여 정확하고 효율적인 노이즈 밴드 추출이 가능할 것이며, 제안된 알고리즘을 이용하여 노이즈 밴드 추출이 아닌 영상 품질이 높은 양호한 밴드 추출도 가능할 것이다.

사 사

본 연구는 서울대학교 건설환경종합연구소의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- 김대성, 김용일, 어양담, 2007, 변화탐지를 위한 Hyperion 초분광 영상의 자동 기하보정과 밴드 선택에 관한 연구, 한국측량학회지, 25(5): 383-392.
- 김선화, 이규성, 마정림, 국민정, 2005, 초분광 원격탐사의 특성, 처리기법 및 활용 현황, 대한원격탐사학회지, 21(4): 341-369.
- 유환희, 김의명, 1995, Quadtree 자료구조를 이용한 적지분석 전문가시스템 개발, 한국지형공간정보학회논문집, 3(1): 139-150.
- 장안진, 김용일, 2008, 프랙탈 차원 및 Continuum Removal 기법을 이용한 Hyperion 영상의 노이즈 밴드 제거, 대한원격탐사학회지, 24(2): 125-131.
- 장안진, 김용일, 2010, Quadtree 구조를 이용한 Hyperion 초분광 영상의 프랙탈 특성 분석, 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집, 인천, 3월 26일: 178-182.
- 최창규, 류상률, 김승호, 2002, Quadtree를 사용한 색상-공간 특징과 객체 MBR의 질감 정보를 이용한 영상 검색, 정보과학회논문지, 8(6): 692-703.
- 한동엽, 조영욱, 김용일, 이용웅, 2003, Hyperion 영상의 분류를 위한 밴드 추출, 대한원격탐사학회지, 19(2): 171-179.
- 한동엽, 김대성, 김용일, 2006, 극단화소를 이용한 Hyperion 데이터의 노이즈 밴드 제거, 대한원격탐사학회지, 22(4): 275-284.
- Bajcsy, P. and P. Groves, 2004, Methodology for Hyperspectral Band Selection, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 70(7): 793-802.
- Datt, B., T. R. McVicar, T. G. V. Niel, D. L. B. Jupp, and J. S. Pearlman, 2003, Preprocessing EO-1 Hyperion Hyperspectral Data to Support the Application of Agricultural Indexes, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6): 1246-1259.
- Jaggi, S., D. A. Quattrochi, and N. S. Lam, 1993, Implementation and operation of three fractal measurement algorithms for analysis of remote-sensing data, Computers & Geosciences, 19(6): 745-767.
- Nielsen, A. A. and M. J. Canty, 2005, Multi- and Hyper-spectral Remote SENSING Change Detection with Generalized Difference Images by the IR-MAD Method, Proc. of 3rd International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images, Biloxi, MS, May. 16-18, 2005. 169-173.