

# 웨이브렛 변환을 이용한 원격탐사 이미지 데이터의 특징 추출에 관한 연구

전영준\*, 김진일\*\*  
\*,\*\*동의대학교 컴퓨터공학과

## A Study on the Feature Extraction using the Wavelet Transform in Satellite Remote Sensing Image

Young-Joon Jeon\*, Jin-II Kim\*\*  
\*,\*\* Dept. of Computer Engineering, Dongeui University

### 요 약

본 논문에서는 원격탐사 이미지 데이터의 분석과정중의 하나인 이미지의 분류를 위해서 적용되는 다중분광 영상에서 특징 추출을 위한 효율적인 방법을 제안한다. 즉, 웨이브렛 변환을 이용하여 위성탐사 이미지 데이터의 특성을 분석하여 실제 이미지 분류에 기여도가 높은 특징을 추출하는 방법을 제안하였다. 효과적인 특징을 추출하기 위하여 이미지 데이터의 텍스처 특징을 이용하였다.

### I. 서론

위성을 이용한 위성탐사는 초기에 지구자원탐사를 목적으로 시작되었다. 1972년 7월 미 항공우주국(NASA)에서는 지구 자원탐사위성인 ERTS(Earth Resources Technology Satellite) 1호를 발사하였다. 그런데, 이 인공위성이 자원탐사분야에는 물론 환경조사, 도시 모니터링, 국토 개발, 군사 등의 분야에 많은 정보를 제공하게 되자 LANDSAT (Land-Satellite)으로 개명하여 7호까지 발사하였으며 이것이 위성을 이용한 원격탐사의 본격적인 시작이라고 할 수 있다. 현재 운영되어 디지털 데이터를 이용할 수 있는 위성은 LANDSAT, IRS, SPOT, NOAA, MOS 등이 있다[1].

원격탐사 데이터에 대한 처리 과정에서 발생할 수 있는 주된 연구 이슈는 첫째, 원격 탐사 이미지 데이터는 단순한 화상 이미지와는 달리 다중 분광 이미지 데이터(multispectral image data)로서 파장대에 따라 나뉘어진 여러 개의 밴드로부터 수집된 데이터를 분석 처리하여 자원탐

사, 농수산업, 임업, 국토 계획 및 지도제작, 기상, 해양등의 부문에 응용된다. 처리에서 가장 중요한 것은 어떤 대상이 되는 화소(pixel)가 있을 때, 그것이 어떤 범주(category)에 해당되는지를 결정하는 분류(classification) 문제이다. 데이터의 분류에는 교사분류와 비교사 분류로 나누어 생각할 수 있다. 두 번째 이슈는 주어진 다중 분광 이미지 데이터의 특성을 분석하여 실제 영상분류에 기여도가 높은 특징을 추출하여 유효한 밴드를 선택하는 것이다. 최근 다중밴드의 수가 220개 등으로 확장되면서 수많은 분광밴드에서 사용 가능한 유효밴드 선택문제가 중요한 연구분야가 되었다. 특징 추출이라 함은 분류처리를 위해 원 화상 자료로부터 유용한 판독키와 여러 가지 통계량 등의 파라미터를 포함해 화상이 갖는 성질을 정량화하는 조작이다. 즉, 위성 탐사 영상을 대표하는 칼라(color), 모양(shape), 그리고 텍스처(texture) 등 저단계 시각 특징(low-level visual feature)들의 효과적인 추출이 중요시된다[2][3].

본 논문에서는 두 번째 이슈에 대한 연구를

하였다. 위성탐사 이미지의 각 밴드의 특징 추출은 다음 3가지 특징이 정량적으로 추출된다. 첫째는 스펙트럼특징으로 색이나 농도정보 혹은 밴드간의 휘도비 등 대상물의 스펙트럼 특징이 추출된다. 스펙트럼 특징은 각 픽셀에 대응하고 있고 픽셀배열 등과 같은 공간적 구조와는 관련이 없는 것이 특징이다. 정규화 식생지표에 의한 식생지표의 추출과 주성분 분석 등이 이러한 예이다. 둘째는 공간적(기하학적) 특징으로 대상물의 형이나 크기 혹은 에지 등의 특징이다. 셋째는 텍스처 특징으로 주기적 패턴이나 영역의 균질성 등의 특징이 추출된다. 텍스처 특징(texture feature)은 영상의 표면 특성을 나타내는 것으로, 서로 다른 영상들을 식별하기 위한 중요한 요소이다.

본 논문에서는 각각의 밴드는 Wavelet 변환 계수를 이용하여 텍스처 특징 추출 방법을 이용하고 [4,5,6,7,8] 이 값을 이용하여 유용한 각 밴드를 선택하는 방법을 제안하였다. 웨이브렛 이론은 여러 가지 신호처리 분야에서 독립적으로 발전되어 온 다양한 기법들을 일괄하는 토대를 제공하여 주고 있다. 웨이브렛 변환은 신호처리 계통에 속하는 여러 분야에서 각자의 특수한 목적에 부합되도록 개별적으로 발전시켜온 특수한 기술들을 하나로 통합하면서 등장하였다. 컴퓨터비전에서 이용된 다해상도(multi-resolution) 분석 방법이나 음성과 영상압축에서 사용되던 서브밴드(sub-band) 코딩 기법, 응용 수학에서 사용된 웨이브렛 급수 전개 등 많은 기본 기법들이 최근에 들어 웨이브렛 이론의 특수한 응용으로 밝혀졌다.

본 논문의 구성은 2장은 웨이브렛 변환에 대해서 설명하고, 3장은 웨이브렛을 이용한 특징을 추출하고 유효밴드를 선택한 방법에 대해서 설명하고 4장에 결론을 맺는다.

## II. 웨이브렛 변환

웨이브렛 변환은 연속 신호와 이산 신호의 경우에 모두 적용될 수 있으며 다양한 분야에서 그 응용 가능성을 인정받고 있다. 웨이브렛 변환은 특별히 비정형(nonstationary) 신호의 분석에 유리한 특징을 가져서 고전적인 단구간 푸리에 변환(STFT : short time fourier transform)이나 가보 변환(gabor transform)을 대체할 새로운 대안으로 대두되고 있다. 웨이브렛 변환이 고전적인 단구간 푸리에 변환과 구별되는 근본적인 차

이점은 단구간 푸리에 변환의 경우 모든 주파수 대역에 대하여 동일한 크기의 필터 윈도우를 사용하는 반면 웨이브렛 변환은 고주파 대역에서는 폭이 좁은 윈도우를, 저주파 대역에서는 폭이 넓은 윈도우를 사용한다는 것이다. 여기에서 주파수 대역의 변화 폭은 항상 주파수 값에 비례한다.

웨이브렛 변환에서 하나의 기저함수를 웨이브렛이라 부르며 웨이브렛은 하나의 대역 통과 필터이다. 웨이브렛은 유한 길이를 가지는 기저함수이므로 웨이브렛 변환은 모 웨이브렛이라 불리는 원형의 웨이브렛의 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이브렛들의 집합에 의해 구성된다. 웨이브렛 변환에서는 주파수라는 용어대신에 스케일이라는 용어를 사용하며 하나의 웨이브렛을 통과한 신호를 스케일의 상세 신호(detail signal)라 한다. 이는 웨이브렛이라고 불리는 기저함수(basis function)를 이동(translating)하고 확장(scaling)함으로써 저대역 부밴드와 고대역 부밴드로 주파수 영역을 얻을 수 있기 때문이다. 웨이브렛 기저함수는 식(1)과 같은데, 여기서  $a$ 는 원형 웨이브렛을 신축 팽창시키는 스케일(scale) 변수이고,  $b$ 는 이동을 나타낸다.  $a$ 는 웨이브렛의 폭, 즉 웨이브렛 기저의 크기를 조정하고,  $b$ 는 웨이브렛 기저의 위치를 조정한다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \text{----- (1)}$$

$a$ 가 작으면 시간축 상에서 좁은 구역에 놓이게 되며 주파수축에는 넓은 영역을 차지한다. 따라서 모 웨이브렛을 고주파 대역에서는 세밀한 해상도를 가지게 하고, 낮은 주파수에 대해서는 상대적으로 거친 시간 해상도를 가지게 하면 긴 저 주파수 성분에서 갑자기 나타나는 고주파 성분이 섞인 신호의 경우에도 쉽게 처리할 수 있다. 따라서 대부분의 위성 이미지의 경우 화소의 값이 천천히 변해가며, 어느 순간 물체의 가장자리 부분에서 화소의 값이 바뀌므로 특징추출에 효율적으로 이용할 수 있다[4][5].

## III. 웨이브렛 변환을 이용한 특징추출

### 3.1 웨이브렛 변환을 이용한 특징선택 알고리즘

웨이브렛 변환은 공간과 주파수의 두 영역에서 영상을 표시할 수 있기 때문에, 영상의 에지 등과 같은 공간적 특성과 저주파영역에 에너지가 밀집되어 있는 영상의 주파수적 특성을 보다 효율적으로 나타낼 수 있는 특징이 있다. 웨이브렛 변환에 의한 영상의 특징 추출 방법은 영상을 주파수 대역별로 분할하고, 분할된 부밴드(subband)들을 이용하여 한 영상을 대표하는 특징 벡터를 얻는다. 분할된 저대역(lowpass) 부밴드는 원 영상이 가지는 에너지의 대부분을 소유하고 있으며 복원(reconstruction) 영상에 미치는 영향이 가장 크다. 그리고 고대역(highpass) 부밴드는 집중도가 떨어지지만 인간 시각에 민감한 영상의 에지(edge) 정보를 보유하고 있다.

웨이브렛 변환을 이용한 텍스처 특징추출을 이용한 유효밴드의 선택은 다음과 같은 알고리즘에 의해서 이루어진다.

- [1] 밴드의 원 이미지 데이터를  $M \times N$  픽셀로 정규화 한다.
- [2] 정규화된 이미지에 대해 2차원 웨이브렛 분할을 실시한다. 분할을 통해서 이미지의 고대역 부밴드와 저대역 부밴드를 생성된다.
- [3] Wavelet 변환 계수들이 가지는 위치 정보와 주파수 정보를 고려하여 에너지를 특징 값으로 텍스처 특징을 추출한다.
- [4] 추출된 특징값을 이용하여 유효한 밴드를 선택한다.

### 3.2 웨이브렛 분할 과정

그림 1은 하나의 밴드 영상의 2단계 분할 형태를 보인 것으로, 크기가  $M \times N$ 인 원 영상  $S_1$ 을 2단계 Wavelet 분할한 것이다. 1단계 분할에서, 하나의 저대역 부밴드  $S_2$ 와 3개의 방향 성분 분을 가지는 고대역 부밴드  $W_2^H, W_2^V, W_2^D$ 가 생성된다. 2단계 분할에서, 저대역 부밴드  $S_2$ 는 하나의 저대역 부밴드  $S_4$ 와 3개의 고대역 부밴드  $W_4^H, W_4^V, W_4^D$ 로 분할된다. 즉, Wavelet 변환은 가장 낮은 저대역 부밴드를 다음 단계의 부밴드들로 분할해 나가는 것이다.

분할된 부밴드들은 하나의 저대역 부밴드와 수평, 수직, 대각선 방향 성분을 가지는 고대역 부밴드들로 구성된다. 저대역 부밴드는 원 영상의 저해상도 표현으로, 대부분의 에너지를 가지

며, 고대역 부밴드들은 각각 수평, 수직, 대각선 방향에 있는 영상의 에지 정보를 제공한다.[8]

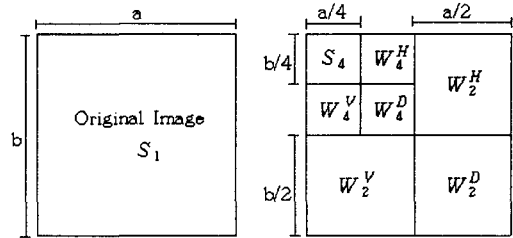


그림 1. 2단계 웨이브렛 분할

웨이브렛의 분할과정을 예를 들어 설명하면 만약 약  $128 \times 128$  크기의 원 영상이 입력되면, 1단계 Wavelet 변환을 수행한다. 변환 결과,  $64 \times 64$  크기의 4개 분할된 영상이 생성되고, 그 중에서 저대역 부밴드만이 2단계의 입력으로 들어간다. 그리고 동일한 변환 과정을 거쳐  $64 \times 64$  크기의 저대역 부밴드에서  $32 \times 32$  크기를 가진 4개의 부밴드가 생성된다. 결과적으로 2단계 Wavelet 변환을 수행하고 나면,  $64 \times 64$  크기의 3개 부밴드와  $32 \times 32$  크기의 4개 부밴드가 생성된다.

### 3.3. 텍스처 특징 추출

영상에 대한 다단계 Wavelet 변환을 수행한 후, 생성된 부밴드에서 영상의 시각적인 속성을 대표할 수 있는 특징 값을 구한다. 특징 값으로 에너지를 각 부밴드에 대하여 계산한다. 얻어진 각 부밴드별 특징 값을 조합하여 수해당 영상에 대한 특징 벡터를 산출한다.

$$E_k = \frac{1}{i \times j} \sum_i \sum_j W_k^2 [i, j] \quad \text{---- (2)}$$

$$TFV = \{ E_k \}, \quad k=1, \dots, n \quad \text{---- (3)}$$

여기서  $W_k$ 는 웨이브렛 변환 후, 각 부밴드의 변환 계수를 나타내고,  $i, j$ 는 변환 계수의 위치를 나타낸다. 그리고  $E_k$ 는 각 부밴드의 특징 값인 에너지를 나타낸다. TFV는 각 부밴드에서 얻어진 특징 값들로 구성된 특징 벡터이다. 이와 같이 한 영상을 대표하는 특징 벡터는 각 부밴드의 특징 값을 이용하여 얻게 된다.

### 3. 4. 유효 밴드의 선택

텍스처 특징 벡터값을 이용하여 원격탐사 이미지 데이터의 각 밴드마다 해당되는 영상의 특징값을 추출하여 유사한 값을 나타내는 밴드를 선택하면 된다. 이때 웨이블릿을 통해 분할된 이미지의 부밴드의 방향성에 따른 각각의 특징을 원격탐사 이미지 데이터의 각 밴드에 적용하면 각 밴드마다 방향성에 따른 특징을 얻을 수가 있어서 각 밴드에 이를 적용시키면 더욱 효과적으로 유효한 밴드를 선택할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 원격탐사 이미지 데이터의 분석과정중의 하나인 이미지의 분류를 위해서 적용되는 다중분광 영상에서 특징 추출을 위한 방법으로 웨이블릿 변환을 이용하는 방법을 제안하였다. 위성탐사 이미지 처리에서 웨이블릿 변환의 특징인 공간적 특징과 주파수적 특성의 두 영역에서 영상을 표시할 수 있는 점을 이용하여 이미지 데이터의 특성을 분석하고, 텍스처 특징에 적용하여 실제 이미지 분류에 기여도가 높은 특징을 추출한 후 추출된 특징값을 이용하여 유효한 밴드를 선택하는 방법을 제안하였다.

향후 과제는 위성탐사 이미지의 특징추출에 실제로 적용하고, 또한 웨이블릿을 이용한 원격탐사 데이터의 압축과 윤곽선 추출 등에도 응용하는 연구를 하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] P.D.Heermann and N.Khazenie, "Classification of multispectral remote sensing data using a back-propagation neural network," IEEE trans. on Geosci & Remote Sensing, 30(1), Nan., 1992.
- [2] Jia-Lin Chen; Kundu, A., "Rotation and gray scale transform invariant texture identification using wavelet decomposition and hidden Markov model", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Vol:16, 1994, pp208 -214
- [3] Cohen, F. S.;Fan, Z .;Patel, M.A, "Classification of rotated and scaled textured images using Gaussian Markov random field models", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Vol:13, 1991 ,pp192-202
- [4] 김진아, 정성환, "Wavelet 기반의 질감 특징을 이용한 영상 검색", 1997 한국정보과학회 가을학술발표논문집 Vol.24.No2, p379-382
- [5] Cohen, F. S.;Fan, Z .;Patel, M.A, "Classification of rotated and scaled textured images using Gaussian Markov random field models", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Vol:13, 1991 ,pp192-202
- [6] M. K. Mandal, T. Aboulnasr, "Image Indexing Using Moments and Wavelets," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 42, No. 3, pp. 557-565, August 1996.
- [7] M. K. Mandal, T. Aboulnasr, "Image Indexing Using Moments and Wavelets," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 42, No. 3, pp. 557-565, August 1996.
- [8] 안영아, 장주만, 김지균, 김태윤, "2차원 웨이블릿을 이용한 이미지 검색 시스템 설계", 1999 한국정보처리학회 춘계학술발표논문집 제6권 1호 p1309-1312