

웨이블릿 기반 변화탐지 기법에 관한 연구

정명희

안양대학교 디지털미디어학부
e-mail:mhjungg@anyang.ac.kr

A Study on Wavelet-Based Change Detection Technique

Myunghee Jung

Dept of Digital Media Engineering, Anyang University

요 약

현재 인공위성 영상은 지구에서 일어나는 변화를 탐지하기 위한 매우 효율적 수단으로 활용되고 있다. 지표에 대한 변화탐지는 원격탐사영상으로부터 지표변화를 찾아내 정량화하는 과정이 필요한데 이러한 정보를 추출하기 위해 본 연구에서는 웨이블릿을 이용한 텍스처 분석의 효율성이 연구되었다. 분석된 영상은 0.6m급 고해상도 위성영상으로 지진 전후로 하여 지진피해 지역을 탐지하기 위해 영상에서 관찰되는 풍부한 텍스처 정보를 활용하는 방법에 관한 연구가 이루어 졌다. 텍스처 특징을 추출하기 위해 GLCM이 이용되었는데 직접적인 GLCM의 적용보다는 웨이블릿변환 후 GLCM의 적용이 텍스처 특징을 보다 효과적으로 분리할 수 있는 방법임이 검사되었다. 이러한 웨이블릿 텍스처 특징 추출 후 상관관계에 기반한 변화탐지 기법을 적용하면 피해지역을 매핑할 수 있다.

1. 서론

지구 환경변화를 정확히 이해하기 위해서는 광범위하고 많은 양의 지리적 자료처리가 필요하며 이로부터 얻어지는 지구 표면에 대한 자세하고 전반적인 정보가 요구된다. 인공위성 원격 탐사 시스템에서 얻어진 자료는 획득시점에서 주어진 위치의 지표 상태를 정확히 나타내고 있고 장기간에 걸쳐 같은 지역에 대한 주기적인 자료를 얻는 것이 가능하기 때문에 지표환경에 관련된 여러 가지 현상을 분석하고 예측하는데 매우 효율적 수단으로 활용된다. 위성영상은 오염도, 생태계, 토지이용도와 같이 지구환경이 시간에 따라 변화해 가는 것을 감지할 뿐 아니라 홍수피해, 산불, 지진과 같은 자연재해로 인한 피해상황을 빠른 시간 내 파악하여 이에 대처할 수 있도록 하는 등, 지구환경 변화에 대한 풍부한 정보를 제공하기 때문에 여러 분야에서 매우 유용하게 활용되고 있다.

특히 고해상도 위성영상(0.6m)은 도심지역의 지진 피해를 매핑하는데 효율적인 수단으로 활용되고 있

다 [1, 2]. 이러한 영상정보는 재해복구 팀에 필요한 정보를 신속하게 제공하여 긴급 대책을 마련할 수 있게 해주고 사후 피해정도를 측정하는데도 이용될 수 있다. 또한 위성영상은 표준 지구좌표시스템에 보정되어 있어 지진피해를 지역의 지리적 환경과 연관시켜 분석할 수 있다. 이러한 영상자료를 통해 보다 빠르고 정확한 피해정보를 획득하기 위해서는 효율적인 영상분석기법에 대한 연구가 필요하다.

최근 들어 해상도가 0.6~1m 급인 고해상도 영상이 보편화됨에 따라 이를 이용하여 변화를 탐지할 수 있는 기법에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 고해상도 영상은 많은 텍스처 정보를 포함하고 있기 때문에 본 연구에서는 이러한 정보를 이용하여 고해상도에서 시간적 변화를 탐지할 수 있는 효율적인 영상처리 방법론에 관한 연구에 초점을 두었다.

일반적으로 변화탐지를 위해서는 지진 전후의 두 영상에 변화탐지 알고리즘을 적용하여 지진으로 인한 지표변화를 찾아내 이를 정량화한다. 특히 도심 지역의 고해상도 영상에서 지진전후 피해지역의 텍

스처 정보가 현저히 차이가 남을 관찰할 수 있는데 이러한 텍스처 변화를 이용하여 피해지역을 탐지하는 방법으로 GLCM(gray-level co-occurrence matrix)이 많이 이용되고 있다. 본 연구에서는 GLCM 특징을 이용함에 있어 이산 웨이블릿(DWT-discrete wavelet transformation) 변환의 효율성이 연구되었다.

지진피해 탐지를 위한 고해상도 영상은 2003년도에 일어난 이란의 밤(Bam) 도시 지역에 대한 0.6m panchromatic 퀵버드(Quickbird) 위성영상이 사용되었다.

2. 변화탐지를 위한 텍스처 정보의 활용

텍스처 분석은 화소 값의 공간적인 분포에 대한 정보를 이용하는 방법으로 영상분석에서 많이 사용되어왔다 [4]. 텍스처 특징을 설명하는 방법은 여러 가지가 있지만 화소값 분포의 통계치에 기반한 GLCM은 가장 널리 이용되는 방법 중의 하나이다. CM은 주어진 방향으로 일정 거기에 떨어진 화소 값의 상대적 빈도수를 나타내는 요소로 구성된 정방행렬로 $G \times G$ GLCM은 다음과 같이 정의된다.

$$P_d = |\{((r, w), (t, v) : I(r, s) = i, I(t, v) = j)\}|$$

(\cdot, \cdot) 는 G gray-level 값을 갖는 $N \times N$ 영상

$$(r, s), (t, v) \in N \times N, (t, v) = (r + ds, s + dy)$$

Haralick [5]은 이 CM으로부터 유도되는 텍스처 특징을 측정할 수 있는 방법으로 coarseness, contrast, homogeneity, 등 영상의 특징을 나타내는 14가지 방법을 제안했다. 본 연구의 변화탐지를 위한 텍스처 특징 추출을 위해서는 다음과 같은 세가지 특성이 사용되었다.

1. Homogeneity

$$HOM = \sum_i \sum_j \frac{p(i, j)}{|i - j|} \quad (1)$$

2. Contrast

$$CON = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p(i, j) \quad (2)$$

3. Entropy

$$ENT = \sum_i \sum_j p(i, j) \log p(i, j) \quad (3)$$

텍스처 특징에 따라 위의 방식이 선택되었지만 보다 효과적인 텍스처 특징 측정방법에 대한 선택은 변화탐지를 위해 사용될 영상에 모든 텍스처 방법들을 적용한 뒤 ISOMAP 이나 PCA와 같은 방법들

사용하여 분별력 있는 특징들을 보다 효율적으로 구분해 낼 수 있다 [3]. GLCM 방법은 텍스처 패턴에서 공간적 상관관계를 추출하는데 유용하지만 화소 수준을 넘어 지역 내 존재하는 공간적 상관관계를 탐지하는데 한계가 있다.

웨이블릿 영역에서 텍스처 정보를 이용해 변화지역을 효과적으로 구분해 낼 수 있는 이산 웨이블릿 변환(DWT)은 다층구조로 영상을 분석할 수 있는 방법을 제공해 주는 기법으로 수평 수직 필터를 각각 적용하여 다음과 같이 각 단계(scale)별로 4개의 서브밴드(LL, LH, HL, HH)로 영상을 분해한다.

처음 L과 H는 수평방향의 저역, 고역 필터를 뜻하고 두 번째 L과 H는 수직 방향의 저역, 고역 필터를 뜻한다. 필터 적용 후 생성된 서브밴드 LH, HL, and HH 는 detailed image를 나타내고 LL은 approximation image로 다시 DWT를 적용하여 다음 단계로 분해해 갈 수 있다. 이때 직교 DWT를 적용할 경우 각 서브밴드는 텍스처에 대한 중복되지 않은 특징을 제공해 준다. n 단계 직교 DWT는 $\{LH1, HL1, HH1, LHn, HLn, HHn, An\}$ 로 나타낼 수 있고 원영상에 대한 웨이블릿 변환 영상 WL 을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$WL = \{WLH1, WHL1, WHH1, \dots, WLHn, WHLn, WHHn, WAn\} \quad (4)$$

고주파 신호는 공간영역에서 정확하게 탐지가 되지 않지만 저주파의 경우 공간영역보다는 주파수영역에서 보다 정확하게 탐지가 되고 또한 단일 스케일 보다는 다중해상도 방식이 특징 추출에 있어 보다 효율적이기 때문에 웨이블릿 변환이 텍스처 분석에서 효과적으로 사용될 수 있다.

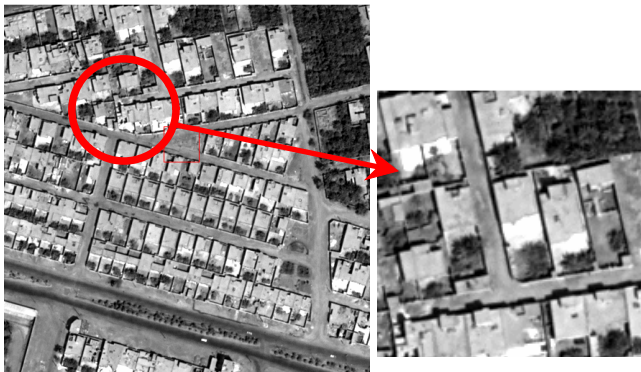
본 연구에서는 지진 전후로 피해 지역과 피해가 없는 지역의 텍스처 특징이보다 잘 구분되어 탐지할 수 있도록 GLCM에 기반한 방법보다는 웨이블릿 변환된 영상으로부터 CM 분석을 통해 영상에서 변화된 지역을 보다 잘 탐지할 수 있는지 연구되었다. 사실 변화탐지를 위해 비교하려는 영상의 특징이 잘 분리될수록 사용되는 분석방법에 영향을 받지 않지만 도심지역의 고해상도 영상의 경우 실제 변화뿐 아니라 그림자로 인한 차이나 영상간 레지스터 에러에 의해 변화로 오인될 수 있는 많은 요소가 있어 정확한 텍스처 분석을 어렵게 만든다. 이것은 지진 전후의 텍스처 특징을 보다 잘 분리해 낼 수 있는 방법의 필요성을 의미한다.

변화탐지 알고리즘은 크게 두 단계로 나누어 구

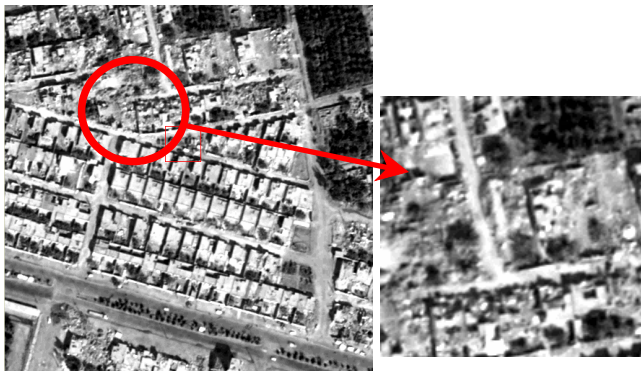
현될 수 있다. 텍스처 특징을 추출하는 특징추출단계와 변화지역을 구분해 내는 (changed or unchanged) 변화탐지단계로 이루어져 있다. 웨이블릿 영역에서 GLCM을 이용하여 텍스처 정보를 추출한 후 화소간 비교가 아닌 영역별 비교에 기반한 변화탐지 기법을 적용하면 된다.;

3. 텍스처 특징 추출 결과

그림 1에서와 같이 지진 전후의 영상에서 피해지역과 피해를 입지 않은 지역간 텍스처 변화를 쉽게 확인할 수 있다.



(a)



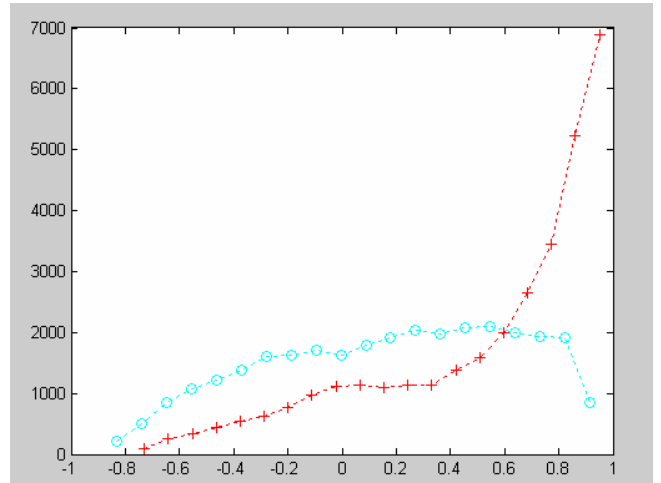
(b)

(그림 1) 이란 Bam 도시의 지진 전후의 Quickbird영상 비교 (a) 지진 전 (b) 지진 후

피해를 많이 입은 지역과 거의 피해가 없는 지역의 두 영상사이의 상관관계를 분석해 보면 그림 2와 같은데 상관관계는 45x45 윈도우를 이용해 계산되었다. 그림에서 알 수 있듯이 상관도가 낮은 지역에서 두 지역이 매우 유사한 상관도 분포를 보여주어 이를 이용한 변화탐지가 효과적이지 않음을 알 수 있다.

다음은 GLCM이 적용되었다. 그러나 여전히 두 영상간의 피해지역과 피해가 적은 지역의 텍스처 상관관계는 매우 뚜렷한 차이가 있는 지역을 제외하고

유사한 상관관계 분포를 가지고 있다. 이는 특징의 분리가 정확하지 않아 후에 적용되는 탐지방법이 정확한 결과를 생성해 낼 수 없음을 의미한다.

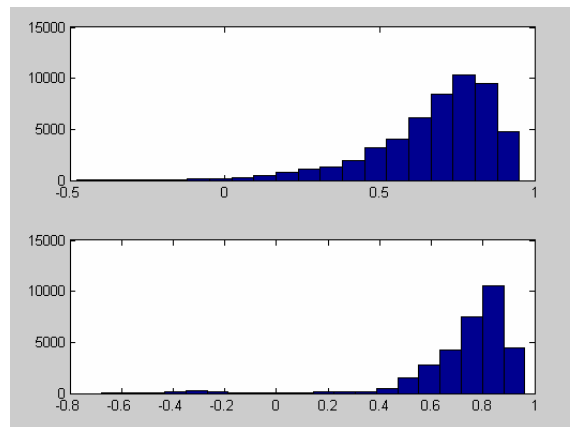


(그림 2) 피해지역과 정상지역의 상관관계비교: red-피해가 없는 지역, cyan-피해 지역

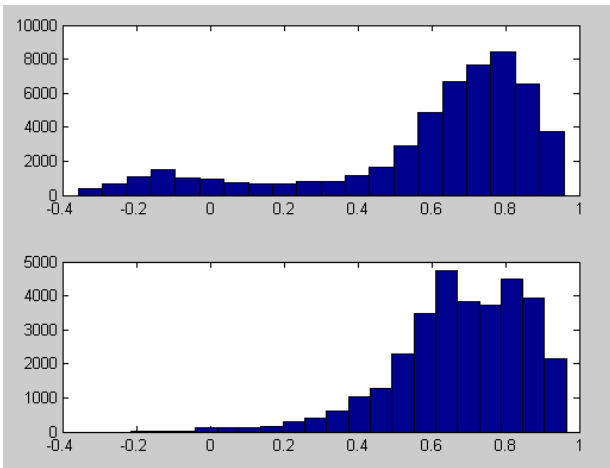
다음은 지진피해지역의 전후 두 영상에 GLCM, DWT, DWT 후 GLCM을 각각 적용하여 비교하였다. 먼저 DWT와 DWT_GLCM 영상을 비교한 결과가 표 1에서 보여지고 있는데 웨이블릿 적용 후 텍스처 특징을 추출하는 것이 웨이블릿 결과를 직접 이용하는 것 보다 효과적임을 알 수 있다. 다음은 영상에 직접 GLCM을 적용한 것과 DWT 후 GLCM을 적용한 후 피해지역의 상관관계를 각 텍스처 특징마다 비교하여 분석한 결과가 그림 3에 있다.

<표 1> DWT와 DWT_GLCM 적용 후의 지진 피해지역의 상관관계 비교

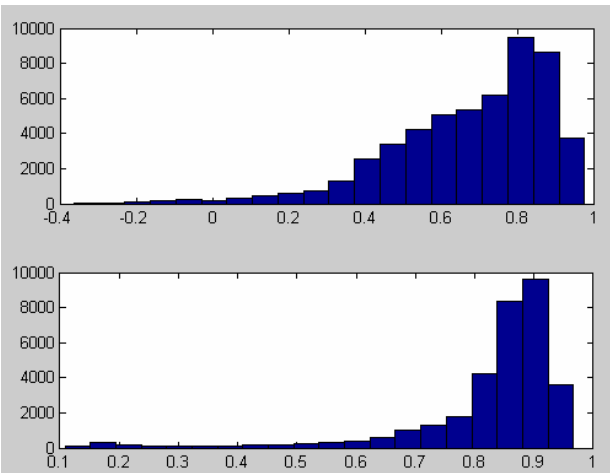
		Level 1		
		LH	HL	HH
DWT		0.23	0.08	0.17
DWT_GLCM	HOM	0.70	0.59	0.64
	CON	0.63	0.63	0.58
	ENT	0.71	0.58	0.65



(a) Homogeneity: 위-GLCM, 아래-DWT_GLCM



(b) Contrast: 위-GLCM, 아래-DWT_GLCM

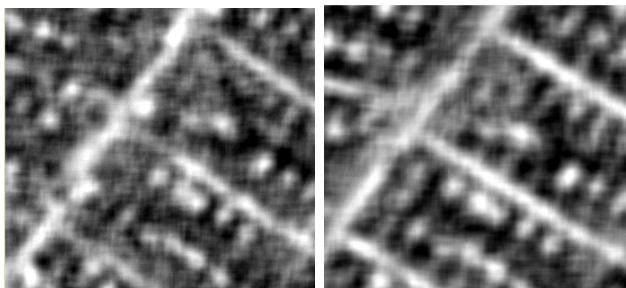


(c) Entropy 위-GLCM, 아래-DWT_GLCM

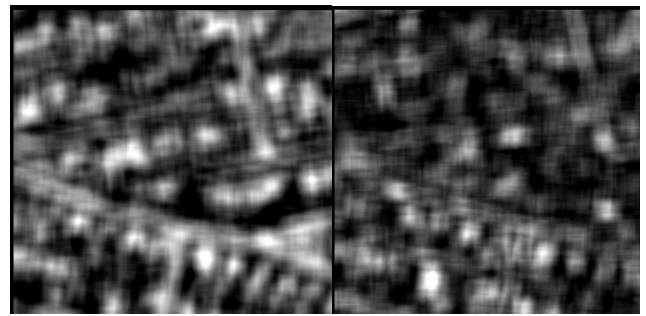
(그림 3) 텍스처 특징 추출에서의 GLCM 과 DWT_GLCM 방법의 비교

그림 3에서 볼 수 있듯이 GLCM을 적용하는 것보다 웨이블릿 변환 후 GLCM을 이용한 텍스처 특징 추출이 텍스처 분리에 보다 효과적임을 알 수 있다. 그림 4는 지진피해가 없는 지역과 피해지역간의 추출된 텍스처가 비교되어 있다.

다음은 이렇게 추출된 텍스처 특징에 화소단계 변화가 아닌 지역(윈도우 사이즈 선택)단위의 상관관계 비교분석을 통해 지진 피해지역을 구분해 낸다.



(a) 지진피해가 없는 지역의 텍스처 비교



(b) 지진피해 지역의 텍스처 비교

(그림 3) 지진피해지역과 정상지역의 텍스처 비교: DWT_GLCM Level 1 HH밴드의 Homogeneity 특징

4. 결론

본 연구에서는 원격탐사 영상, 특히 고해상도 영상에서 관찰되는 풍부한 텍스처 정보를 활용하여 변화를 탐지하는 기법에 관한 연구가 지진피해지역 탐지 경우에 적용되어 연구되었다. 텍스처는 매우 유용한 정보로 도심지역의 고해상도 영상의 경우 풍부한 텍스처 정보를 가지고 있다. GLCM은 가장 효과적인 텍스처 분석 방법이고 이때 다중 해상도의 장점과 공간적 주파수 분포 특징의 장점을 지닌 웨이블릿을 함께 적용하면 보다 효과적으로 특징을 분리해 낼 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Earthquake Engineering Research Institute (EERI) "Preliminary Observations on the Bam, Iran, Earthquake of December 26, 2003" EERI Newsletter, April 2004.
- [2] E.M. Rathje, and M. M. Crawford, "Using High Resolution Satellite Imagery to Detect Damage from the 2003 Northern Algeria Earthquake," Proceedings, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2004, Vancouver, Canada.
- [3] J. B. Tenenbaum, V. Silva, J. C. Langford, "A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction", SCIENCE VOL 290 22, p. 2319-2323, 2000.
- [4] L. Wang and J. Lui, "Texture classification using multiresolution Markov Random Field models," Pattern Recogn. Lett. Vol. 20, No. 2, pp. 171-182, 1999.
- [5] R.M. Haralick, K. Shanmugan, and I. Dinstein, "Texture Features for Image Classification." IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3: 610-621, 1973.

사사

본 연구는 한국학술진흥재단 (과제번호:R04-2004-000-10117-0) 지원사업으로 진행되었습니다.