

논문 2012-49CI-2-12

위성영상을 활용한 실시간 재난정보 처리 기법: 재난 탐지, 매핑, 및 관리

(Early Disaster Damage Assessment using Remotely Sensing Imagery:
Damage Detection, Mapping and Estimation)

정 명 희*

(Myunghee Jung)

요 약

위성영상은 광범위한 지역에 걸쳐 실시간으로 정확한 지표 상태에 대한 정보를 수집할 수 있어 재난재해관리에도 효율적 수단으로 사용되고 있다. 특히 고해상도 영상은 1m급 이하 지표 물체를 탐지할 수 있어 도심지역 정보 획득에 매우 유용하다. 본 논문에는 재난 발생 시 고해상도 위성영상으로부터 변화탐지 기법을 사용하여 피해를 탐지하고 피해정보를 추출하는 방법론이 제안되었다. 사용된 영상분석기법은 텍스처 정보를 이용하여 시간적 변화를 탐지하는 기법으로 특징 추출과 변화탐지 단계로 구성되어있다. 특징 추출 단계에서는 wavelet과 GLCM을 이용하여 텍스처가 추출되었고 변화탐지 단계에서는 영역간 텍스처의 상관관계를 이용한 분류기법이 사용되었다. 제안된 방법은 고해상도 위성영상을 사용하여 지진피해지역을 탐지하는 예에 적용되어 테스트 되었다.

Abstract

Remotely sensed data provide valuable information on land monitoring due to multi-temporal observation over large areas. Especially, high resolution imagery with 0.6~1.0 m spatial resolutions contain a wealth of information and therefore are very useful for thematic mapping and monitoring change in urban areas. Recently, remote sensing technology has been successfully utilized for natural disaster monitoring such as forest fire, earthquake, and floods. In this paper, an efficient change detection method based on texture differences observed from high resolution multi-temporal data sets is proposed for mapping disaster damage and extracting damage information. It is composed of two parts: feature extraction and detection process. Timely and accurate information on disaster damage can provide an effective decision making and response related to damage.

Keywords : Remotely Sensed Data, disaster detection, change detection, GLCM, wavelet co-occurrence

I. 서 론

해마다 홍수, 가뭄, 지진, 산불 등과 같은 자연재해로 인해 지구 곳곳에서는 많은 인명피해와 막대한 경제적 손실이 발생하고 있다. 재난 발생시 피해지역에 대한 빠른 정보 획득은 효과적이고 효율적인 재해복구대책 수립과 대응을 위해 매우 중요하다. 대부분의 자연재해

는 발생근원지뿐 아니라 비교적 넓은 지역에 걸쳐 영향을 주기 때문에 현장 탐사로는 빠른 시간 내에 정확한 피해 정보를 수집하기 어렵다. 예를 들어 대단위 지진의 경우 진원지로부터 수백 킬로미터나 떨어져 있는 피해지역을 전체적으로 파악하여야 희생자나 자원부족에 대한 간과를 줄일 수 있다.

위성영상은 광범위한 지역에 걸쳐 실시간으로 정확한 피해지역에 대한 정보를 수집할 수 있어 현재 그 활용성이 매우 크며 많은 관련 연구가 진행되고 있다^[1-2]. 2008년도 발생한 중국 쓰촨성 지진의 경우,

* 정희원, 안양대학교, 디지털미디어학과
(Dept. of Digital Media Eng., Anyang University)
접수일자: 2011년2월16일, 수정완료일: 2012년3월5일

TerraSAR-X 위성을 통해 촬영된 지진현장 영상을 과거 SPOT-5 위성 영상과 비교하여 피해지역의 육지 유실상황, 건물 파괴, 도로 손상, 추가 홍수 예상정보까지 담긴 전체적인 피해정보가 바로 수집되었고 이러한 정보에 기반하여 중국정부는 신속한 대응책을 수립하여 피해를 최소화할 수 있었다.

인공위성 원격탐사시스템에서 얻어진 자료는 획득시점에서 주어진 위치의 지표 상태를 정확히 나타내고 있고 장기간에 걸쳐 같은 지역에 대한 주기적 자료를 얻는 것이 가능하기 때문에 지표변화에 관한 현상을 분석하고 예측하는데 매우 효율적 수단으로 활용되고 있다^[3]. 특히 고해상도 영상은 1m급 이하 지표 물체를 탐지할 수 있어 건물 탐지가 가능하기 때문에 도심지역에 일어난 재난정보를 획득하는데 매우 유용하다^[2,4]. 또한, 위성영상은 표준 지구좌표시스템에 보정되어 있어 피해지역의 지리정보와 함께 연관하여 종합적 분석이 가능하다는 장점이 있다. 다시간대(Multi-temporal) 영상을 이용하여 재난 전후의 영상을 서로 비교함으로써 변화를 탐지하고 피해정도를 예측한다. 이러한 정보는 정부와 지역기관의 대책수립과 복구 작업에 활용되고 피해지역 및 인근지역 주민이나 방문자에게 실시간 정보를 제공함으로써 올바른 대응을 할 수 있게 해 주어 인명피해도 최소화할 수 있다.

국가 전략 사업인 u-City 사업은 도시에 첨단 정보통신기술을 접목하여 종합적인 정보기술 서비스를 제공하고자 하는 것으로 현재 이를 위한 정보통신 인프라 구축이 도시나 지자체에서 빠르게 추진되어 가고 있는 중이다. 이러한 인프라를 기반으로 첨단 정보통신기술을 이용한 재난관리는 경제적 손실을 최소화하며 효율적으로 안정성을 확보할 수 있는 매우 중요한 수단이 될 것

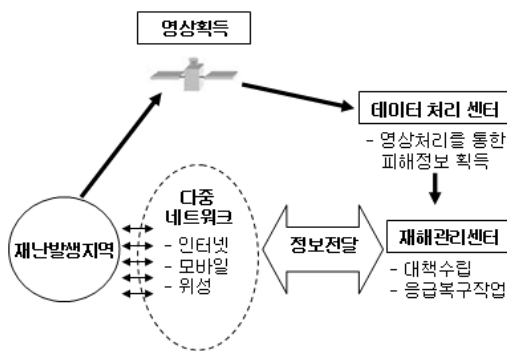


그림 1. 재난 발생시 피해정보 획득 및 활용 과정
 Fig. 1. Process of extracting damage information from remotely sensed data.

이다.

위성영상자료를 이용해 정확한 피해정보를 수집하기 위해서는 효율적인 영상처리 방법론과 분석기법이 필요하다^[1]. 본 논문에서는 고해상도 위성영상으로부터 변화탐지 기법을 사용하여 재해지역을 탐지하고 피해정보를 추출하는 방법론을 다루고 있다. 고해상도 영상은 풍부한 텍스처 정보를 포함하고 있기 때문에 텍스처 정보를 이용하여 변화를 탐지하고 피해정보를 추출하는 효율적인 영상처리 방법에 관한 연구에 초점을 두었다.

II장에서는 텍스처 특성을 이용한 피해탐지 기법과 피해 매핑 및 분포를 구하는 과정이 설명되어 있고 III장에서는 제안된 알고리즘이 지진피해 탐지를 위해 고해상도 영상에 적용되었다. 사용된 영상은 2003년도 12월에 지진이 발생한 이란의 밤(Bam) 도시 지역에 대한 퀵버드(Quickbird-0.6 m resolution panchromatic, 2.4 m resolution multi-spectral) 위성영상으로 지진피해 전후에 획득된 다중영상이 사용되었다. 결론에서는 연구의 의미와 향후 연구방향이 제시되어 있다.

II. 피해탐지 기법

1. 텍스처 특성을 이용한 변화탐지

지표에서 일어난 변화는 시간대가 다른 영상에서 패턴이나 텍스처, 분광 등의 차이를 보이기 때문에 변화탐지란 이러한 차이를 찾아내서 변화에 대한 매핑을 하는 작업이다^[5]. 최종 정보의 정확성을 위해서는 적용된 영상처리방법이 중요하며 대부분 넓은 지역에 걸쳐 다중 시간대 원격탐사 영상을 처리하기 때문에 자료의 양이 방대하여 처리 속도를 향상시켜주는 방법론이 필요하다. 본 연구에서는 영상 간의 텍스처 차이를 이용한 변화탐지 기법이 제안되어 있는데 이 과정은 특징추출 과정과 변화탐지과정으로 구성되어 있다.

사용된 특징은 분석 결과에 영향을 미치므로 영상의 특징 선택은 중요하다. 텍스처는 화소 값의 공간적 분포에 대한 정보를 나타내는 특징으로 고해상도 영상의 경우 텍스처 정보가 매우 풍부하기 때문에 본 연구에서는 텍스처 특징을 사용하였다^[6]. 텍스처 특징을 추출하기 위해 GLCM (gray level co-occurrencematrix), GMRF (Gaussian markov random field), 텍스처 스펙트럼 기법, 다중해상도 기법 등 다양한 방법이 연구되어 왔다. 본 연구에서는 분할/분류에서 효과적으로 사용되는 wavelet co-occurrence 특징을 사용하였다. 이

특징은 웨이블릿 변환 후 GLCM을 적용하여 원하는 텍스처 특징을 추출해 내는 것인데 변화 탐지와 관련하여 변화 지역을 구분해 내는데 매우 유용하다^[7].

GLCM 특징은 coarseness, contrast, homogeneity, texture complexity 등과 같이 텍스처 특징을 측정하는 14가지 방법이 제안되어 있는데 본 연구에서는 중복되는 특성을 제외하고 Homogeneity, Contrast, Entropy 텍스트 특징을 사용하였다^[6]. GLCM은 계산상으로 매우 집약적이어서 처리 시간이 오래 걸리기 때문에 데이터 압축을 위해 quantization of gray levels가 사용되었다^[8].

이산 웨이블릿 변환(DWT)은 다층구조로 영상을 분석할 수 있는 방법을 제공해 주는 기법으로 수평 수직 필터를 각각 적용하여 단계(scale)별로 4개의 서브밴드로 영상을 분해한다. 직교 WT를 적용할 경우 각 서브밴드는 텍스처에 대한 중복되지 않은 특징을 제공해 준다. 먼저 영상에 웨이블릿 변환을 적용한 후 각 서브밴드로부터 GLCM 특징을 추출하여 wavelet co-occurrence 텍스처 특징을 추출하였다.

탐지단계는 두 영상의 텍스처 간의 차이를 비교하여 변화 지역을 찾아내는 과정이다. 고해상도 영상의 경우 기하학적 보정에 의해 두 영상을 정확하게 일치시키는 것은 불가능한데 이러한 불일치에서 오는 작은 에러는 탐지 정확도에 영향을 준다. 그 외에도 센서 각도에서 오는 왜곡, 대기 변화, 그림자 효과, 두 영상이 획득된 시점의 시간적 차이, 등과 같이 변화로 분류될 가능성이 있는 에러 요인들이 있는데 이러한 에러를 최소화하기 위해서는 적절한 전처리과정이 선행되어야 한다^[4]. 본 연구에서는 필터링을 이용한 노이즈 제거를 통해 에러율을 최소화하는 방법이 사용되었다. 그러나 전처리 과정에도 불구하고 센서 각도에서 비롯된 왜곡을 제거하는 것은 불가능하기 때문에 전후 영상간의 비교는 화소 대 화소가 아닌 윈도우 기반 영역 간의 비교를 통한 방법이 사용되어야 한다.

이를 위해 윈도우마스크에 대해 다음과 같이 두 영상 간의 상관관계를 구하여 차이를 비교하였다.

$$r_{x,i} = \frac{n \sum DN_{pre}(x,i) DN_{post}(x,i) - (\sum DN_{pre}(x,i)) (\sum DN_{post}(x,i))}{\sqrt{n \sum DN_{pre}^2(x,i) - (\sum DN_{pre}(x,i))^2} \sqrt{n \sum DN_{post}^2(x,i) - (\sum DN_{post}(x,i))^2}} \quad (1)$$

이때 x 와 i 는 각각 서브밴드와 추출된 텍스트 특징을 의미하고 pre 와 $post$ 는 전과 후를 의미한다. 이때 윈도우 사이즈는 임의의 크기 $p \times p$ 로 설정할 수 있으나 실제 윈

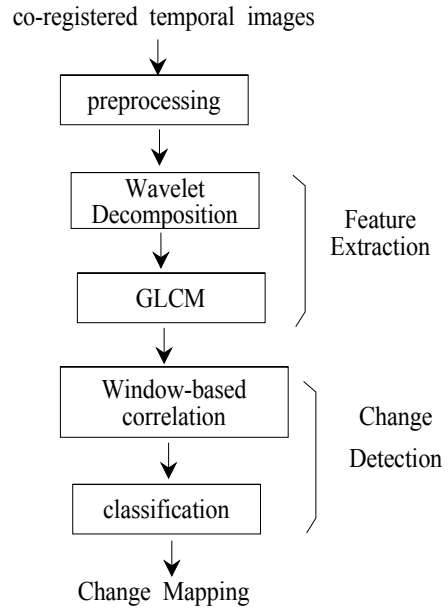


그림 2. 변화탐지 프로세스
Fig. 2. Change detection process.

도우 크기는 사용하는 영상에 따라 선택한다. 윈도우 크기는 윈도우 내에 두 영상 간 불일치 부분이 모두 포함될 수 있도록 선택해야 한다. 마지막으로 구해진 상관관계 계수값을 기반으로 분류 알고리즘을 적용하여 변화와 비변화(change vs. unchange) 지역으로 분류한다. 전체 과정은 그림 2와 같이 요약될 수 있다.

이때 다양한 분류 알고리즘을 선택하여 적용할 수 있는데 본 연구에서는 파라미터 모형으로 가장 많이 사용되고 있는 최대우도(maximum Likelihood) 방법과, 비모수 방식으로 가장 효과적으로 사용되고 있는 신경망(Neural Network) 분류알고리즘이 적용되어 비교되었다^[9]. 변화탐지 알고리즘을 적용하여 얻어진 재난지역 맵은 재해(변화)지역과 재해를 입지 않은 지역으로 구분되어 재난 발생 후 전체적인 피해지역에 대한 정보를 제공할 수 있게 된다.

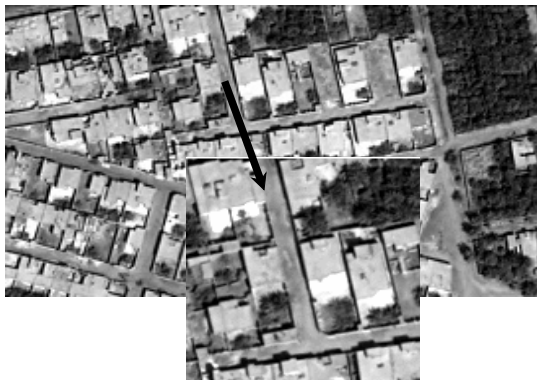
2. 피해지역 패턴 매핑

피해지역의 피해 정도를 구분하여 피해지역의 재난 정도에 대한 패턴을 구할 수 있다. 분류 알고리즘을 적용하여 얻어진 피해 맵에서 일정 크기의 윈도우 크기를 설정하고 윈도우 내에서 피해지역으로 분류된 픽셀 수를 세어 피해밀도를 구한다. 밀도에 따라 전체 재난지역의 피해정도에 따른 피해 패턴을 보여줄 수 있다.

원격탐사 영상은 다른 지리정보와 연동되어 있기 때문에 피해지역으로 분류하거나 피해 밀도가 특히 높은 지역의 시설인 지하매설물 등과도 연관하여 피해정도를 예측하고 구조 및 대응책을 빠르게 마련할 수 있다.

III. 실험

제안된 방법론을 지진 피해를 입은 지역의 고해상도 영상에 적용하여 변화(피해)지역을 탐지하고 분류하는 테스트를 하였다. 사용된 실험영상은 0.6m급의 QuickBird 고해상도 영상으로 2003년도 12월 26일 강도 6.6의 강진이 일어났던 이란의 Kerman 지역의 영상이다. 지진 이전 비교를 위한 영상으로는 같은 지역의 2003년 9월 영상이 사용 되었다. 지진 중심은 Kerman에서 180km 떨어진 밤(Bam) 도시 근처로 지진으로 인해 도시와 인근 지역 건물의 85% 정도가 파괴되었다고 추정되었다. 밤(Bam) 도시 지역에 대한 0.6m



(a) 지진 발생 이전



(b) 지진 발생 이후

그림 3. 지진 전후의 Quickbird영상 비교
Fig. 3. Comparison of the before- and after-damage Quickbird samples.

panchromatic Quickbird 위성영상의 표본 영상이 그림 3에 있는데 지진 전후의 영상을 비교해 보면 지진 피해를 눈으로 확인할 수 있고 피해지역내 텍스처 변화를 볼 수 있다.

피해를 많이 입은 지역과 피해가 거의 없는 지역의 두 영상 간의 상관관계를 분석해 보면 그림 4와 같다. 이때 상관관계는 45×45 윈도우를 이용해 계산되었다. 그림에서도 알 수 있듯이 상관도가 낮은 지역에서 두 지역이 매우 유사한 상관도 분포를 보여주어 비록 눈으로 피해를 확인할 수는 있어도 영상에서 직접 관찰되는 특징을 이용한 변화탐지가 효과적이지 않음을 알 수 있다. 따라서 영상의 특징을 추출해서 이를 이용하여 변화(피해) 지역을 탐지해야 한다.

본 논문에서는 웨이블릿 적용 후 텍스처 특징(wavelet co-occurrence, WT_GLCM)을 추출하였다. 이 텍스처 특징의 효과를 조사하기 위해 지진 전후 영상으로부터 WT와 WT_GLCM 방법을 사용하여 얻어진 텍스처 특징 사이의 상관관계를 비교하였다. 표 1에서 보면 웨이블릿만을 적용한 경우(WT) 보다 두 영상 간의 상관관계가 더 명확해 지는 것을 볼 수 있어 웨이

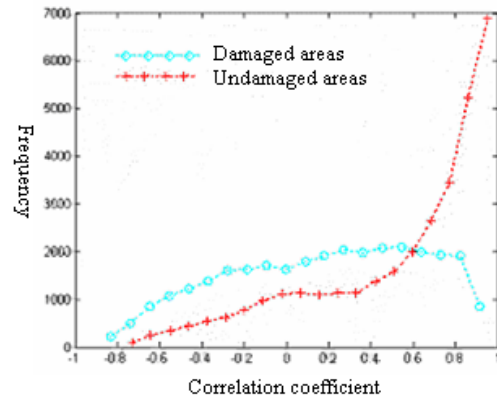


그림 4. 피해지역과 정상지역의 상관관계비교
Fig. 4. Comparison of correlation coefficient of damaged and undamaged areas.

표 1. WT와 WT_GLCM적용 후의 상관관계 비교: entropy특성
Table 1. comparison of the correlation coefficientst of two texture features obtained by WT and WT_GLCM.

	Level 1		
	LH	HL	HH
WT	0.23	0.08	0.17
WT_GLCM	0.71	0.58	0.65

블릿 적용 후 텍스처 특징을 추출하는 것이 웨이블릿 결과를 직접 이용하는 것 보다 효과적임을 알 수 있다.

또한, 그림 5에서의 상관관계 분포에서 볼 수 있듯이 GLCM에서 텍스처를 추출하는 것 보다 웨이블릿 변환

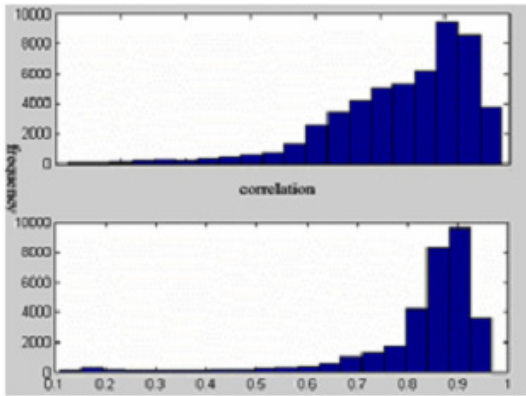


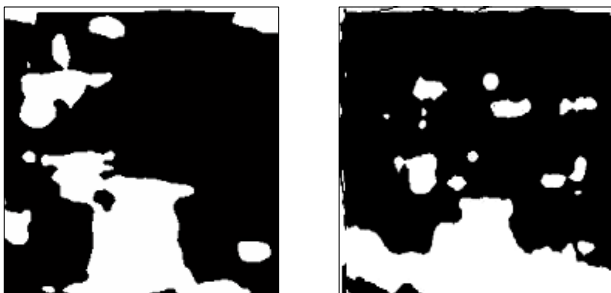
그림 5. 피해지역에서의 GLCM Entropy 텍스처 특징(위)과 WT_GLCM Entropy 텍스처 특징(아래)의 상관관계 비교:

Fig. 5. Comparison of correlation coefficient of two texture features in damage areas: above - GLCM Entropy texture, below - DWT_GLCM Entropy texture.



(a)

(b)



(c)

(d)

그림 6. 그림 19. 분류 알고리즘 적용 후 변화 탐지 결과 (a) 지진 발생 전 (b) 지진 발생 후 (c) MLC를 이용한 분류 (d) 신경망을 이용한 분류 (black: 피해지역, white: 비피해지역)

Fig. 6. Result of damage detection process (a) before-earthquake (b) after-earthquake (c) ML classification (d) Neural net classification.

표 2. 분류 정확도 비교

Table 2. Classification accuracy comparison.

Features	NN(%)	ML(%)
GLCM	82.68	78.37
WT	76.45	73.21
WT_GLCM	85.21	81.89



그림 7. 피해 밀도에 따른 분포: white(20% 미만), red ~40), orange(~60), cyan(~80), purple(80 % 이상) 피해 지역

Fig. 7. damage distribution based on damage density.

후 GLCM을 이용한 텍스처 특징이 텍스처 분리에 보다 효과적임을 알 수 있다. GLCM Homogeneity, Contrast, Entropy는 같은 양상의 효과를 보여 주고 있어 여기서는 대표적으로 GLCM Entropy 만을 보여 주었다.

다음은 이렇게 추출된 텍스처 특징에 대해 두 영상간의 영역 단위별 상관관계를 구하여 특징벡터를 만들고 변화지역 탐지를 위해 텍스처 특징 벡터에 분류기법을 적용한다. 그림 6 (a)와 (b)에는 지진 전후의 영상 샘플들이 비교되어 있고 (c)와 (d)에는 변화탐지 기법을 적용하여 특징 벡터를 구한 후 최대우도 방법과 신경망 방법을 적용하여 지진 발생 후 변화가 일어난 피해지역을 분류해낸 결과를 비교하여 보여주고 있다. 이렇게 탐지된 지역을 피해지역으로 최종 매핑시킨다.

정확도 검사를 위해 영상 간의 직접적인 비교를 바탕으로 분류기법간 탐지결과를 비교해 보면 표 2에서처럼 웨이블릿 변환 후 GLCM을 이용한 텍스처 특징을 이용하여 신경망 분류기법을 적용하는 방법이 가장 좋은 결과를 보여주고 있다. 이렇게 분류기법을 적용하여 얻어진 피해지역 맵에 일정 윈도우 크기를 설정하여 피해지역으로 분류된 픽셀 수에 따라 피해밀도를 구하면 피해지역 전체의 피해 분포를 파악할 수 있다. 그림 7은 피해 분포의 한 예로 전체 지진피해지역 샘플영상에 대해 피해밀도에 따른 피해 정도의 분포를 구하여 보여주는 예다.

IV. 결 론

국가 전략 사업 중 하나인 u-City 사업은 첨단 정보통신기술을 접목하여 종합적인 정보기술 서비스를 제공하는 것으로 이를 위한 인프라를 기반으로 첨단 정보통신기술을 이용한 재난관리가 가능하다. 재난 발생시 인공위성영상을 이용하면 빠른 시간 내에 재난정보 획득이 가능하고 이를 바탕으로 대응책을 수립하여 구조 및 복구 작업을 효율적으로 수행할 수 있다. 또한, 위성영상은 표준 지구좌표시스템에 보정되어 있어 피해지역의 다른 지리정보와 함께 연관하여 종합적인 정보 획득이 가능하다.

본 연구에서는 원격탐사 영상, 특히 고해상도 영상에서 관찰되는 풍부한 텍스처 정보를 활용하여 변화를 탐지하는 기법을 통해 재난 발생시 재난지역의 피해를 탐지하는 방법론이 제안되어 있다. 특히 고해상도 영상은 1m급 이하 지표 물체를 탐지할 수 있어 건물 탐지가 가능하기 때문에 도심지역에서 일어나는 재난정보를 획득하고 분석하는데 매우 유용하다.

영상분석에서 사용되는 특징은 분석결과에 영향을 끼치기 때문에 정확한 분석을 위해서는 영상의 특징 추출이 중요하며 본 논문에서는 wavelet co-occurrence 방법이 적용되었다. GLCM은 가장 효과적인 텍스처 분석 방법 중 하나로 다중 해상도의 장점과 공간적 주파수 분포 특징의 장점을 지닌 웨이블렛과 함께 적용하면 보다 효과적으로 특징을 분리해 낼 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 특징을 이용해 두 영상 간의 차이를 변화로 탐지하여 피해지역을 분류 및 매핑하고 이를 바탕으로 피해 분포나 피해 정도에 관한 정보를 알아낼 수 있다.

사 사

자료를 사용할 수 있도록 도움을 주고 자문을 준 Univ. of Texas, Austin의 Center for Space Research의 Amy Neuenschwander 연구원에게 감사를 드린다.

참 고 문 헌

[1] F. Dell'Acqua, C. Bignami, M. Chini, G. Lisini, D.A. Polli, and S. Stramondo, "Earthquake Damages Rapid Mapping by Satellite Remote Sensing Data," *Journal of Selected Topics in*

Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 4, no.4, pp.935 - 943, 2009.

[2] D. Tomowski, M. Ehlers, and S. Klonus, "Colour and texture based change detection for urban disaster analysis," *Urban Remote Sensing Event (JURSE), 2011 Joint*, pp.329 - 332, 2011.

[3] S. Nirupama, and P. Simonovic, "Role of remote sensing in disaster management," *ICLR Research Paper Series - No. 21*, 2002.

[4] E. M. Rathje, and M. M. Crawford, "Resolution Satellite Imagery to Detect Damage from the 2003 Northern Algeria Earthquake," *Proceedings, 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, 2004.

[5] P. C. Smith, and A. Annoni, "Updating land-Cover Maps by Using Texture Information from Very High-Resolution Space-Borne Imagery," *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, pp.1244-1254, 1999.

[6] R.M. Haralick, K. Shanmugan, and I. Dinstein, "Texture Features for Image Classification," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3, pp.610-621, 1973.

[7] S. Arivazhagan, and L. Genesan, "Texture classification using wavelet transform," *Pattern Recogn. Lett.* Vol. 24, no. 9, pp.3197-3203, 2003.

[8] L. Wang and J. Lui, "Texture classification using multiresolution Markov Random Field models," *Pattern Recogn. Lett.*, Vol. 20, no. 2, pp. 171-182, 1999.

[9] S. Ghosh, L. Bruzzone, and S. Patra, "A Context-Sensitive Technique for Unsupervised Change Detection Based on Hopfield-Type Neural Networks," *Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, no. 3, pp. 778-789, 2007.

저 자 소 개



정 명 희(정회원)

1989년 서울대학교 계산통계학과 학사졸업

1991년 12월 미국 University of Texas at Austin 통계학과 석사졸업

1997년 8월 미국 University of Texas at Austin 산업공학과 박사졸업

<주관심분야 : 통신, 시뮬레이션, 원격탐사 데이터 처리, 영상처리 멀티미디어 >