

융합평가 지수에 따른 고해상도 위성영상 기반 변화탐지 정확도의 비교평가

Comparison of Change Detection Accuracy based on VHR images Corresponding to the Fusion Estimation Indexes

Wang Biao* · 최석근** · 최재완*** · 양성철**** · 변영기***** · 박경식*****
Wang, Biao · Choi, Seok Geun · Choi, Jae Wan · Yang, Sung Chul · Byun, Young Gi · Park, Kyeong Sik

요 旨

변화탐지 기법은 위성영상의 활용 및 국토 모니터링에 있어서 필수적인 알고리즘이다. 그러나, 변화탐지 기법을 고해상도 위성영상에 적용할 경우, 다시기 영상 간의 기하학적 차이 등에 의하여 변화탐지 정확도가 저하될 수 있다. 본 연구에서는 효과적인 위성영상의 변화탐지를 위하여 기존의 융합 영상 평가지수를 활용하고자 한다. 또한, 기존의 다시기 위성영상을 활용한 일반적인 변화탐지 기법과 교차융합영상을 이용한 변화탐지 결과를 비교하여, 다시기 고해상도 위성영상에 적합한 변화탐지 기법을 제안하고자 한다. 이를 위해, 융합영상 평가 지수인 ERGAS, UIQI, SAM를 무감독 변화탐지 기법에 적용하고 기존의 CVA를 이용한 변화탐지 기법의 결과와 비교하였다. 또한, 영상융합 기법에 따른 고해상도 위성영상 변화탐지 정확도를 평가하여 고해상도 위성영상의 무감독 변화탐지에서 발생할 수 있는 기하학적 오차를 최소화할 수 있는 방법을 분석하였다. 실험결과, 교차융합영상과 ERGAS 지수를 활용한 변화탐지 기법이 기존 기법과 비교하여 상대적으로 높은 변화지역 탐지 가능성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 변화탐지, 교차융합영상, 융합방법, 융합평가지수, 고해상도 위성영상

Abstract

Change detection technique is essential to various applications of Very High-Resolution(VHR) satellite imagery and land monitoring. However, change detection accuracy of VHR satellite imagery can be decreased due to various geometrical dissimilarity. In this paper, the existing fusion evaluation indexes were revised and applied to improve VHR imagery based change detection accuracy between multi-temporal images. In addition, appropriate change detection methodology of VHR images are proposed through comparison of general change detection algorithm with cross-sharpened image based change detection algorithm. For these purpose, ERGAS, UIQI and SAM, which were representative fusion evaluation index, were applied to unsupervised change detection, and then, these were compared with CVA based change detection result. Methodologies for minimizing the geometrical error of change detection algorithm are analyzed through evaluation of change detection accuracy corresponding to image fusion method, also. The experimental results are shown that change detection accuracy based on ERGAS index by using cross-sharpened images is higher than these based on other estimation index by using general fused image.

Keywords : Change Detection, Cross-sharpened Image, Fusion Method, Fusion Estimation Index, VHR Satellite Image

2013년 4월 12일 접수, 2013년 5월 14일 수정, 2013년 6월 21일 채택

* 충북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(Ph. D. Candidate, Department of Civil Engineering, Chungbuk National University, wangbiao@chungbuk.ac.kr)

** 정회원 · 충북대학교 공과대학 토목공학부 교수(Member, Professor, Department of Civil Engineering Chungbuk National University, skchoi@chungbuk.ac.kr)

*** 교신저자 · 정회원 · 충북대학교 공과대학 토목공학부 조교수(Corresponding author, Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering Chungbuk National University, jaewanchoi@chungbuk.ac.kr)

**** 공간정보연구원 책임연구원(Principal Researcher, Spatial Information Research Institute, scyang@lx.or.kr)

***** 한국항공우주연구원 위성정보 연구센터 선임연구원(Senior Researcher, Korea Aerospace Research Institute, ygbyun@kari.re.kr)

***** 정회원 · 인하공업전문대학교 항공정보지리학과 교수(Member, Professor, Department of Aerial Geoinformatics, Inha Technical College, pks@inhac.ac.kr)

1. 서론

현재사회가 복잡화, 고도화됨에 따라서 국토공간의 효율적인 활용 및 관리를 위한 지형공간정보의 중요성이 날로 증가하고 있다. 특히, 도시지역은 건물의 신축과 재건축 그리고 대규모 개발 등에 의하여 빠르게 변화하고 있기 때문에 그 변화를 신속하게 탐지하는 것이 필요하다.

위성 원격탐사는 1972년 LANDSAT-1호가 발사된 이래, 세계 각국에서 다양한 목적으로 수많은 지구관측 위성들이 발사되면서 발전하고 있다. 최근에는 고해상도 위성센서가 발사되면서 다양한 위성영상 자료를 활용하여 도시지역의 변화를 탐지하고자 하는 연구가 이루어져 왔으며, 국내의 경우에도 위성영상이나 항공사진을 활용하기 위해 일부 지자체에서 시범사업을 추진하기도 하였다. 한편, 원격탐사에서 변화탐지(change detection) 기술은 다중시기에 취득된 위성영상, 항공사진 등의 원격탐사 자료를 활용하여 대상물이나 국토의 지형변화를 탐지, 추출하는 것을 의미하며, 중요성이 증대되고 있다. 국내에서도 도시지역을 중심으로 위성영상을 이용한 변화탐지에 대한 활발한 연구가 행하여졌는데 1988년과 1997년 Landsat영상을 이용하여 토지이용분류를 수행한 연구가 환경부에서 수행되었으며, Russian 2m 해상도 DD-5영상과 IRS-1C, Landsat TM 자료를 이용하여 서울지역의 신도시건설로 인한 도시지의 팽창과 변화가 분석되기도 하였다. 국외의 경우 토지피복 변화탐지를 위해 위성영상을 이용하여 적합한 분류알고리즘을 적용시킨 방법이 많이 수행되었으며, 급격한 도시 변화가 일어나고 있는 베이징의 Landsat-7 ETM+ 영상과 SPOT 전정색 영상(panchromatic) 자료를 이용하여 빌딩을 중심으로 변화 탐지하는 연구가 수행되었다(Zhang and Wang, 2002). 그러나, 대상물의 분광학적 특성을 기록하는 위성영상은 센서보정과 대기의 상태, 태양-센서-목표물 간의 기하학적 관계 등 여러 가지 원인으로 인해 동일한 지역이라 하더라도 촬영 시기가 다르면 동일한 밝기값을 기대하기 어렵다(Chen et al., 2005). 영상 대수와 영상 변환과 같은 변화탐지 기법들은 토지이용/토지피복의 변화가 발생한 지역과 그렇지 않은 지역을 구분하는 임계치의 설정이 필요하지만, 위성영상의 특성에 따라 달라지며, 지역전문가와 분석가에 따라서 주관적으로 이루어질 수 있다(Lu et al., 2004). 또한, 대부분의 변화탐지 기법들은 위성영상의 기하적인 특성에 민감하며, 기복변위 등에 의한 영상 왜곡이 발생할 경우에는 변화탐지 기법을 적용하기 어려울 수 있다. 이러한 문제점들을 최소화하기 위

하여, 멀티스펙트럴 영상에 무감독 변화탐지 기법을 적용하기 위하여 CVA(Change Vector Analysis)를 비롯한 다양한 무감독 변화탐지 기법들이 제안되었다(Wang et al, 2012). 최근에는 기존의 영상융합(image fusion, pan-sharpening) 분야에서 활용되었던 융합영상 평가 지수들을 무감독 변화탐지 기법에 적용하려는 연구들이 이루어지기도 하였다(Renza et al., 2012; Choi and Byun, 2012(a)).

본 연구에서는 무감독 변화탐지 기법에 적용할 수 있는 다양한 융합 평가지수들을 고해상도 위성영상에 적용하고, 이에 따른 결과를 분석하고자 한다. 이를 통해, 고해상도 위성영상 무감독 변화탐지 기법에 적합한 변화탐지 지수를 평가하였다. 또한, 기존의 다시기 위성영상을 활용한 일반적인 변화탐지 기법과 교차융합영상을 이용한 변화탐지 결과를 비교하여, 다시기 고해상도 위성영상에 적합한 변화탐지 기법을 제안하고자 한다.

2. 연구 방법

CVA는 서로 다른 두 시기 영상의 화소벡터들 간의 크기와 방향을 이용하여 변화지역의 크기와 방향을 추정하는 대표적인 무감독 변화탐지 기법 중의 하나이다. CVA를 기반으로 하는 다양한 변화탐지 기법들이 존재하며, Zhang et al(2009) 등은 다시기 멀티스펙트럴 영상에 CVA기법들을 적용한 자동 지역변화탐지 기법을 제안하였다. 일반적인 CVA 기법에서 적용되어지는 각 화소의 변화의 크기는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$CVA = \sum_{k=1}^N [BV_{k(data2)} - BV_{k(data1)}]^2 \quad (1)$$

여기에서, $BV_{k(data1)}$ 는 의 각각 k 밴드의 $data1$ 와 $data2$ 의 화소의 밝기 값이며, N 는 영상밴드의 총 개수이다. 한편, 서론에서 언급한 바와 같이 최근에는 융합영상 평가지수를 변화탐지 분야에 적용한 연구들이 이루어졌다. 융합영상과 원 멀티스펙트럴 영상의 정량적 평가를 위해서 사용되는 대표적인 융합평가지수들은 ERGAS(Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse), SAM(Spectral Angle Mapper), UIQI(Universal Image Quality Index), Q4, SID(Spectral Information Divergence), RASE(Relative Average Spectral Error) 등이 있으며, 위와 같은 평가지수들은 원 영상과 융합영상간의 동일한 위치의 화소값들의 밝기값 차이, 상관도(correlation) 등을 이용하여 화소간

유사도를 측정하는 특성을 지닌다(Rahmani et al., 2010). 따라서, 위의 융합평가지수들은 시기가 다른 두 영상간의 화소값 차이를 정량화한 CVA와 입력영상이 다르다는 점을 제외하면 동일한 특성을 가진다고 볼 수 있다. 또한, ERGAS를 변화탐지에 적용한 Renza et al (2012)의 연구와 같이 다양한 융합영상평가지수들을 변화탐지 기법에 적용할 수 있을 것이라고 판단되었다. 본 연구에서는 대표적인 융합평가지수인 ERGAS, SAM, UIQI 지수를 변화탐지 기법에 적용하고, 기준 영상과 변화지역 영상간의 상대적인 유사도를 평가하였다. 첫 번째로, ERGAS는 융합영상과 원 영상 사이의 화소값 차이를 공간해상도에 맞추어 평가하기위한 지표이다.

두 영상 간의 평균제곱근오차(RMSE; Root Mean Square Error)를 기반으로 계산되기 때문에 수치가 0에 가까울수록 미변화지역을 나타내는 계수로써 사용할 수 있다. 일반적인 ERGAS는 흑백영상과 멀티스펙트럴 영상의 해상도를 고려하여 계산되지만, 변화탐지 적용에 있어서 두 영상의 해상도는 동일하기 때문에, 본 연구에서는 ERGAS 지수를 식 (2)와 같이 조정하였다.

$$ERGAS = 100 \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\frac{RMSE(BV_k)}{\mu(k)} \right)^2} \quad (2)$$

여기에서, BV_k 는 k 번째 밴드를, $\mu(k)$ 는 기준 자료 영상 k 번째 밴드의 평균복사휘도를 정의한다. 또한 $RMSE$ 는 식 (3)과 같이 정의 된다.

$$RMSE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{k=1}^{N_p} (data1(k) - data2(k))^2} \quad (3)$$

여기에서, N_p 는 밴드별 픽셀수를, $data2$ 는 해당 영상의 k 번째 밴드를 의미한다.

SAM는 두 영상의 화소 벡터간의 각을 이용하여 유사성을 계산하는 척도이며, 0에 가까운 값을 가질수록, 해당 화소의 위치의 지역이 변화하지 않았음을 나타낸다. SAM을 계산하기 위한 식은 (4)와 같다.

$$SAM = \arccos \left(\frac{v_1 \cdot v_2}{\|v_1\|_2 \cdot \|v_2\|_2} \right) \quad (4)$$

여기에서, v_1 은 영상의 화소값으로 이루어진 벡터이며, $v_1 \cdot v_2$ 은 두 벡터 원소들 사이의 곱의 합,

$\|v_1\|_2 \cdot \|v_2\|_2$ 은 두 벡터 간 내적을 의미한다. 이 같이 계산된 값들을 이용하여 각도 v_1 과 v_2 의 유사성을 결정하여, 최종적인 SAM값을 계산한다. UIQI는 영상의 상관도, 편향, 화소차이를 정량화하여 표현함으로써 원 영상과 융합영상간의 유사도를 측정하기 위하여 제안되었으며, 본 연구에서는 기존 영상상과 변화지역 영상간의 상대적인 유사도를 평가하는 척도로 사용 가능하다. UIQI는 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$UIQI = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{x^2 + y^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (5)$$

여기에서, x, y 는 원 영상과 실험 영상의 각 픽셀 값이 되며, \bar{x} 와 \bar{y} 는 평균값을, σ_x 와 σ_y 는 표준 편차를, σ_{xy} 는 각 x 와 y 의 공분산을 나타낸다.

UIQI는 영상의 통계적 특성 차이를 정량화하며, ERGAS와 SAM은 영상간의 화소값 벡터사이의 크기와 각의 차이를 이용하여 두 영상의 차이를 평가한다. 따라서, 이들을 다시기 위성영상에 적용할 경우, CVA의 변화지역을 추정하는 방법과 유사한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 고해상도 위성영상의 공간적인 특성을 반영하고, 화소간 비교에 의한 오차를 최소화하기 위하여 UIQI, ERGAS, SAM 지수들을 3*3크기의 윈도우 기반의 지수로 수정하여 적용하였다.

3. 변화탐지 기법 적용을 위한 융합영상의 생성

본 연구에서는 변화 전의 기준자료(reference data)에 대한 멀티스펙트럴 영상을 R_m , 기준자료에 대한 고해상도 흑백영상을 R_p , 변화 후의 지역자료(target data)에 대한 멀티스펙트럴 영상을 T_m , 변화 지역자료에 대한 고해상도 흑백영상을 T_p 으로 정의한다. R_m, R_p, T_m, T_p 를 이용한 일반적인 영상융합 기법은 식 (6), (7)을 이용하여 적용된다.

$$R_p + R_m = R_p R_m \quad (6)$$

$$T_p + T_m = T_p T_m \quad (7)$$

여기서, $R_p R_m$ 은 R_p 와 R_m 을 이용하여 융합된 고해상도 멀티스펙트럴 영상을 의미한다. 또한, R_m, R_p, T_m, T_p 의 영상을 새롭게 조합하여 교차융합영상(cross-

sharpened image)을 생성하였다. 교차융합영상은 동일한 혹은 시기가 일치하지 않는 임의의 멀티스펙트럴, 고해상도 흑백영상을 이용하여 생성한 융합영상을 의미한다(Choi and Byun, 2012(b)). 본 연구에서 정의한 교차융합영상은 일반적인 융합영상 2장을 포함한 총 4장의 융합영상을 의미하여, 식 (6), (7)과 더불어 식 (8), (9)을 이용하여 생성된다.

$$R_p + T_m = R_p T_m \tag{8}$$

$$T_p + R_m = T_p R_m \tag{9}$$

$R_p R_m$ 와 $T_p T_m$ 를 사용하는 일반적인 변화탐지 기법들은 영상 내 일부 개체들의 기하학적 특성 차이에 의하여 변화하지 않은 건물이나 기하보정이 제대로 이루어지지 않은 지역들이 변화된 것으로 오탐지할 수 있다. 그러나, 동일한 고해상도 흑백영상을 이용하여 생성된 교차융합영상의 조합($R_p R_m$ 와 $R_p T_m$, $T_p R_m$ 와 $T_p T_m$)들은 상대적으로 유사한 공간적 특성을 가지게 된다. 따라서, 시기가 동일한 고해상도 흑백영상을 이용하여 생성된 교차융합영상 2장의 조합은 기하보정, 기하학적 특성, 기복변위 등에 의한 변화탐지의 오차를 감소시킬 수 있을 것이다. 또한, 일반적인 변화지역의 경우에도 융합영상의 색상왜곡과 동일한 현상으로 나타나기 때문에 화소값의 차이를 이용하여 탐지할 수 있다. 결과적으로, 다시기 고해상도 위성영상의 교차융합영상의 조합은 무감독 변화탐지의 오차를 감소시킬 수 있다고 사료된다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험 데이터

본 연구에서 제시한 교차융합영상과 변화탐지 지수의 평가를 위하여 Fig. 1, 2와 같이 2004년 10월 30일

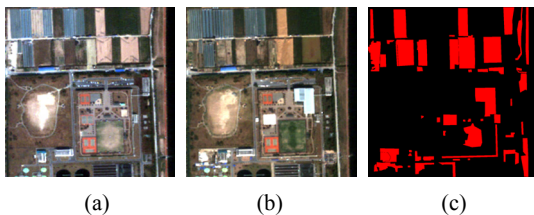


Figure 1. Study area 1((a)reference image(2004/10/30), (b)target image(2006/10/28), (c)ground truth data)

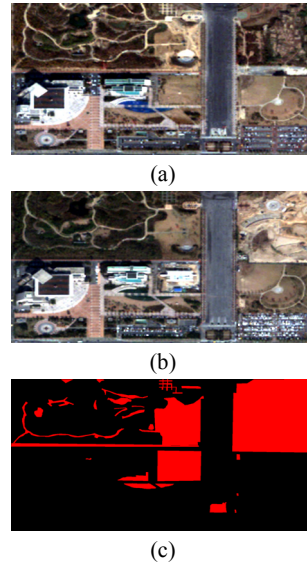


Figure 2. Study area 2((a)reference image(2004/10/30), (b)target image(2006/10/28), (c)ground truth data)

Table 1. QuickBird data Specifications of study area

sensor	Quickbird
study area	Daejeon
spatial resolution	0.7m(panchromatic) 2.8m(multi-spectral)
radiometric resolution	11bits
off nadir-angle	14.6 ° (study area 1) 13.5 ° (study area 2)
Image size	1000*1000 (study area 1) 800*1400 (study area 2)
date	reference image : 2004/10/30 target image : 2006/10/28

(시기 1)의 기준자료와 2006년 10월 28일(시기 2)의 변화 지역자료에 대한 영상을 사용하였으며, 영상의 세부사항은 Table 1과 같다.

4.2 전처리 및 변화탐지 기법의 적용방법

Fig. 1, 2의 위성영상 자료들에 변화탐지 기법을 적용하기 위하여 다음의 전처리 과정을 수행하였다. 먼저, 다시기에 획득한 영상들의 기하보정을 수행하였다. 본 연구에서는 변화된 지역의 실제 좌표를 구하는 것이 주목적이 아니기 때문에, 원 영상을 위성으로부터 취득할 당시에 기록되어 있는 좌표를 기준으로 변화지역 영상

의 좌표를 동일하게 조정하는 상대 기하보정 기법을 적용하였으며, 참조자료 영상 내에서 지상기준점(GCP; Ground Control Point)를 추출한 후, 이를 이용하여 변화 지역의 좌표를 참조자료와 동일하게 조정하였다. 기하보정 과정을 거친 자료들은 히스토그램 매칭 과정을 거쳐 변화 지역자료와 참조자료가 동일한 화소값 통계치를 가지도록 조정하였다. 전처리 과정을 거친 영상들에 대하여 교차융합영상을 생성한 후, 본 연구에서 제안한 교차융합영상 생성 방법 및 변화탐지 계수를 적용하였다. 교차융합영상을 생성하기 위한 영상융합 기법은 기존의 영상융합기법들과 비교하여, 상대적으로 분광해상도/공간해상도 보존의 측면과 시각적인 품질에서 효과적인 알고리즘으로 알려져 있는 NDVI 기반의 위성영상 융합기법을 일괄적으로 적용하였다(Choi and Byun, 2012(c)). 변화탐지 기법의 적용결과 영상들은 임계치 추정을 통하여 변화/미변화지역으로 무감독 분류하였다. 본 연구에서 적용한 임계치 추정기법은 영상 처리 분야에서 가장 많이 사용하는 기법 중의 하나인 Otsu의 임계치 기법을 사용하였다(Otsu, 1979).

4.3 실험 결과 및 분석

일반적인 변화탐지에 사용되는 $R_p R_m T_p T_m$ 조합과, 공간적인 특성이 동일한 교차융합영상의 조합인 $R_p R_m R_p T_m$, $T_p T_m T_p R_m$ 을 이용하여 총 4종류의 변화탐지 지수(ERGAS, UIQI, SAM, CVA)를 실험영상에 적용하였다. 임계치 과정을 거쳐 최종적으로 산출된 변화지역에 대한 참조자료와의 비교에 의한 전체 정확도(overall accuracy)와 카파계수(kappa coefficient)는 Table 2, 3과 같다.

Table 2. Result of study area 1

Combination method	Change detection techniques	Overall Accuracy(%)	Kappa Coefficient
$R_p R_m R_p T_m$	ERGAS	86.2870	0.5025
	UIQI	83.4725	0.3086
	SAM	84.8225	0.4753
	CVA	86.0667	0.4998
$T_p T_m T_p R_m$	ERGAS	85.4774	0.4546
	UIQI	83.4499	0.3006
	SAM	84.1268	0.4213
	CVA	84.0432	0.3684
$R_p R_m T_p T_m$	ERGAS	84.7739	0.5031
	UIQI	80.3763	0.3067
	SAM	77.2180	0.3216
	CVA	83.2807	0.4771

Table 3. Result of study area 2

Combination method	Change detection techniques	Overall Accuracy(%)	Kappa Coefficient
$R_p R_m R_p T_m$	ERGAS	82.8157	0.4710
	UIQI	84.4896	0.4922
	SAM	84.3957	0.5292
	CVA	82.3038	0.4556
$T_p T_m T_p R_m$	ERGAS	83.4229	0.4889
	UIQI	82.8165	0.4110
	SAM	81.8232	0.4624
	CVA	82.9995	0.4667
$R_p R_m T_p T_m$	ERGAS	78.8233	0.3169
	UIQI	75.8040	0.2150
	SAM	75.5114	0.2816
	CVA	78.4598	0.2871

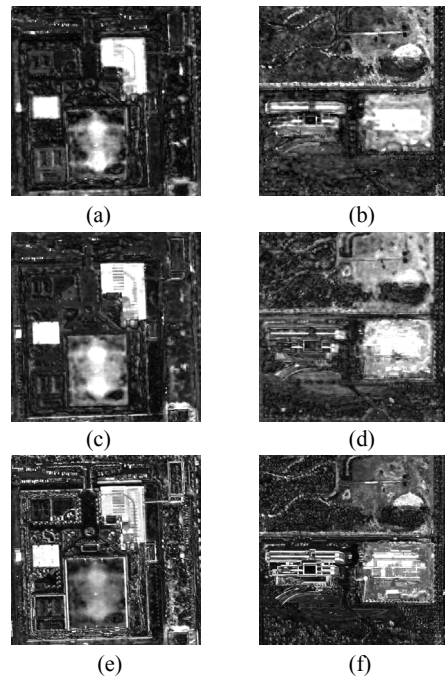


Figure 3. Change detection result by CVA corresponding to various fused images: (a) result by $R_p R_m R_p T_m$ of study area 1, (b) result by $R_p R_m R_p T_m$ of study area 2, (c) result by $T_p T_m T_p R_m$ of study area 1, (d) result by $T_p T_m T_p R_m$ of study area 2, (e) result by $R_p R_m T_p T_m$ of study area 1, (f) result by $R_p R_m T_p T_m$ of study area 2.

Table 2, 3에 나타난 바와 같이 대체적으로 ERGAS 지수를 이용한 결과가 UIQI, SAM, CVA와 비교하여 우수한 결과를 나타냈다. 실험 지역2의 $R_p R_m R_p T_m$ 조합에 의한 결과는 SAM, UIQI 값이 ERGAS, CVA 결과에 비하여 높은 값을 보이지만, 이것은 SAM, UIQI 을 이용한 결과가 상대적으로 변화지역을 적게 추출하는 경향을 보이며, 이로 인해 일부 미변화지역(건물) 등이 추출되지 않음에 의해서 탐지정확도가 높아진 것으로 판단된다. 각 변화탐지 기법의 결과를 세부적으로 분석하기 위하여, CVA에 의한 교차융합영상들의 변화

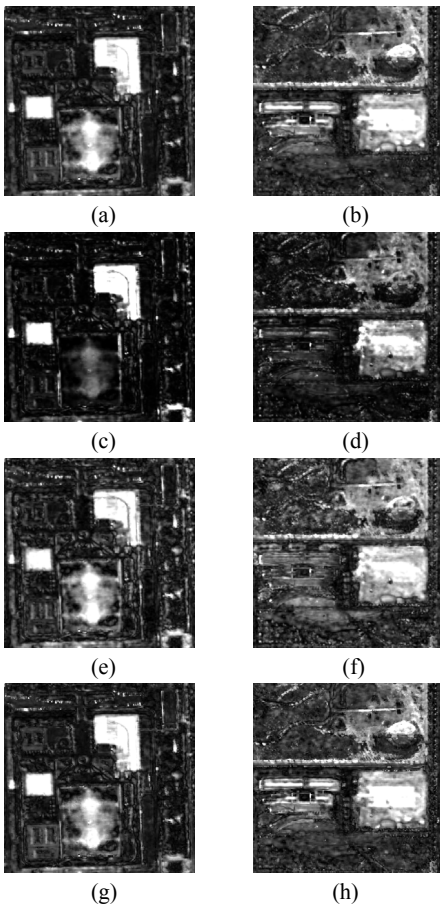


Figure 4. Change detection result by $R_p R_m R_p T_m$ corresponding to various change detection indexes: (a), (b) result by ERGAS of study area 1 and 2, (c), (d) result by UIQI of study area 1 and 2, (e), (f) result by SAM of study area 1 and 2, (g), (h) result by CVA of study area 1 and 2.

탐지 결과와 변화탐지 평가지수에 따른 변화탐지 결과를 Fig. 3, 4에 시각화하였다.

Fig. 3에서 확인할 수 있는 것과 같이, 일반적인 융합 기법에 의한 결과(Fig. 3(e), (f))는 기하학적 차이에 의한 오차가 다양하게 발생한다. 특히, 공간해상도가 동일한 교차융합조합을 사용한 변화탐지결과(Fig. 3(a)~(d))에 비교하여 미변화 건물들의 에지를 오탐지하며, 일부 식생지역에서도 blurring이나 aliasing과 같은 문제점이 발생하였다. 따라서, 교차융합영상들의 조합이 일반적인 융합영상의 변화탐지 결과에서 발생하는 오차를 감소시킬 수 있음을 확인하였다. Fig. 4는 Table 2, 3에서 전반적으로 높은 변화탐지 정확도를 보이는 $R_p R_m R_p T_m$ 조합을 이용한 변화탐지 결과의 그림이다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이, Otsu 임계치 기법의 정확도 한계 때문에 전체적인 변화 탐지 정확도는 낮지만, 고해상도 위성영상 내의 주된 변화지역을 탐지할 수 있었으며, 일부 기하학적 특성이 다른 건물들을 미변화지역으로 분류하는 것이 가능함을 확인할 수 있다. 한편, SAM과 UIQI의 결과는 상대적으로 변화지역을 적게 추출하는 것을 볼 수 있는데, 이는 초기 변화지역을 추출하는 데 오히려 효과적일 수 있다. 그러나, 무감독 변화탐지 기법의 적용에 있어서는 일반적인 융합영상들을 이용한 결과와 비교하여, 교차융합영상조합에 ERGAS 기법을 적용한 변화탐지 결과가 가장 높은 정확도를 보임을 정량적/시각적으로 확인하였다.

5. 결론

본 연구에서는 융합평가 지수와 영상융합 기법에 따른 고해상도 위성영상 변화탐지 정확도를 비교평가 하였으며, 이를 통해 고해상도 위성영상의 무감독 변화탐지에서 발생할 수 있는 기하학적 오차를 최소화할 수 있는 방법을 분석하고자 하였다. 실험 결과, 교차융합 영상들의 조합이 일반적인 융합영상의 변화탐지 결과에서 발생하는 오차를 감소시킬 수 있으며, 무감독 변화탐지 기법의 적용에 있어서는 교차융합영상조합에 ERGAS 기법을 적용한 변화탐지 결과가 UIQI, SAM, CVA와 비교하여 높은 정확도를 나타내는 것을 확인하였다. 향후 연구에서는 추가적인 자료를 통한 실험의 검증이 필요하며, 객체 기반의 변화탐지에 따른 영향에 대한 연구도 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2013년 한국항공우주연구원 위성정보연구

센터 위성정보공공활용사업 위탁과제로 수행되었음

References

1. Chen, X., Vierling, L., Deering, D., 2005, A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 98, pp. 63-79.
2. Choi, J., Byun, Y., 2012(a), Utilization of a pan-sharpening quality index for change detection of high resolution satellite image, *Conference of The Korean society for GeoSpatial Information System*, pp.5-6.
3. Choi, J., Byun, Y., 2012(b), Effects analysis of the image fusion result by a relief displacement and changed area, *Proceedings of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, pp. 303-304.
4. Choi, J., Byun, Y., 2012(c), The pansharpening algorithm based on NDVI for generation of satellite digital map with high-spatial resolution, *Journal of Cadastre*, Vol. 42, No. 2, pp. 213-226.
5. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004, Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 12, pp. 2365-2407.
6. Otsu, N., 1979, A threshold selection method from gray level histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No.1, pp. 62-66.
7. Rahmani, S., Strait, M., Merkurijev, D., Moeller, M., Wittman, T., 2010, An adaptive IHS pan-sharpening method, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 7, No. 4, pp. 746-750.
8. Renza, D., Martinez, E., Arquero, A., 2012, A new approach to change detection in multispectral image by means for ERGAS index, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 10, No.1, pp.1-5.
9. Wang, B., Choi, J., Choi, S., 2012, Comparison of unsupervised change detection methods for satellite imagery using fusion quality quality indexes, *Conference on Geo-Spatial Information*, pp. 77-78.
10. Zhang, H., Chen, J., Mao, Z., 2009, An operational method to determine change threshold using change vector analysis, *Proc. of SPIE Vol. 7497*, pp. 749706-1-749706-8.
11. Zhang, Q., Wang, J., 2002, Detection of buildings from Landsat-7 ETM+ and SPOT panchromatic data in Beijing, China, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium(IGARSS)*, Vol. 5, pp. 2977-2979.