

CVA 변화탐지 기법을 이용한 식생 변화 탐지

Vegetation Change Detection using Change Vector Analysis

김혜진*, 김선수**, 김용일***

Hye-Jin Kim, Sun-Soo Kim, Yong-Il Kim

- * 서울대 지구환경시스템공학부 박사과정, vicky2@snu.ac.kr
** 서울대 지구환경시스템공학부 석사과정, frog992@empal.com
*** 서울대 지구환경시스템공학부 부교수, yik@plaza.snu.ac.kr

요 약

변화탐지를 위하여 기존에 사용하던 화소차 혹은 화소비 변화탐지 기법은 단밴드의 영상을 사용하므로 다중분광 자료를 활용하기 어렵고 변화지역의 유형을 추출하는데 적절하지 못하다는 단점이 있다. 후분류 변화탐지 기법은 다중분광 영상의 활용이 가능하고 변화지역의 변화 유형을 파악할 수 있지만 변화탐지 성과가 분류 결과의 정확도에 의해 크게 영향을 받는다. 이에 반해 CVA(Change Vector Analysis) 변화탐지는 여러 밴드의 다중분광 영상을 이용하여 변화지역을 탐지할 뿐 아니라 피복 변화의 경향을 파악할 수 있어 보다 효율적인 기법으로 평가 받고 있다. 기본적인 CVA 변화탐지는 일반적으로 다중분광 영상의 red 밴드와 infrared 밴드의 영상을 조합하여 변화탐지를 수행하여 식생 및 인공물의 변화를 탐지한다. 본 연구에서는 단순한 red/NIR 밴드간의 조합 외에 식생의 특성을 계수로 변환하는 PDA(Pattern Decomposition Analysis) 변환 및 Tasseled Cap 변환 결과를 이용한 CVA 변화탐지를 수행하고 각 결과의 정확도를 비교하여 보다 효율적인 식생 변화탐지 기법을 제안하고자 하였다.

1. 서론

인공위성 영상을 이용한 변화 탐지는 광범위한 지역에 대한 토지피복 및 토지이용 변화를 주기적으로 비교적 손쉽게 모니터링할 수 있다는 점에서 원격탐사의 주요 응용 분야 중 하나이다. 기존에 주로 사용되던 화소차 변화탐지 기법은 하나의 밴드 영상만을 사용하여 다중분광 영상의 정보를 충분히 활용하지 못하고 변화의 유형을 파악할 수 없다는 단점이 있고 후분류 변화탐지 기법의 경우 분류 결과의 정확도에 따라 변화탐지의 성능이 좌우된다는 한계가 있다. 때문에 최근에는 다중분광 영상의 정보를 반영하고 동시에 변화 경향도 파악할 수 있는 CVA(Change Vector Analysis) 기법이 변화탐지에 많이

활용되고 있다. 또한 CVA 기법은 여러 가지 밴드 조합을 이용하여 수행할 수 있기 때문에 다중분광 영상의 밴드간의 조합뿐 아니라 특성화된 패턴값들의 조합을 이용하여 보다 다양한 대상의 변화 탐지에 활용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되는 red/NIR 조합과 다중분광 영상의 PDA(Pattern Decomposition Analysis) 영상 및 Tasseled Cap 변환 영상을 각각 CVA 기법을 적용하여 가장 효율적인 CVA 기법을 제시하고자 하였다. 실험 지역은 지난 10여년간 많은 토지피복 변화가 있었던 서울 북서부 지역을 대상으로 하였으며 1992년의 Landsat TM 영상과 2001년의 Landsat ETM+ 영상을 이용

하여 변화탐지를 수행하였다.

2. CVA 변화 탐지 기법

2.1. CVA(Change Vector Analysis)

CVA 변화탐지는 기존의 변화탐지와는 달리, 변화정도의 크기와 함께 변화의 경향을 탐지를 할 수 있는 변화탐지 기법이다. CVA의 결과는 서로 다른 두 시기 영상의 화소벡터들간의 크기(magnitude)와 방향(direction)으로 나타나는데 벡터의 크기(magnitude)와 벡터의 서로 다른 두 시기의 변화정도를 나타내며 벡터의 방향은 두 시기에 일어난 변화의 경향을 나타낸다. 서로 다른 시기의 두 개 밴드 영상을 사용하여 CVA 분석을 수행할 경우의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

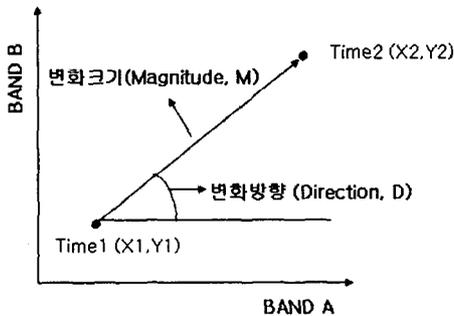


그림 1 CVA 분석

$$M = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (\text{식 1})$$

$$D = \arctan \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (\text{식 2})$$

X_1, Y_1 : 시기1에 band A, B의 화소값

X_2, Y_2 : 시기2에 band A, B의 화소값

벡터의 크기 M이 클수록 큰 변화가 발생한 것이며 보통 적절한 임계값(threshold)을 설정하여 그 이상으로 변화한 화소를 변화 지역으로 간주한다. 벡터의 변화방향 D는 서로 다른 두 시기의 변화에 대한 방향을 나타내는데 예를 들어, red 밴드와 NIR(Near Infrared) 밴드를 이용하여 CVA 분석을 하였을 때 Δred 가 양의 값

(+)이고, ΔNIR 이 음의 값(-)인 결과가 나온다면, 이것은 식생이 감소했음을 의미하며, 그와 반대로 Δred 가 음의 값(-)이고, ΔNIR 이 양의 값(+)의 결과에 대해서는 식생이 증가한 변화를 나타낸다. 이러한 변화 방향은 해당 밴드간의 특징에 따라 여러 형태로 결정이 된다.

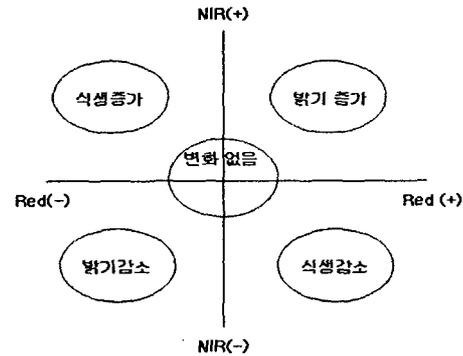


그림 2 CVA의 벡터 방향

벡터 방향의 경우의 수는 사용된 밴드의 수에 따라 결정되는데, N개의 밴드로 두 시기를 비교한다면, 2^N 개의 변화 방향이 주어진다. 즉, 그림 2에서와 같이 2개의 밴드로 두 시기의 변화 방향을 분석하면, 벡터 방향은 식생의 증감, 밝기의 증감으로 4가지 변화방향을 나타낼 수 있다.

2.2. PDA(Pattern Decomposition Analysis)

PDA 기법은 다중분광 영상을 의미를 갖는 패턴으로 분해하는 기법으로 다밴드의 영상의 화소값들을 변환하여 물(water), 토양(soil), 식생(vegetation)의 세 가지 패턴을 추출하는 기법이다(Muramatsu, 2000). 각각의 패턴은 식 3과 같은 일차식을 통해 추출되며 Muramatsu가 제시한 Landsat TM 영상의 PDA 계수는 표 1과 같다.

$$C_k = \sum_{i=1}^N p_i DN_i \quad (\text{식 3})$$

k : PDA 패턴(water, soil, vegetation)

DN_i : 밴드 i 의 화소값 ($i = 1, \dots, N$)

$p_i : k$ 패턴에 대한 밴드 i 의 PDA 계수

표 1 Landsat TM의 PDA 계수

	밴드1	밴드2	밴드3	밴드4	밴드5	밴드6
물	0.39	0.28	0.18	0.14	0.01	0.00
식생	0.03	0.05	0.03	0.60	0.21	0.09
토양	0.09	0.12	0.13	0.21	0.23	0.21

2.3. Tasseled Cap 변환

Tasseled Cap 변환은 다중분광 영상으로부터 식생 활력 지표를 추출해내는 식생 분석 기법으로 일반적으로 brightness, greenness, wetness 세 개의 지표를 추출해 사용한다.(Christ and Kauth, 1986) 변환은 PDA 변환과 같은 형태의 1차 변환식을 통해 이루어지며 본 연구에서 활용한 Tasseled Cap 변환 계수는 다음과 같다.

표 2 Landsat TM의 TC 변환 계수

	밴드1	밴드2	밴드3	밴드4	밴드5	밴드7
bright	0.30	0.27	0.47	0.55	0.50	0.18
ness	37	39	43	85	82	63
green	-0.2	-0.2	-0.5	0.72	0.08	-0.1
ness	842	435	436	43	40	800
wetne	0.15	0.19	0.32	0.34	-0.7	-0.4
ss	09	73	79	06	112	572

3. 실험 데이터

본 연구의 대상 지역은 서울 북서부 지역과 고양시 일대를 포함하는 20X20km 지역으로 1990년대에 많은 토지피복 변화가 발생한 지역이다. 특히 1990년부터 일산 신도시 개발이 시작된 고양시 일대와 1993년부터 쓰레기 매립이 중단되고 공원으로 조성된 난지도 부근 지역 등 단기간에 인공적인 토지피복 변화가 많이 일어난 지역을 포함하고 있다.

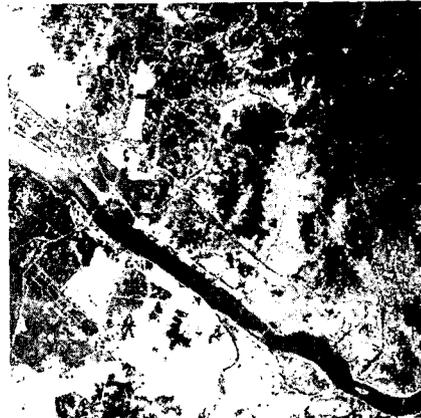


그림 3 1992년 Landsat TM 영상

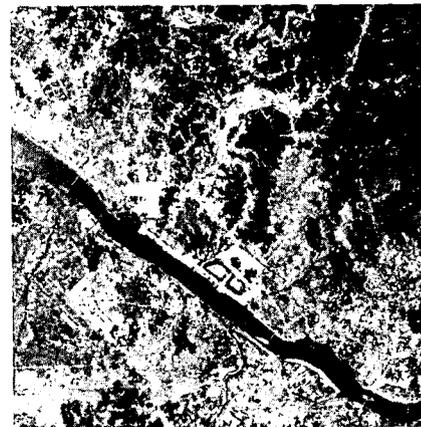


그림 4 2001년 Landsat ETM+ 영상

사용된 영상은 1992년 6월의 Landsat TM 영상과 2001년 9월에 취득된 Landsat ETM+ 영상으로 제원은 다음과 같다.

표 3 실험 영상 제원

	영상 I	영상 II
취득일	1992년 6월 2일	2001년 9월 23일
공간 해상력	30m	30m
취득 센서	Landsat5 TM	Landsat7 ETM+
촬영 고도	705 km	705 km
영상 크기	701 X 701 pixels	701 X 701 pixels

TM 영상과 ETM+ 영상은 각 밴드의 분광 대역이 약간의 차이가 있어 반사값이 다소 다르게 측정되므로 본 실험에서는 분석 이전에 ETM+ 영상의 화소값을 TM

영상의 분광 대역에 맞추어 보정하였다.(Huang, 2002) 또한 영상의 기하보정과 변화탐지 후 정확도 평가를 위해 1992년과 2002년에 발행된 1:25,000 지형도 4 도엽을 사용하였다.

4. 실험 결과

서울 북서부 지역의 변화탐지를 위하여 Landsat 영상의 red 밴드3과 NIR 밴드4를 이용한 단순 CVA 분석과 PDA 변환 후 3개의 패턴을 이용한 CVA 분석, 그리고 Tasseled Cap 변환 후 3 지표를 이용한 CVA 분석의 3가지 실험을 수행하였다.

4.1 결과 영상

그림 5는 단순 CVA 분석 변화크기 영상이며 그림 6은 변화방향 영상이다. 방향에 따라 식생이 증가한 지역은 연두색으로 식생이 감소하거나 인공물이 증가한 지역은 흰색이나 주황색으로 나타내었다.



그림 5 red/NIR을 이용한 단순 CVA 영상

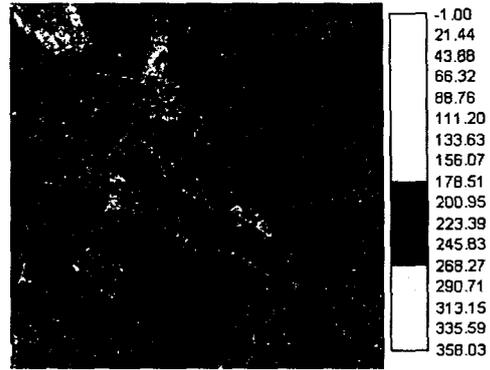


그림 6 단순 CVA의 변화방향 영상

그림 7과 8은 각각 PDA 후 CVA 결과와 TC 변환 후 CVA 결과의 변화크기 영상이다.



그림 7 PDA를 이용한 CVA 영상



그림 8 TC변환을 이용한 CVA 영상

위의 CVA 결과 영상들에 임계값을 적용하여 변화/미변화 지역을 구분한 영상을 생성하였으며 이 때 CVA 영상의 화소값

평균치+(1.5X 표준편차)를 임계값으로 사용하였다. 아래 영상들에서 흰색으로 나타난 부분이 변화된 지역이다.



그림 9 단순 CVA에 의한 변화지역

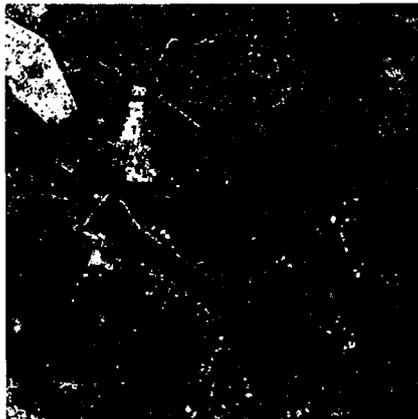


그림 10 PDA CVA에 의한 변화지역



그림 11 TC변환 CVA에 의한 변화 지역

실험 결과를 시각적으로 분석한 결과 식생과 인공물간의 변화는 세 영상에서 모두 잘 탐지되었으나 단순 CVA 변화탐지의 경우에는 영상의 계절차로 인한 수목의 변화를, TC 변환 결과를 이용한 CVA 변화탐지에서는 논과 수계의 계절적 변화를 변화 지역으로 오탐지하는 경향을 보였다.

4.2 정확도 평가

효율적인 정확도 평가를 위해서는 해당 시기의 토지이용도를 기준 자료로 활용하는 것이 가장 바람직하나 서로 다른 시기에 작성된 토지이용도를 취득할 수 없어 1:25,000 지형도와 영상의 육안 판별을 통해 정확도 평가를 수행하였다. 정확도 평가를 위한 검사점들은 영상 전체에서 격자 간격으로 400점(20X20)을 추출하여 사용하였으며 이를 이용해 계산한 정확도 결과는 표 4와 같다.

표 4 CVA 변화탐지 정확도 평가 결과

	구 분	단순 CVA	PDA CVA	TC CVA
생산자 정확도 (Producer's Accuracy)	변화 지역	63.4%	65.3%	77.2%
	미변화 지역	88.6%	97.0%	88.0%
사용자 정확도 (User's Accuracy)	변화 지역	65.3%	88.0%	68.4%
	미변화 지역	87.7%	89.2%	92.0%
전체 정확도 (Overall Accuracy)		82.3%	89%	85.3%
Kappa 계수(κ)		0.525	0.681	0.625

정확도 평가 결과 red/NIR를 이용한 단순 CVA 변화탐지의 정확도가 가장 낮았으며 PDA를 이용한 CVA 변화탐지의 전체 정확도 및 Kappa 계수가 가장 좋은 결과를 보였다. TC 변환을 이용한 CVA 변화탐지 결과는 변화지역에 대한 생산자 정확도와 미변화 지역에 대한 사용자 정확도는 가장 높았으나 미변화 지역이 변화 지역으로 오탐지된 경우가 많아 전체적으로 정확도는 PDA를 이용한 CVA 변화탐지 결과보다 좋지 않았다.

5. 결론

각기 다른 밴드 조합을 이용한 CVA 기법 변화탐지를 수행한 결과 PDA를 이용한 CVA 변화탐지 기법이 red/NIR 밴드 조합이나 Tasseled Cap 변환을 이용한 CVA 결과보다 높은 정확도를 보였다. 또한 PDA 분석은 계절차에 의한 수목 변화 및 수계의 변화에 민감하지 않아 계절차가 있는 다시기 영상을 이용한 식생과 비식생(인공물 혹은 나대지)간의 변화탐지에 가장 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 보인다.

그러나 본 연구는 정확도 평가의 기준자료로 사용된 지형도에 토지피복이나 토지 이용 상태가 정확히 명시되어 있지 않아 육안 판별 등의 주관적인 판단이 개입되었고 CVA의 중요 정보인 벡터방향을 평가에 반영하지 않았다는 한계점을 갖는다. 이에 향후 연구에서는 보다 신뢰도 높은 기준 자료를 이용하고 벡터방향 데이터를 활용하여 CVA 기법을 검증해보는 작업이 필요하겠다.

참고문헌

1. Mui-How PHUA et al., 2002, Detecting deforestation in the tropics using change vector analysis with pattern decomposition coefficients, ACRS

2. S. Corgne, L. et al., 2003, Follow-up and modeling of the land use in an intensive agricultural watershed in France, Proc. SPIE

3. Rodrigo Borrego Lorena et al , 2002, A change vector analysis technique to monitor land use/land cover in SW Brazilian amazon : Acre state, ISPRS

4. X. Zhan, C, 1998, Land cover change detection with Change Vector in the red and near-infrared reflectance space, IGARSS: IEEE

5. Jin Chen, Peng Gong, et al , 2003, Land-use/Land-cover change detection using improved Change-Vector Analysis, PE&RS,

6. Takahashi Daisuke, et al, 2001, Time Series Analysis of Forest Cover Change and Fragmentation in Tropical Lowland Forest, Jambi, Sumatra, ACRS

7. Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 2000, Remote Sensing and Image Interpretation, 4th ed., John Wiley & Sons.

8. John A. Richards and Xiuping Jia, 1999, Remote Sensing Digital Image Analysis - An Introduction, Third Edition, Springer-Verlag.