

직교변환을 리용하여 토지피복변화검출의 정확도를 높이기 위한 한가지 방법

홍희성, 로명철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《전당, 전군, 전민이 산림복구전투를 힘있게 벌려 조국의 산들에 푸른 숲이 우거지게 하여야 하겠습니다.》

산림피복변화에 대한 정보를 보다 정확히 신속하게 얻는것은 나라의 산림을 보호하고 산림복구전투의 작전과 지휘를 과학적으로 진행하는데서 중요한 문제로 제기된다.

시계열위성화상을 리용하면 산림피복을 비롯한 토지피복을 이루고있는 지표들의 면적 변화값과 지표들의 세기, 속성 등을 분석하여 보다 쉬운 방법으로 로력과 자금을 적게 들이면서 산림피복면적의 변화값을 얻어낼수 있다.

세계적으로 볼 때 최근에 여러가지 위성화상자료를 리용하여 전지구적 및 지역적범위에서 토지리용, 토지피복상태, 생태환경변화 등을 조사하기 위한 연구[1]들이 활발히 벌어지고있다.

선행문헌들에는 Landsat의 MSS자료에 근거하여 전처리를 진행한 다음 분류를 진행하고 변화구역을 도출하는 방법[2], 2개의 위성화상의 파장별차이에 의해 검출하는 방법[3], 위성자료의 파장들사이 비값에 의해 변화를 검출하는 방법[4] 등이 있다.

논문에서는 직교변환을 리용하여 토지피복변화검출의 정확도를 개선하기 위한 방법에 대하여 서술하였다.

1. 직교변환에 의한 토지피복변화검출력값결정

논문에서는 서로 다른 두 시기 위성화상자료로부터 변화검출을 정확히 평가하기 위한 모형을 작성하고 검출방법을 제기하였다.

두 시기 위성화상자료는 서로 중첩하여 처리하는것만큼 위치맞춤을 정확히 하는것이 중요하다. 논문에서는 이미 많이 연구된 정밀기하보정방법으로 0.5화소이하로 위치보정을 진행하였다.

기준위성자료를 X 라고 하고 다른 위성자료를 Y 라고 하면 보정된 자료 Y 는 다음과 같이 계산한다.

$$Y = Y' + \bar{d} \quad (1)$$

여기서 \bar{d} 는 두 자료의 차의 평균값이다.

화소별로 쓰면 다음과 같다.

$$y_{ijk} = y'_{ijk} + d_k, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2)$$

$$d_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ijk} - y'_{ijk}) / nm$$

여기서 i, j 는 자료의 행, 열번호이고 K 는 대역수이다.

기준자료 X 와 보정한 자료 Y 가 주어졌을 때 차자료 D 를 다음의 식으로 얻는다.

$$D = X - Y = (X_1 - Y_1, X_2 - Y_2, \dots, X_k - Y_k)^T \quad (3)$$

서로 같은 시기 두 화상의 매 대역에서 스펙트르밝음도값을 맞춘 이상적인 조건에서 변화가 없으면 자료 D 는 영값으로 되고 변화가 있으면 영값으로 되지 않는다. 그러나 서로 다른 시기의 화상에서 수감기의 특성상변화가 없는 화소에 대해서도 일정한 우연오차를 포함한다. 여기서 문제로 되는것은 변화된 화소를 어떻게 판정하여 얻어내겠는가 하는것이다. 이 문제를 확률통계리론에 의해 정량적으로 확정한다.

위성화상자료 X 에서 i 째 행, j 째 열의 k 째 대역화소값을 x_{ijk} 라고 하고 다른 위성자료 Y 에 대해서는 y_{ijk} 라고 하자. 그러면 차자료 D 의 평균값벡토르와 공분산행렬은 다음과 같다.

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_k)^T, \quad V = (V_{st})_{i,j=1,\overline{k}} \quad (4)$$

여기서

$$m_k = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ijk} - y_{ijk}),$$

$$V_{st} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{ (x_{ijs} - y_{ijs}) - [m_s(x) - m_s(y)] \} \{ (x_{ijt} - y_{ijt}) - [m_t(x) - m_t(y)] \},$$

$$m_s(x) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ijs},$$

$$m_s(y) = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ijs}$$

이다.

변화화소를 검출하기 위한 척도를 결정하기 위해 차자료 D 의 대역별상관을 없애기 위한 직교변환을 진행한다.

직교변환을 위해 공분산행렬 V 의 고유값벡토르와 고유벡토르행렬을 계산한다.

V 의 고유값벡토르를 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)^T$ 라고 하고 고유벡토르행렬을

$$Z = (Z_{st})_{s,t=1,\overline{k}} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_K) \quad (Z_s: \text{벡토르})$$

라고 하자. 그러면

$$VZ_s = \lambda_s Z_s, \quad \sum_{t=1}^k Z_{st}^2 = 1 \quad (s = \overline{1, k})$$

이다.

차자료 D 에 대하여 고유벡토르행렬 Z 에 의한 변환을 다음과 같이 정의하였다.

$$f = (d - m)^T Z \Lambda^{-1/2} \quad (5)$$

여기서 d 는 차화상의 화소벡토르, f 는 변환된 화소벡토르, Z 는 고유벡토르행렬,

$$\Lambda^{-1/2} = \begin{pmatrix} \lambda_1^{-1/2}, \dots, 0 \\ \dots \\ 0, \dots, \lambda_k^{-1/2} \end{pmatrix} \text{이다.}$$

두 위성화상자료에서 변화가 없는 화소들의 차값은 평균값을 중심으로 우연적인 오차를 가지고있으므로 정규성을 가정하여도 크게 모순이 없다고 볼수 있다. 때문에 식 (5)에서 만일 K 차원공간에서 d 가 정규분포 $N(m, V)$ 에 따른다고 가정하면 f 는 표준정규분포 $N(0, E)$ 에 따른다.

f 가 표준정규분포 $N(0, E)$ 에 따른다면 그것의 매 성분우연량 f_s 와 f_t 는 $s \neq t$ 일 때 서로 독립이고 1차원정규분포 $N(0, 1)$ 에 따른다.

변화검출은 매 화소마다 오차범위의 화소밝음도값을 고려하여 진행하여야 하는것만큼 K 차원공간에서 매 성분들의 변화정보는 직교변환후 표준편차 즉 고유값의 2차뿌리에 의해 결정되기때문에 고유값2차뿌리에 의한 무게붙은 합평균을 계산하여 실시변화된 화소를 계산한다.

$$h(f) = \frac{\sum_{i=1}^K f_i \lambda_i^{1/2}}{\sum_{i=1}^K \lambda_i^{1/2}} \quad (6)$$

그러면 매 성분 $f_i, i=1, \overline{K}$ 는 서로 독립이고 표준정규분포에 따르므로 $h(f)$ 도 정규분포에 따른다. 이것을 다시 표준화한다.

$$S = h(f) / \sigma_h \quad (7)$$

여기서 σ_h 는 $h(f)$ 의 표준편차로서

$$\sigma_h = \frac{\sum_{i=1}^K \lambda_i}{\left(\sum_{i=1}^K \lambda_i^{1/2} \right)^2}$$

로 계산된다. 그러면 다시 S 도 표준정규분포에 따른다.

식 (7)의 두제곱 S^2 을 고찰하자.

S^2 은 차화상이 평균값 0을 중심으로 얼마나 떨어져있는가를 나타내는 스칼라량이다.

S^2 의 값이 작을수록 0에 더 가깝고 변화가 없을 확률이 더 커진다. 따라서 S^2 의 크기에 따라 입력화소 X 의 류형을 구분한다.

식 (7)에서 S 가 표준정규분포 $N(0, 1)$ 에 따르고 서로 독립이므로 S^2 은 자유도가 1인 χ^2 -분포에 따른다. 그리고 χ^2 -분포의 성질에 의해 다음과 같은 식이 성립한다.

$$p\{S^2 \leq z_q(1)\} = 1 - q \quad (8)$$

여기서 $z_q(1)$ 은 자유도가 1이고 유의수준이 q 인 χ^2 -분포의 한계값이다. 다시말하여 S^2 이 $z_q(1)$ 보다 작아질 확률은 $1 - q$ 이다.

문론에서는 턱값을 $z_q(1)$ 로 놓고 변화된 화소를 검출함으로써 이전의 차자료 D 에 의한 변화검출방법을 보다 이론적으로 정량화할수 있게 하였다.

또한 식 (5)에 의한 변환으로 상관성을 0으로 만들고 턱값에 의해 변화검출을 진행하는 방법을 제기하였다.

2. 시험적인 검증

시험지역은 북부고원 및 고산지대와 동북부 및 동해안북부지대의 부분지역으로서 지리적으로 대륙과 연결되어있으며 식물의 생태환경조건이 복잡한 지역이다. 위성자료는 복사분해능이 8bit인 여러 시기의 Landsat 5 TM 위성화상자료를 리용하는데 궤도번호는 115-31로서 구름이 없는 두 시기의 위성자료를 리용하였다.

론문에서는 8개의 토지피복류형의 표준지에 대하여 스펙트르공간에서의 대역별밝음도값을 서로 비교하여 두 화상의 스펙트르특성을 밝혔다.

선택한 시험지역의 토지피복류형은 표 1과 같다.

표 1. 시험지역의 토지피복류형

류형	바늘잎나무림	넓은잎나무림	바늘잎나무림	무림목지	밭	논	주민지	수역토지
코드	1	2	3	4	5	6	7	8

그림에서 보는것처럼 변화된 구역과 변화되지 않은 구역에서의 차이가 4대역과 5대역, 7대역에서 명백히 나타났다.

이러한 시험적인 연구에 근거하여 두 시기의 변화검출을 진행하였다.

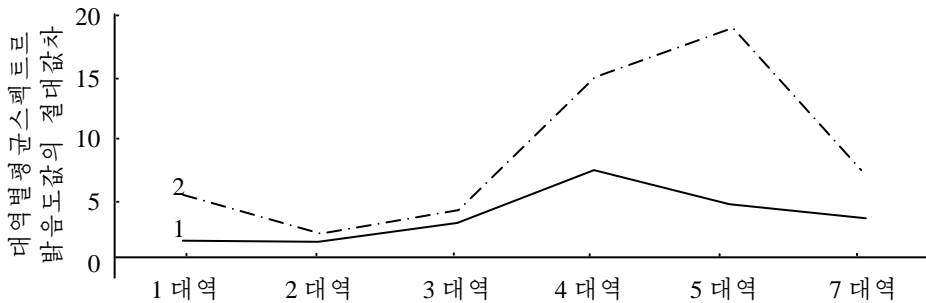


그림. 변화되지 않은 토지피복류형들(1)과 변화된 토지피복류형들(2)의 대역별평균스펙트르밝음도값의 절대값차

표 2. 검출결과와의 비교(유의수준 $q=0.975$)

방법	오차/%
대역별검출터값법	18.2
직교변환터값법	13.0
차	5.2

비교평가는 선행문헌[4]에서 제기한 매 대역별분산에 의한 터값검출방법으로 검출하였을 때의 오차와 직교변환에 의한 터값결정방법으로 검출하였을 때의 오차를 계산하여 서로 대비하는 방법으로 진행하였다.(표 2)

맺는 말

비교결과 직교변환에 의해 결정한 공간적인 터값에 의한 변화검출방법이 매 대역별분산에 의한 터값에 의한 검출방법에 비해 정확도가 평균 5.2% 더 높다는것을 알수 있다.

참 고 문 헌

- [1] C. Conrad; Journal of Arid Environments, 124, 150, 2016.
- [2] Yuanbo Liu et al.; Remote Sensing, 25, 11, 2121, 2004.
- [3] J. Yang; Remote Sensing, 21, 2, 301, 2000.
- [4] J. C. Morton; Classification and Change Detection in Remote Sensing, Taylor & Francis, 233~244, 2007.

주체108(2019)년 7월 5일 원고접수

A Method for Accuracy of the Detection of Land Cover Change by Using Orthogonal Conversion

Hong Hui Song, Ro Myong Chol

In this paper we clarified the method for the detection of land cover change by using orthogonal conversion to multispectral character of a series satellite image data.

Key words: orthogonal conversion, satellite image, detection of land cover change