김일성종합대학학보 주체108(2019)년
지구환경과학 및 지질학 제65권 제3호

위성화상해석에 의한 산림의 변화상태검출방법

정경석, 김위업

경애하는 최고령도자 **김정은**동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《산림조성과 산림보호사업도 과학기술에 의거하여야 성과적으로 진행할수 있습니다.》

산림은 나라의 귀중한 재부로서 산림의 변화상태를 정확히 분석하는것은 산림조성과 보호, 림업생산에서 매우 중요한 문제로 나선다.

위성화상에서 산림의 변화상태는 위성화상의 변화검출을 통하여 분석한다.

일반적으로 위성화상은 여러가지 스펙트르대역을 가진 자료인데 지난 시기에는 하나의 대역에서만 변화를 고찰하였다. 이것은 여러 대역에서 변화를 검출하는것보다 정확도가 떨어진다. 이로부터 위성화상의 여러 대역에서 변화를 검출하여야 한다.

론문에서는 서로 다른 시기의 위성화상을 리용하여 산림의 변화상태를 분석하는 방법과 그 정확도검증에 대하여 서술하였다.

1. 변화상태검출방법

산림의 변화상태는 우선 서로 다른 위성화상들의 위치를 맞추고 그에 기초하여 변량들을 해석하는 방법으로 검출할수 있다.

① 다항식에 의한 서로 다른 시기의 위성화상의 위치맞추기

서로 다른 시기의 두 화상에서 대응되는 기준화소점은 잘 알려진 대상에 대한 화소점을 선택한다. 이것을 기초자료로 하여 다항식모형[1]의 파라메터들을 계산한다.

$$\begin{cases} u_s = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} a_{ij} {x_s}^i {y_s}^j + e_s(x) \\ v_s = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} b_{ij} {x_s}^i {y_s}^j + e_s(y) \end{cases} \qquad s = \overline{1,\ S} \tag{1}$$

여기서 x_s, y_s는 첫번째 화상에서 화소점 s의 x, y축자리표, u_s v_s는 두번째 화상에서 첫번째 화상에 대응되는 점의 x, y축자리표, $e_s(x)$, $e_s(y)$는 두 화상에서 대응되는 화소점 s 사이의 오차, n은 다항식의 차수, a_{ij}, b_{ij}는 결수파라메터이다.

만일 첫번째 화상에 비하여 두번째 화상이 국부적으로 많이 이그러졌다면 다항식의 차수를 높이고 그렇지 않으면 낮추는것이 좋다. 왜냐하면 다항식의 차수가 높으면 두 화상에서 대응되는 점들사이의 오차는 작아지지만 다른 점들에서의 예측오차는 커지기때문이다. 일반적으로 1차 혹은 2차다항식모형을 리용하는것이 좋다. 다항식의 결수파라메터 a_{ij}, b_{ij}는 최소두제곱법을 리용하여 계산한다.

최소개수계산식을 풀어 그 이상 대응점을 취해야 한다.[2]

$$N \geq \frac{(n+1)(n+2)}{2} \tag{2}$$

여기서 N은 지상기준점개수이다.

위치오차의 분포적특성도 고려하여 대응점개수를 정한다.

평면에서 위치오차는 x, y축의 두 방향에서 나타나는 벡토르자료인것만큼 위치오차의 분포특성은 다차원공간통계리론에 의해 결정한다.

일반적으로 위치오차의 특성을 충분히 반영하는 표준지개수는 다음과 같다.[1]

$$N = \frac{Z_q}{\sum_{i=1}^{k} \frac{d^2}{\lambda_i} + \frac{Z_q}{N_0}} \tag{3}$$

여기서 N은 표준지개수, N_0은 모집단의 총개수(화상에서 총화소수), $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_k)^T$는 공분산행렬의 고유값벡토르, Z_q는 유의수준이 q인 χ^2분포값, d는 화소값에서 준위의 대표적오차이다.

이로부터 평면에서 대응점의 개수는 다음과 같다.

$$N = \frac{Z_q(2)}{\sum_{i=1}^{2} \frac{d^2}{\lambda_i} + \frac{Z_q(2)}{N_0}} \tag{4}$$

여기서 $Z_q(2)$는 유의수준이 q이고 자유도가 2인 χ^2분포수표값이다.

그런데 모집단의 총개수 N_0은 무한히 크고 또 위치오차우연량 $e = (e_x, e_y)$도 e_x와 e_y가 서로 독립이고 동일분포한다고 가정할수 있기때문에 $\lambda_1 = \lambda_2 = \sigma_x^2 = \sigma_y^2$로 쓸수 있다. 이때 σ_x^2와 σ_y^2은 각각 e_x, e_y의 공분산이다.

따라서 식 (4)는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$N = \sigma_x^2 Z_q(2) \big/ 2d^2$$

일반적으로 매 스펙트르대역의 밝음도값이 옹근수준위를 취하므로 d=0.5로 취할수 있다.

$$\left|\overline{X_i'} - m_i'\right| \leq 0.5$$

유의수준이 1%일 때 $Z_q(2) = 9.21$이므로 다음식이 성립한다.

$$N = 18.4\sigma_x^2 \tag{5}$$

그러므로 기준점개수는 식 (2)와 결합하면 다음과 같다.

$$N \geq \max\{18.4\sigma_x^2,\ (n+1)(n+2)/2\} \tag{6}$$

식 (6)은 파라메터개수와 오차의 분포적특성을 고려한 기준점개수이다.

② 다변량해석에 의한 변화검출

두 화상에 대하여 각각 다음의 변량을 생각한다.

$$\begin{cases} X = c^T A = c_1 A_1 + c_2 A_2 + \cdots + c_K A_K \\ Y = d^T B = d_1 B_1 + d_2 B_2 + \cdots + d_K B_K \end{cases} \tag{7}$$

다변량해석에서는 화상차 $X-Y$에 대하여 그것이 최대의 변동을 가지도록 강조하는것

이 기본이다. 그것은 류사한 대상과 새로 생겨난 대상에 대하여 정확히 묘사할수 있기때문이다.

화상차 $X-Y$가 최대의 변동을 가진다는것은 두 화상 X, Y의 상관결수가 최소라는것을 의미한다.

화상 X와 화상 Y사이의 상관결수는 다음과 같다.

$$\rho = \mathrm{cov}(X,\ Y) \Big/ [\sqrt{\mathrm{var}(X)}\sqrt{\mathrm{var}(Y)}] \tag{8}$$

만일 두 화상 X, Y의 변동을 1이라고 하면 다음의 식이 성립한다.

$$\mathrm{var}(X-Y) = \mathrm{var}(X) + \mathrm{var}(Y) - 2\,\mathrm{cov}(X,\ Y) = 2(1-\rho)$$

여기서 var는 변동이고 cov는 공분산이다.

식 (8)로부터 두 화상 X, Y사이 상관결수가 작을수록 화상차 $X-Y$의 변동이 크다는것을 알수 있다.

이제 두 화상에 대하여 벡토르적인 결합의 공분산행렬 즉 여러 대역에서의 공분산행렬을 고찰하게 되면 화상차의 공분산은 다음과 같다.

$$\mathrm{cov}(X_i - Y_i,\ X_j - Y_j) = 2\delta_{ij}(1-\rho_i),\ (i,\ j = \overline{1,\ k}) \tag{9}$$

식 (9)로부터 $X_i - Y_i$의 변동은 $2(1-\rho_i)$ 이다.

다음 화상차 $U=X-Y$와 그것의 매 성분 $U_i = X_i - Y_i$를 고찰하자.

변화검출은 매 화소마다 오차범위의 화소농도값을 고려하여 진행하여야 하는데 K차원공간에서 매 성분들의 변화정보는 변화변동의 2차뿌리에 의해 결정되므로 무게붙은 합평균을 계산하여 실지 변화된 화소값을 계산한다.

식 (9)로부터 U는 직교행렬이므로 다음의 변환을 실시한다.

$$h(U) = \sum_{i=1}^{K} U_i (1-\rho_i)^{1/2} \Big/ \sum_{i=1}^{K} (1-\rho_i)^{1/2}$$

이것을 다시 표준화한다.

$$S^2 = [h(U)/\sigma_h]^2,\ \ \sigma_h = \sum_{i=1}^{K}(1-\rho_i) \Bigg/ \left[\sum_{i=1}^{K}(1-\rho_i)^{1/2}\right]^2$$

S^2은 변화량을 나타내는데 S^2의 값이 작을수록 변화가 없을 확률이 더 커진다.

S가 표준정규분포 N(0, 1)에 따르고 서로 독립이므로 S^2은 χ^2 –분포의 정의에 의해 자유도가 1인 χ^2 –분포에 따른다.

그리고 χ^2 –분포의 성질에 의해 다음 식이 성립한다.

$$p\{S^2 \le Z_q(1)\} = 1-q \tag{10}$$

여기서 $Z_q(1)$ 는 자유도가 1이고 유의수준이 q인 χ^2 –분포의 한계값이다. 다시말하여 S^2가 $Z_q(1)$ 보다 작아질 확률은 $1-q$이다.

변화가 없는 화소의 농담값도 수감기의 특성을 비롯한 여러가지 조건으로 하여 대역별로 일정한 우연오차가 존재한다. 그런데 선행연구들에서는 변화의 변동을 나누어 모든 성분에 대하여 고르롭게 함으로써 변화가 없는 화소에 대하여서도 농담값의 우연오차를 변화로 볼수 있게 하였다. 이것은 변화변동이 작을수록 더 크게 나타난다. 이것을 막기 위해 식 (9)와 같은 변화변동에 의한 무게붙은 합형식의 척도로 변화검출을 진행하였다.

2. 연구방법의 정확도검증

산림이 분포되여있는 지역의 서로 다른 시기의 위성화상자료를 리용하여 다변량해석에 의한 산림의 변화상태검출방법의 정확성을 평가하였다.

서로 다른 두 시기의 위성화상자료의 1～5, 7대역에 대하여 대역별로 선택하고 론문에서 제기한 방법을 적용하여 평균값과 표준편차, 상관결수를 구하고 직교변환후 표준편차의 기여률을 계산한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 직교변환후 표준편차의 기여률

대역	1	2	3	4	5	7
기여률/%	42.06	23.07	17.53	7.82	5.97	3.55

표 2. 정확도평가결과

대역	하나의 대역	여러 대역
정확도/%	65.1	91.5

이에 기초하여 하나의 대역과 여러 대역에서 변화화소의 검출정확도를 평가하였다.(표 2)

표 2에서 보는바와 같이 하나의 대역에서 보다 여러 대역에서 위성화상자료의 변화를 검출하는것이 정확도가 현저히 높다.

맺 는 말

하나의 대역만 리용하면 그 대역의 정보밖에 리용하지 못하므로 정확도가 떨어지는 결과를 가져오게 된다. 때문에 여러 대역의 정보를 잘 결합하여 효과적으로 리용하여야 변화검출의 정확도를 높일수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김철 등; 원격조사와 응용, 김책공업종합대학출판사, 100～220, 주체103(2014).

[2] J. A. Richards; Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer, 356～412, 2013.

주체108(2019)년 4월 5일 원고접수

Detection Method of Change State of Forest by Using the Analysis of Satellite Image

Jong Kyong Sok, Kim Wi Op

We adjusted the position of satellite images in the different time and detected change state of forest using the multivariate analysis method.

Key words: satellite image, multivariate analysis