

## 위성화상과 DEM자료를 결합한 지질학적 선형구조추출의 새로운 한가지 방법

한광혁, 천금철

지난 시기 위성화상과 DEM자료를 결합하여 지질학적선형구조를 추출하기 위한 연구는 여러가지로 진행되었다.

위성화상과 DEM자료에서 선형구조를 자동 및 반자동추출하기 위한 선분추적알고리즘(STA)을 비롯한 여러가지 자동추출방법들이 제기되었다.

론문에서는 위성화상과 DEM자료를 리용하여 지질학적선형구조들을 추출하기 위한 새로운 방법에 대하여 서술하였다.

### 1. 지질학적선형구조추출의 목적

위성화상에서 지질학적선형구조는 선모양구조로 나타나는데 그것은 배경화소의 밝음도보다 더 밝거나 어두운것으로 나타난다. 그러한 선형구조는 단층과 파열을 비롯한 지질학적구조들이 반영된 지형학적특징으로 나타날수 있다.

지형에 반영되는 선형구조는 대다수 지각의 깊은 곳의 지질학적구조가 지구표면에 나타나는것이다.

지질학적선형구조는 주요지체구조적단위와 암석경계, 지하수의 흐름통로로 되는 단층구조, 지열원천, 지진과 지형변화를 반영한다. 그러므로 선형구조추출에 대한 연구는 지질학에서 실천적으로 큰 의의를 가진다.[1]

위성화상에서 지질학적선형구조들은 흔히 룡선과 골짜기선으로 나타난다. 선형구조추출의 전통적인 방법은 주로 육안적인 해석 혹은 반자동해석에 기초하는데 이러한 방법들은 많은 시간을 요구하고 정확성이 낮다.

최근에 위성화상과 DEM자료는 얻기가 쉽고 컴퓨터에 의한 정보처리기술의 발전으로 하여 선분추적알고리즘(STA), 호우변환(HT)과 같은 자동해석알고리즘들이 실행되고있다. 대다수 방법들은 려파에 기초한 가장자리검출방법이다.

선형구조해석에 Landsat TM화상이 리용되고있으나 위성화상에는 위성의 위치변화, 구름피복, 조명조건 등에 의한 잡음이 반영되게 된다.

DEM자료는 자료의 정확성이 비교적 높고 날씨와 다른 인자들의 영향을 받지 않는것으로 하여 많이 리용된다.

현재 지질학적선형구조들을 추출하는데 DEM자료로부터 얻은 음영지도화상을 리용하는데 이것은 많은 계산을 요구한다. 그러므로 위성화상과 DEM자료를 결합하여 지질학적선형구조를 자동적으로 추출하고 해석하기 위한 새로운 알고리즘을 만드는것은 절실한 문제로 나선다.

이 알고리즘에 의하여 선형구조를 추출하면 구조지질학적연구에 필요한 많은 자료들을 얻을수 있다.

## 2. 선형구조추출방법

선형구조추출방법의 기본알고리즘은 그림 1과 같다.

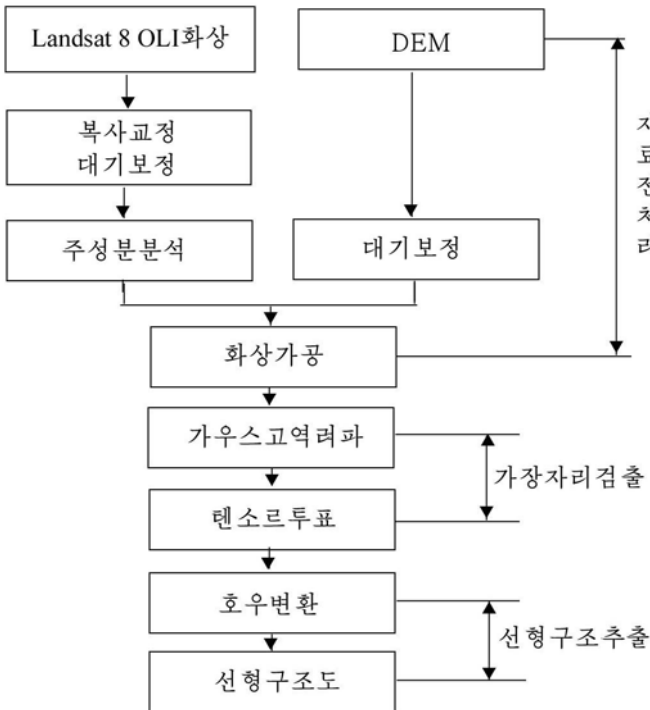


그림 1. 선형구조추출의 기본알고리즘

가우스고역러파기를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{D^2(u, v)}{2D_0^2}} \quad (1)$$

여기서  $H(u, v)$ 는 주파수영역의 중심  $(u, v)$ 과 주파수직각형의 중심사이의 거리,  $D$ 는 주파수,  $D_0$ 은 잘린 주파수이다.

캐니, 쏘벨, 로그프레위트와 같은 전통적인 가장자리검출연산자들은 오직 밝음도변화를 도함수에 의하여 검출한다. 그러므로 일정한 턱값이 주어져야 하는 결함과 연산결과에 많은 오차가 생기는 결함이 있다. 가우스고역러파기를 거친 후 텐소르투표방법에 의하여 선을 추출한다. 텐소르투표는 텐소르편집과 텐소르전이, 텐소르분해의 세 단계를 거친다.[2]

### 7. 텐소르편집

화상에서 매개 화소는 라플라스연산자에 의하여 재구성된다.

2차원공간점은 다음과 같이 표시된다.

$$T = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 I}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서  $\frac{\partial^2 I}{\partial x^2}$  와  $\frac{\partial^2 I}{\partial y^2}$  는 화상  $I$  의  $x$ 와  $y$ 방향에서의 2계도함수이다. 라플라스연산자는 2계도함수를 계산하는데 이용된다.

퇴화행렬분해에 의하여 다음의 식을 얻는다.

$$T = [\vec{e}_1 \vec{e}_2] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{e}_1^T \\ \vec{e}_2^T \end{bmatrix} = \lambda_1 \vec{e}_1 \vec{e}_1^T + \lambda_2 \vec{e}_2 \vec{e}_2^T \quad (3)$$

여기서  $\lambda_1$  과  $\lambda_2$  는 고유값( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq 0$ )이며  $\vec{e}_1$  과  $\vec{e}_2$  는  $\lambda_1$  과  $\lambda_2$  에 대응하는 고유값이다.

ㄴ. 텐소르전이

텐소르에 의하여 화상의 매개 화소가 부호화된 후 그것의 기하학적정보는 화소의 주위로 전달된다.

ㄷ. 텐소르분해

행렬스펙트르분해리론에 따라 식 (3)을 다음과 같이 변형할수 있다.

$$T = (\lambda_1 - \lambda_2) \vec{e}_1 \vec{e}_2^T + \lambda_2 (\vec{e}_1 \vec{e}_1^T + \vec{e}_2 \vec{e}_2^T) \quad (4)$$

여기서  $\vec{e}_1 \vec{e}_2^T$  와  $(\vec{e}_1 \vec{e}_1^T + \vec{e}_2 \vec{e}_2^T)$  는 각각 결수와 만족성분이며  $(\lambda_1 - \lambda_2)$  와  $\lambda_2$  는 결수와 원성분에 대응한 지수이다.

새로운 텐소르는 매개 화소점으로부터 얻어지며 매개 화소의 결수와 만족성분의 특징을 얻는데 텐소르분해가 이용된다. 텐소르투표의 모식은 그림 2와 같다.

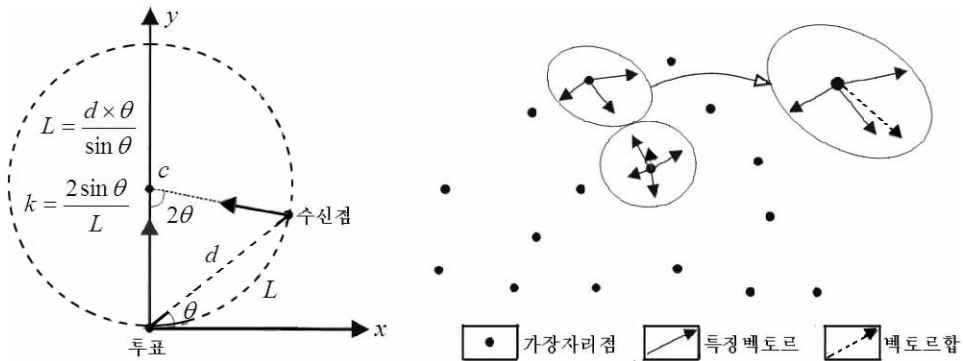


그림 2. 텐소르투표의 모식(왼쪽은 2차투표, 오른쪽은 투표후 가장자리점)

특징함수는 다음과 같이 표시된다.

$$DF(L, k) = e^{-\frac{L^2 + ck^2}{\sigma^2}} \quad (5)$$

$$c = \frac{-16(\sigma - 1) \log(0.1)}{\pi^2} \quad (6)$$

여기서  $DF(L, k)$  는 특징함수,  $L$  은 곡선의 길이,  $k$  는 곡률,  $\sigma$  는 투표근방지역,  $c$  는 곡률감쇠정도를 조종하는 결수이다.

기여률의 계산에 의하여 다음의 조건들은 화상구조특징을 결정하는데 이용된다.  $(\lambda_1 - \lambda_2) > \lambda_2$  이면 화소는 선의 가장자리에 놓이는 점이고  $\lambda_1 \approx \lambda_2$  이면 화소는 지역을 가로지르는 점 혹은 내부지역에 위치하는 점(표준가장자리점)이라고 판정한다.

가장자리점의 중첩된 벡토르합은 텐소르투표후 커지고 표준가장자리점벡토르합은 약하게 변하거나 변화되지 않으며 선의 가장자리는 남아있게 된다.

### ③ 선형구조추출

호우변환과정은 그림 3과 같다.

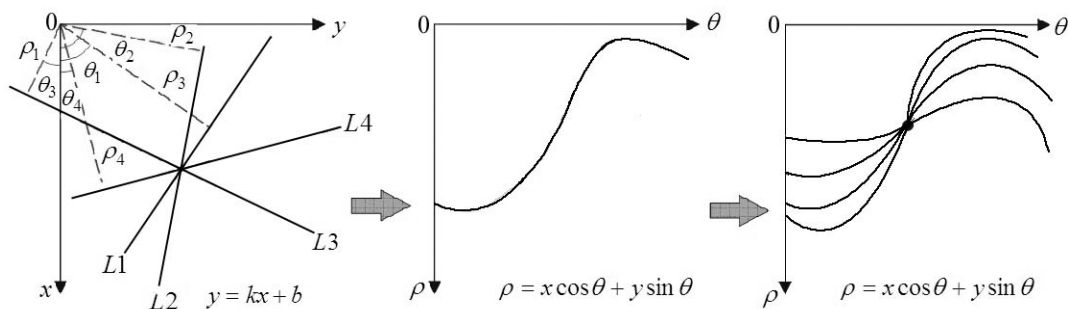


그림 3. 호우변환과정

호우변환은 선형구조의 가장자리를 찾는데 이용되며 끝점들사이의 거리와 방위에 기초하여 최종 선형구조도를 얻는다.

가장자리검출단계에서 호우변환에 의하여 얻은 선형구조는 부가오차가 적고 잡음이 적은 우점이 있다. 이로부터 호우변환을 진행하여 얻은 결과에 가우스고역러파와 텐소르투표를 결합한 선형구조추출방법을 적용하면 보다 효과적인 선형구조도를 얻을수 있다.

## 맺 는 말

위성화상과 DEM자료를 결합하여 지질학적선형구조를 추출하는 새로운 방법을 제기하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. J. Raj et al.; Arabian Journal of Geosciences, 10, 195, 2017.
- [2] C. K. Tang et al.; Tensor Voting, Springer, 57~215, 2000.

주제109(2020)년 1월 5일 원고접수

## A New Extraction Method of Geological Lineaments Combining a Remote Sensing Images and DEM

Han Kwang Hyok, Chon Kum Chol

In this paper we suggested a new extraction method of geological lineaments combining a remote sensing image and DEM.

Keywords: lineament, DEM