

태양방위각 보상에 의한 지질학적 선구조 분석

이진걸
배재대학교
컴퓨터공학과
전화: 042-520-5707
FAX: 042-533-7354
E-mail: jingeol@woonam.paichai.ac.kr

Analysis of Geological Lineaments with Compensation of the Sun's Azimuth Angle

Lee, Jingeol
Dep. of Computer Eng.
Paichai University
Phone: 042-520-5707
FAX: 042-533-7354
E-mail: jingeol@woonam.paichai.ac.kr

Abstract

Geological structures such as fault and fracture patterns provide important information about preliminary exploration of mineralized areas and geological characterization. We apply a filtering method taking the sun's azimuth angle into account to a shaded relief image derived from a digital elevation model (DEM), by which even linear edges extending parallel to the sun direction can be effectively extracted. Then, Generalized Hough transform is applied to extract lineaments which correspond to fault and fracture patterns.

I. 서론

선구조는 위성사진 상에 선명히 분별되는 구조지질의 특징들 중의 하나이다. 여러 단층 및 단열대 등이 위성 사진상 선구조로 나타나므로 지역 단층형상(Regional fault pattern)은 구조지질에 대한 기초적 정보를 제공한다.

선구조의 중요성으로 인해 여러 가지 컴퓨터를 이용한 선구조 추출 방법이 제안되었다. 대부분의 방법이 Laplacian, Sobel, 등과 같은 디지털 필터를 이용하여 영상에서 명암이 급격히 변화하는 경계(Edge)를 추출하고 Hough transform에 의해 이진영상에서 선분을 추출하는 방법에 근거하고 있다.^{1)~4)} 그러나 필터링 방법은 선구조의 방향이 태양의 방위각과 평행하

* 본 연구는 한국학술진흥재단의 '97 학제간 연구과제의 지원으로 수행되었음.

거나 지형의 고저에 의한 그림자가 드리워지는 등의 이유로 해서 명암의 대비가 낮은 지역의 선구조를 효과적으로 추출하지 못하는 문제가 있다. 또한, Hough transform은 선구조의 영상 기준점으로 부터 거리, 방향만 제공하므로 선구조의 시작점과 끝점의 위치를 정하기 위해 이진영상과 비교에 의한 추가처리가 필요하다. Koike는 영상에서 경계를 추출하는 방법으로 종래의 필터링 방법과 달리 원도 내의 중심화소의 경계 여부 및 방향을 16 개의 등방향에 대해 이차 미분 및 태양의 방위각을 고려하여 결정하는 Segment Tracing Algorithm (STA)을 제안하였다.^[1] 그러나 이 방법은 16개의 등방향에 대한 선구조를 추출하므로 이 방향들과 일치하지 않는 선구조에 대해서는 추출에 문제가 있다. Raghavan은 STA에 의해 구해진 이진영상에 Generalized Hough transform을 적용하여 선구조의 시작점 및 끝점의 위치를 구하는 방법을 제안하였다.^[2, 3]

본 연구에서는 영상에서의 명암의 경계를 추출하기 위하여 필터링 방법의 일종인 수평 및 수직방향의 미분치로 부터 원도 내의 중심화소의 경계의 크기 및 방향을 구하여 태양의 방위각을 고려하여 크기 성분을 보정함으로써 필터링 방법의 문제인 명암의 대비가 낮은 지역에서의 선구조 추출의 문제 및 STA 방법의 문제인 선구조 방향과 탐색 방향의 불일치에 따른 문제를 개선하였으며 선구조 추출은 Generalized Hough Transform을 사용하였다.

II. 경계추출

영상에서의 명암의 대비가 급격히 변화하는 경계(Edge)는 국부영역의 미분치에 의해 구해질 수 있다.^[7] 임의의 위치 (x, y) 에서 영상 $f(x, y)$ 의 미분은 이차 벡터로 정의된다.

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

벡터해석에 의해 벡터 G 는 위치 (x, y) 에서 영상 f 의 변화율이 최대인 방향을 향한다. 경계 추출은 이 벡터의 크기성분, $G[f(x, y)]$ 을 이용한다.

$$G[f(x, y)] = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (2)$$

이 양은 G 방향의 단위거리 당 $f(x, y)$ 의 최대변화율이다. 위치 (x, y) 에서 G 의 방향(경계 방향), $\alpha(x, y)$ 는 벡터해석에 의해 다음 식으로 표시된다.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1}(G_y / G_x) \quad (3)$$

III. Generalized Hough Transform

Generalized Hough Transform은 이진영상으로부터 선구조를 추출하는 방법으로 Hough Transform과 달리 선구조의 시작 및 끝점의 위치를 구할 수 있다.^[8] 그림 1과 같이 이진영상을 영상의 중심에 대해 임의의 각도로 회전시켜 어큐뮬레이터 (Accumulator) 크기로 변환한다. 어큐뮬레이터 상에서 수평 및 수직방향 선분들의 시작 및 끝점의 위치를 구하고 이 위치를 회전각도와 같은 각도로 역회전시켜 원래 이진 영상에서의 선구조의 시작 및 끝점의 위치를 구한다. 그림 1에서 수평축과 α 각 기울어진 선분 ab 는 이 영상을 α 각 만큼 회전하여 어큐뮬레이터 상에 표시하면 수평 선분 $a'b'$ 에 해당하므로 회전각 및 변환비를 고려하면 이 선분의 이진 영상에서의 시작 및 끝점의 위치를 구할 수 있다. 어큐뮬레이터 상에서 수평 및 수직방향으로 선분이 동시에 탐색되므로 회전 방향은 하한 0 도에서 상한 90 도로 모든 방향의 선분이 추출된다.

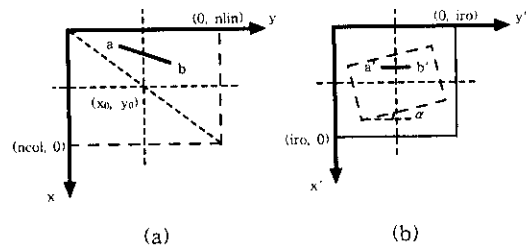


그림 1. (a) 이진영상, (b) 어큐뮬레이터

IV. 시험 결과

II 장 및 III 장에서 언급된 필터링을 통한 영상에서 경계추출 방법 및 Generalized Hough Transform을 보은군 지역의 영상에 적용하였다. 수평 및 수직 방향 미분치를 구하기 위한 필터의 형태는 크기가 11×11 으로 그림 2와 같다.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a)

0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0

(b)

그림 2. (a) 수평 방향 필터, b) 수직 방향 필터

그림 3은 보은군 지역의 영상으로 수치표고모형(DEM)으로부터 태양의 방위각을 북동방향 45도로 하여 구한 음영기복도이다.(크기: 500×500) 이 입력영상에 그림 2에 표시된 필터를 적용하여 식) 2 와 3에 의해 경계의 크기 및 방향성분을 추출한 후 크기 성분에 태양과 경계의 상대방향에 따른 보정값, $1/(1 + \sin \theta)$ 을 곱하였다. θ 는 태양의 방위각과 경계의 각도의 차이다. 이러한 보상을 통하여 경계의 크기성분의 분산

이 작아짐을 확인하였다. 보상된 크기성분의 최대값을 기준으로 30% 이하는 화소값을 0, 이상은 255 으로 한 이진영상을 그림 4에 나타내었다. 그림 4의 이진영상에 형태영상처리(Morphological Image Processing)의 일종인 부식처리(Erode)를 하여 경계의 두께를 줄인 후 Generalized Hough Transform을 적용하여 선구조를 추출한 결과는 그림 5에 나타내었다. 두께가 두꺼운 경계부분의 선구조는 Generalized Hough Transform을 통하여 비슷한 방향의 선구조가 이웃되게 나타나는 경향이 있으므로 부식처리를 통하여 이러한 경우의 처리결과가 향상됨을 확인하였다. 그림 3, 4, 5의 입력영상, 이진영상 및 선구조 추출결과를 비교하면 입력영상에서 명암이 급격히 변화하는 경계부분이 이진영상에서 밝은 부분에 대응되어 있으며 선구조는 이러한 경계부분을 중첩된 직선으로 나타났음을 알 수 있다. Generalized Hough Transform 적용시 탐색 대상의 선분은 변수로 설정된 최소 선분길이 이상인 선분만 추출되므로 그림 4에서 짧은 경계부분은 선구조로 추출되지 않았다.

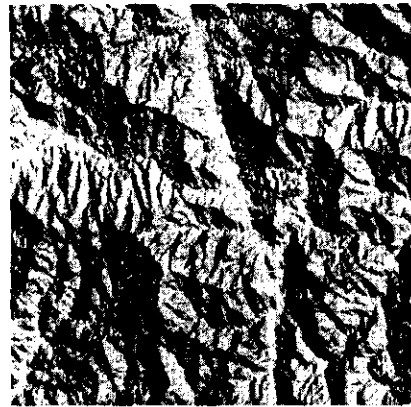


그림 3. 입력 영상

V. 결론

경계의 크기성분을 태양과 경계의 상대방향에 따라 보상함으로써 경계의 방향이 태양의 방위각과 평행하거나 지형의 고저에 의한 그림자가 드리워지는

등의 이유로 해서 명암의 대비가 낮은 지역의 경계를 효과적으로 추출하는 방법을 제안하였으며 이를 보은 군 지역의 음영기복도를 이용하여 적용성을 보였다. 선구조는 Generalized Hough Transform을 통해 추출되었다.

선구조를 단선으로 표현하기 위하여 추출된 경계를 처리하는 부식처리를 포함한 형태영상처리에 대한 연구 및 선분 잇기(Link)와 합병(Merge)에 관한 연구와 약외조사를 통해 제안된 방법의 신뢰성을 검증할 예정이다.

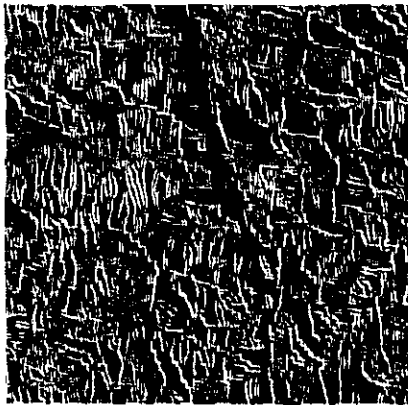


그림 4. 경계추출 영상

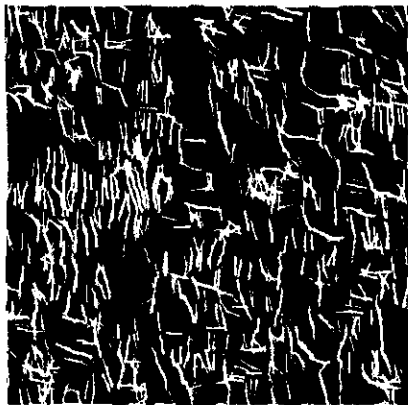


그림 5. 선구조

참고 문헌

1. Katsuaki Koike, Shuichi Nagano, and Michito Ohmi, Computers & Geosciences Vol. 21, No. 9, pp. 1091-1104, 1995
2. Venkatesh Raghavan, Shinji Masumoto, Katsuaki Koike, and Shuichi Nagano, Automatic Lineament Extraction from Digital Images using a Segment Tracing and Rotation Transform Approach, Computers & Geosciences Vol. 21, No. 4 pp. 555-591, 1995
3. 김상완, 자동화된 선구조 추출 알고리즘 개발과 이의 경북 의성지역에의 적용 연구, 연세대학교 석사 학위논문, 1998
4. VanderBrug, G. J., Line Detection in Satellite Imagery, IEEE Trans. Geosci. Electron., GE-14, pp. 37-43, 1976
5. Jinfei Wang and Philip J. Howarth, Use of the Hough Transform in Automated Lineament Detection, IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, Vol. 28, No. 4, 1990
6. William K. Pratt, Digital Image Processing, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, INC., 1991
7. Rafael C. Gonzalez, Paul Wintz, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company
8. Kang, C. W., Park, R. H., and Lee, K. H., Extraction of Straight Line Segments using Rotation Transformation: Generalized Hough Transformation, Pattern Recognition, Vol. 24, No. 7, pp. 633-641, 1991