

## 수치표고모델을 이용한 선구조 추출기법연구

신진수<sup>1)</sup>, 지광훈<sup>2)</sup>, 소철섭<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>고려대학교 지구환경과학과

<sup>2)</sup>한국자원연구소

### 요약

지질학적으로 선구조는 지체구조해석을 비롯한 광물자원 및 지하수탐사, 자연재해분석, 지질구조해석등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 선구조를 추출하는 방법은 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔다. 최근 컴퓨터의 발달로 선구조를 객관적이고 손쉽게 추출하고자 하는 연구가 진행되었고, 이번 연구는 이처럼 컴퓨터를 이용한 선구조의 자동화된 추출을 목적으로 하였으며, 지형을 잘 나타내주는 수치표고모델을 이용하여 지형적인 특징으로 규명될 수 있는 선구조를 추출하였다. 먼저, 수치표고모델에 5도간격으로 만들어진 일정크기의 필터를 적용하여 계곡에서 높은 값을 갖는 영상과 능선에서 높은 값을 갖는 영상을 각각 만들었다. 이 영상에서 threshold를 통해 얻어진 이진영상을 세선화하여 계곡과 산맥을 구해 내었고, 각각의 산맥과 계곡을 이루는 요소들을 직선이라 가정하였을때의 오차를 구하였다. 이 값이 일정 범위안에 들어가고 일정 길이 이상인 경우에만 선구조로써 선택을 하였다.

### 서론

선구조는 지각 구조를 반영한다고 여겨지는 선형의 지형학적인 특징이라고 정의 내려진다 (Robert and Julia, 1987). 이러한 선구조를 관찰 혹은 추출하기 위해서는 일반적인 야외조사 보다 항공사진이나 위성사진, 지형도가 사용된다(Ben and Stephen, 1997). 항공사진이나 위성사진등의 이미지자료에서 선구조를 추출하기 위한 방법은 크게 두 단계로 나뉜다. 첫 번째 단계는 선구조 요소와 비 선구조 요소로 구별되는 이진영상을 만들어내는 단계로, 일반적인 경계추출필터링이나 STA(koike, 1994)등이 사용되며, 두 번째 단계에는 선구조 요소의 시작점과 끝점을 찾아내는 단계로 Hough 변환등이 사용된다 (Won, 1998).

### 자료 및 연구방법

본 연구에 사용된 수치표고모델(DEM)은 북위 $37^{\circ} 05'$  에서  $37^{\circ} 00'$  , 동경 $128^{\circ} 35'$  에서  $128^{\circ} 43'$  을 나타내는 1'해상도의 자료로써, 한 화소는 위도로는 약 31m, 경도로는 약 25m의 면적을 나타내고, 연구에 사용된 전체 이미지는 470\*301의 크기를 갖고 있다 (Fig.1).

행정구역상 영주시 부석면과 단양군 영춘면 일대인 이지역은 영남 육괴의 변성암류가 주류를 이루고 있으며, 일부 북부지역에서 석회암이 층서적으로 변성암위에 위치하고 있다.

이 자료를 기반으로 여러 가지 filter를 적용시켜 계곡과 능선을 찾아내고, 그 직선성을 밝혀 선구조를 추출하기 위한 시도가 이루어졌다.

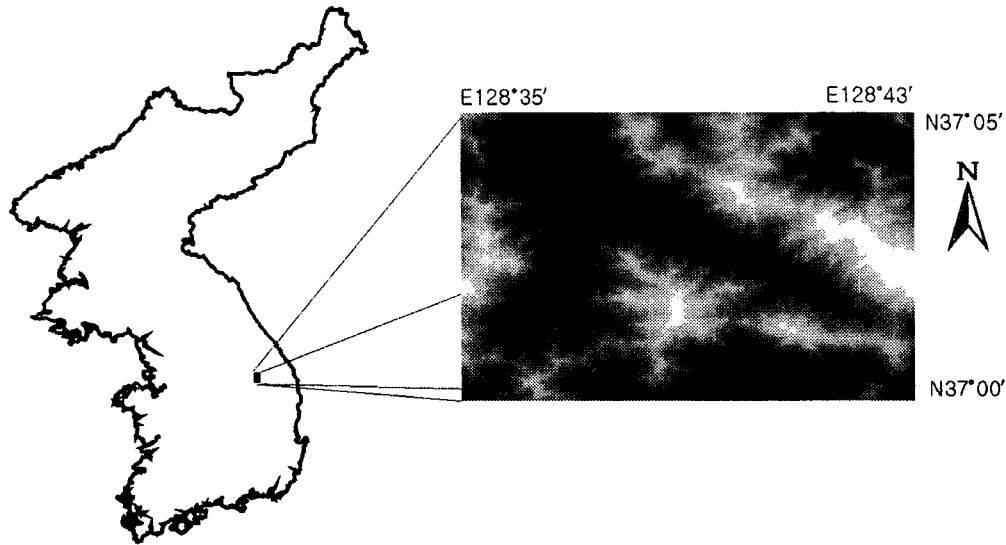


Fig.1. Location map of the study area

#### 자료처리과정

먼저, DEM자료에 적용시킬 필터를 만들었다.

필터는 단면이 eq.1 과 같으며 그 그래프는 Fig.2와 같다.

$$y = \left( \frac{\sigma^2 - x^2}{\sigma^4} \right) \exp\left( -\frac{x^2}{2\sigma^2} \right) \quad (\text{eq.1})$$

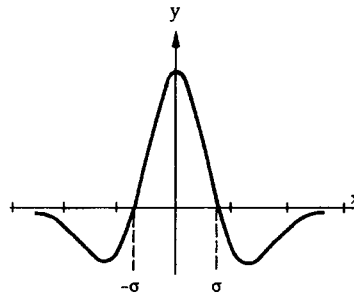


Fig. 2. Profile of filter

이런 단면을 갖고 길이가  $2\sigma+1$ 인 mask를 만들고 이를  $5^\circ$  씩 회전시켜 필터를 완성하였으며, 이는 각 방향에서 선형의 지형을 만났을 때 높은 값을 갖게된다. 따라서, 이를 DEM에 적용시킬 경우 능선에서 높은 값을 결과이미지에 넘겨주게 되고(Fig.3), 이 필터

의 역수로 이루어진 필터를 적용시킬 경우 계곡에서 높은 값을 역시 결과이미지에 넘겨 주게 된다(Fig.4).

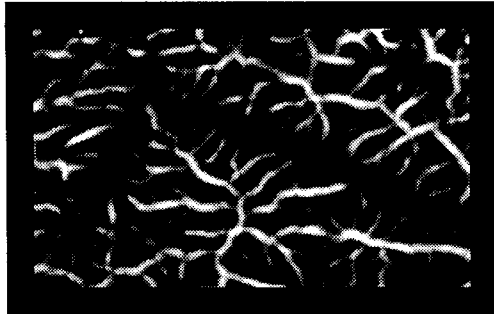


Fig. 3. Normal value filtered image.

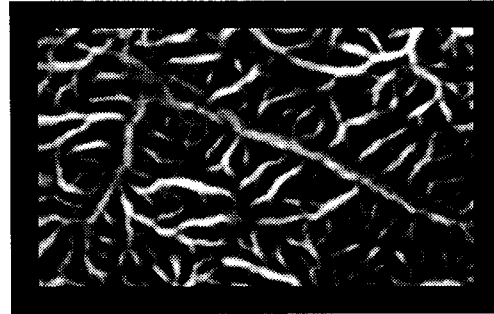


Fig.4. Inverse-value filtered image

이렇게 만들어진 이미지들은 각각 threshold를 통해서 능선과 능선이 아닌 지역, 계곡과 계곡이 아닌 지역으로 구별하여 이진영상으로 만들어졌다.

각각의 이진영상에서 굵은 선의 중앙은 threshold하기 이전의 영상에서 주변보다 가장 높은 값을 갖는 부분으로 그 부분이 바로 계곡이나 능선일 가능성이 매우 높다. 따라서, 이진영상에서 구해진 굵은 선의 중앙을 찾기 위해 세선화작업을 실행하였다. 본 연구에서 사용된 세선화작업의 알고리즘은 두 가지를 적용하여 보았다. 먼저 간단하고 빠르다고 알려진 Zhang-Suen 방법을 적용하였는데, 이 방법은 완벽하게 세선화를 시켜주지 못했다. 따라서, 이번 연구에서는 이러한 과잉물(redundancy)을 완전히 없애줄 수 있는 알고리즘(Zhang, 1997)을 사용하였다(Fig.5, Fig.6). 이는 한 부분에 집중적으로 분포할 수 있는 과잉물에 의한 오차를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 이후의 과정인 각 요소를 나누어주는 과정을 간단하게 만들어 주었다.



Fig.5. Thinning processed image of Fig.3.



Fig.6. Thinning processed image of Fig.4.

지금까지의 과정을 거처온 최종결과물은 각각 계곡과 능선에 잘 일치하는 결과를 보여준다. 하지만, 최종적으로 벡터화된 선구조를 찾아내기 위해서 각각의 선구조요소들을 직선으로 나타내어주고 이 직선의 타당성을 검증하여야 한다. 이를 위해 먼저, 선구조요소들

을 분리해 내기 위해 시작점과 끝점을 갖는 연결된 점들의 집합을 구별해 내었다. 여기서 시작점과 끝점은 다른 요소와 연결되는 부분이나 더 이상 연결되지 않은 점으로 결정하였다. 이렇게 만들어진 결과는 임의의 개수의 x,y좌표를 갖는 순서쌍으로 나타내어진다. 이들은 서로 연결되어 있으며, 선형으로 가정되어 직선인지에 대한 검증을 받게 된다. 다음은 선형이라고 가정할 때 만들어지는 기울기인 b와 y절편인 a이다.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{eq.2})$$

$$a = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \times b \right) \quad (\text{eq.3})$$

이렇게 계산되어진 a,b를 이용하여 직선인지를 다음과 같이 검사식에 의해 검사하여 일정 값보다 작고 일정 길이보다 클 경우만 선구조로 선택하였다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a - b x_i)^2}{n-2}} \quad (\text{eq.4})$$

이때 직선은 끝점을 갖지 않기 때문에 이 끝점을 결정하기 위해 실제 순서쌍으로 이루어진 좌표들이 만드는 직사각형 공간안의 부분만을 선구조로서 선택하여 최종 결과를 만들어 내었다(Fig.7).

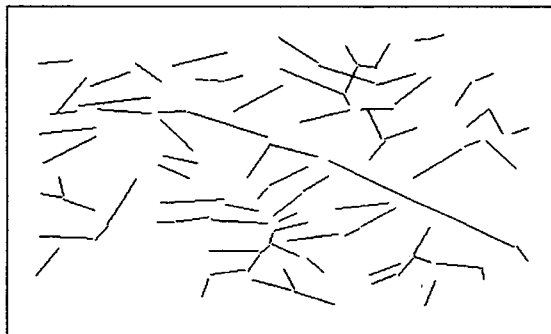


Fig. 7. Result lineament image.

### 결론

지형에 의해 특징 지워지는 선구조를 찾는 것은 가능하였다. 하지만, 아직 개선되어야 할 점이 있다. 먼저, 자료처리과정에서 보면, 직선성을 밝히기 위해 사용한 방법상의 문제로 남북방향에 가까운 선구조는 순서쌍까지는 구해지지만, 최종적인 선구조로 선택되지 못했다. 이는 기울기가 커질수록 생기는 오차가 많아지는 것을 의미한다. 이는 앞으로의 연구에서 일정 기울기 이상의 경우 그 축을 변환하여 새로운 좌표축에서의 검사로 해결될

수 있을 것이다. 그리고, 순서쌍들의 집합이 직각을 이루고 있을 경우 두 개의 선구조로 선택되어야 하지만, 지금의 처리방법으로는 아직 불가능하다. 이는 순서쌍들 내에서 일정 곡률 이상의 경우 순서쌍을 나누어주는 과정을 거치면 역시 해결될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- Ben A. van der Pluijm and Stephen Marshak, 1997. *Earth Structure : An Introduction to Structural Geology and Tectonics*, McGraw-Hill, 143p.
- Robert, L. Bates and Julia, A. Jackson, 1987. *Glossary of Geology, Third Edition* : American geological institute, 380p.
- Won, J. S., Kim, S. W., Min, K. D. and Lee, Y. H., 1998. A Development of Automatic lineament Extraction Algorithm from Landsat TM images for Geological Applications, *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, 14(2), pp. 175-195.
- You Yi Zhang, 1997. Redundancy of parallel thinning, *Pattern Recognition Letters*, 18, 27-35