

총적층의 정밀 선구조 추출을 위한 위성영상과 GIS 기법의 활용에 관한 연구

이수진¹, 석동우¹, 황종선², 이동천³, 김정우³

¹한양대학교 지구해양과학과

²연세대학교 지구시스템학과

³세종대학교 지구정보공학과

A Study on the Precise Lineament Recovery of Alluvial Deposits Using Satellite Imagery and GIS

Su Jin Lee¹, Dong-Woo Suk¹, Jong-Sun Hwang²,
Dong Cheon Lee³, Jeong Woo Kim³

¹Dept. of Earth and Marine Science, Hanyang University

²Dept. of Earth System Sciences, Yonsei University

³Dept of Geo-Information Engineering, Sejong University

Abstract : We have successfully developed a more effective algorithm to extract the lineament in the area covered by wide alluvial deposits characterized by a relatively narrow range of brightness in the Landsat TM image, while the currently used algorithm is limited to the mountainous areas. In the new algorithm, flat areas mainly consisting of alluvial deposits were selected using the Local Enhancement from the Digital Elevation Model (DEM). The aspect values were obtained by 3×3 moving windowing of Zevenbergen & Thorno's Method, and then the slopes of the study area were determined using the aspect values. After the lineament factors in the alluvial deposits were revealed by comparing the threshold values, the first rank lineament under the alluvial deposits were extracted using the Hough transform. In order to extract the final lineament, the lowest points under the alluvial deposits in a given topographic section perpendicular to the first rank lineament were determined through the spline interpolation, and then the final lineament were chosen through Hough transform using the lowest points.

The algorithm developed in this study enables us to observe a clearer lineament in the areas covered by much larger alluvial deposits compared with the results extracted using the conventional existing algorithm. There exists, however, some differences between the first rank lineament, obtained using the aspect and the slope, and the final lineament. This study shows that the new algorithm more effectively extracts the lineament in the area covered with wide alluvial deposits than in the areas of converging slope, areas with narrow alluvial deposits or valleys.

Keywords : Lineament, Alluvial Deposits, DEM

요약 : Landsat TM 영상을 이용, 명암차가 높은 산악 지역에 적용해왔던 알고리즘을 개선하여 비교적 명암차가 낮고 총적층이 넓게 분포하는 지역의 선구조를 추출하는 알고리즘을 개발하

었다. 수치지형모델에 대하여 Local Enhancement를 이용, 평탄한 지역으로부터 총적층을 추출하였다. Zevenbergen & Thorno's Method를 3×3 moving windowing을 통해서 최대 경사방향과 경사를 이용하여 총적층을 지나는 선구조 요소를 추출하고 다시 Hough 변환을 이용해서 1차 선구조를 추출하였다. 이로부터총적층의 직각방향의 지형단면의 경사를 유추해서 spline 보간법을 이용해 단면의 최저점을 구하고 이 구해진 점들을 다시 Hough 변환을 이용해서 최종 선구조를 추출하였다. 본 연구에서 사용한 알고리즘은 기존 알고리즘에서 사용된 소창문보다 훨씬 큰 총적층이 분포하는 지역의 지형 경사가 수렴하는 부분에 선구조가 뚜렷이 나타남을 볼 수 있다. 최대경사방향과 경사를 구해서 얻어진 1차 선구조와 최종선구조에서 선구조 방향이 다소 차이를 보인다. 1차 선구조의 수직방향 지형단면의 자료를 이용함에 있어, 지형 단면의 시작점과 끝지점을 임의적으로 결정하는 것이 아니라, 총적층을 가로질러 최고점까지 또는 다음 총적층이 나올 때까지의 자료를 이용해서 보간법을 사용하였고, 총적층의 넓이에 따라 보간할 자료량의 차이에 의한 오차가 발생할 수 있다. 넓은 총적층에서 선구조가 잘 추출되는 반면에 좁은 총적층이 분포하거나 계곡에 해당하는 지역에서는 경사수렴부와 일치하지 않는 선구조가 추출되었다. 이는 향후 계속적으로 연구해서 보완되어야 할 것으로 사료된다.

1. 서론

위성영상을 이용한 자동 선구조 추출 알고리즘은 지형적 특징에 따라 다양한 방법으로 개발되어 왔다. 국내 지형은 주로 산악지형과 총적층 지대가 함께 발달되어 있으며 이와 같은 총적층은 종종 단층과 같은 주요 선구조를 피복하고 있다. 그러나 Segment Tracing Algorithm(Koike, 1995), Dynamic Segment Tracing Algorithm(김상완, 1998)등의 기존 선구조 추출 알고리즘은 넓은 총적층이 존재하는 복잡한 지형에 대해 적용하는데 문제점들이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 이러한 지형적 특징을 나타내는 지역에 적용 가능한 새로운 알고리즘이 필요하다.

선구조는 직선 혹은 완곡의 지형요소로서 인접한 표면 및 천부의 지형요소와 구분이 명확한 단층, 파쇄대, 습곡축 등의 지질 구조선과 암석경계를 따라 나타나며, 이러한 요소들은 측정하고자 하는 목표물에서 복사되어 나오는 전자파를 감지하여 그 물리적 성질을 추출한 원격탐사자료에서 나타나는 지형의 기복변화 및 화소의 명암차이에 의해서 구분이 가능하다(Sabins, 1978).

우리나라는 산악지형과 총적층지형이 고루 분포하는 곳이 많아 산악지형에서 잘 나타나는 선구조 추출 알고리즘들에 비해 넓은 총적

층지역에서의 선구조 추출 알고리즘은 잘 맞지 않는 경우가 있다. 넓은 총적층은 기존 알고리즘의 소창문보다 큰 18×18의 화소이상이거나 또는 폭이 약 300m 이상인 경우 넓은 총적층으로 간주하였다(김상완, 1998). 이에 보다 정확한 총적층에서의 선구조를 추출하고자 본 연구에서는 새로운 알고리즘을 개발하였다.

2. 본론

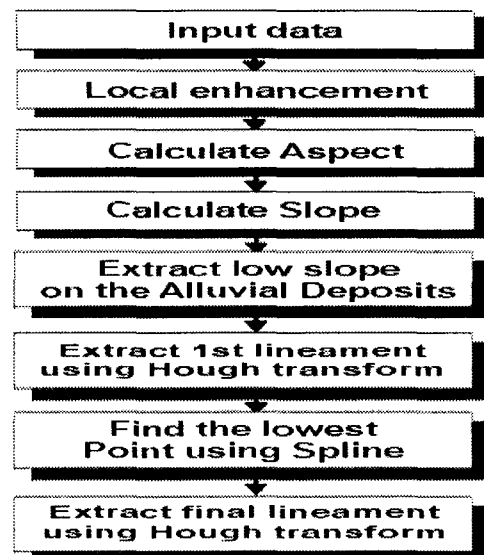


Fig. 1 Flowchart of lineament extraction from alluvial deposits.

그림 1은 넓은 총적층에서 선구조 추출하는 알고리즘 흐름도이다. 그림 2와 같이 넓은 총적층이 존재하는 지역에서 선구조를 추출하기 위해 낮은 명암차를 극복하여 총적층을 추출하고 DEM을 이용해서 표면경사방향을 구하고 Local Enhancement를 이용해 추출된 총적층 내에 존재하는 표면 경사 방향이 수렴하는 부분을 추출하고 이로부터 Hough 변환을 이용하여 총적층을 지나는 1차 선구조를 추출한다. 1차 선구조 추출 후 더 정확한 선구조를 추출하기 위해 지형 특성을 잘 나타내는 spline보간법을 이용하여 총적층내에 존재하며 지형경사를 반영한 최저점을 찾고 이를 다시 Hough 변환을 이용하여 최종 선구조를 추출한다.

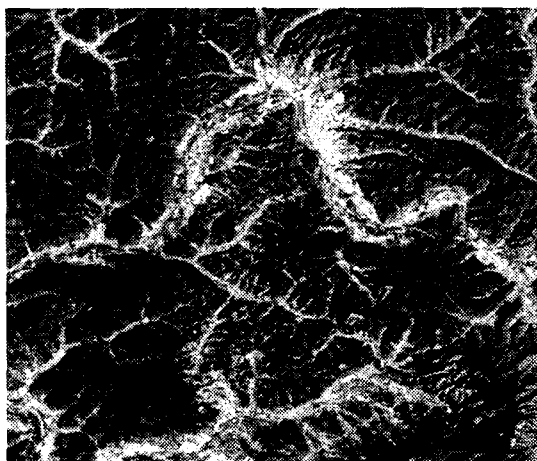


Fig. 2 True color composite image of Landsat TM of the study area.

(1) Local Enhancement

Local Enhancement는 다소 낮은 명암대조를 이루고 있는 지역에서의 명암차를 크게 확대시키는 장점이 있다 (Fitton and Cox, 1995). 이 방법은 원래 영상 자체가 어떤 배경 명암을 가지고 있고 추출하고자 하는 특징들이 다른 명암에 의해 구분되는 영상에 적용될 수 있기 때문에 산악지형과 같이 지형적 기복이 심한 지역보다, 넓은 평지지형에 발달하는 수계, 질리 등의 추출에 적합하다. 그림 3은 Landsat TM band 1을 Local enhancement를 이용해서 낮은 명암차를 갖는 영상에서 효과적으로 추출한

총적층이다.

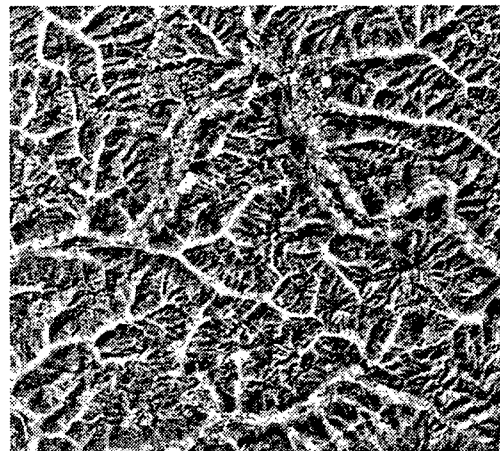


Fig. 3 Result of Landsat TM Band 1 using Local enhancement.

(2) DEM을 이용한 경사 추출

DEM은 각 화소의 고도값을 갖고 있어 이를 이용하여 지형의 기복과 정확한 경사와 사면을 추출할 수 있으며, 총적층내에 존재하는 선구조 요소를 추출하기 위해 고해상도의 DEM을 이용하면 보다 정확한 선구조를 추출할 수 있다. DEM을 이용해서 3 × 3 moving windowing을 한 결과 0~360의 방향으로 북, 동, 남, 서쪽을 나타내는 표면 경사방향(aspect)을 추출할 수 있다.

그림 4는 DEM으로부터 추출된 경사방향을 나타내며 넓게 총적층이 존재하는 지역에서 경사 수렴부를 관찰할 수 있다.

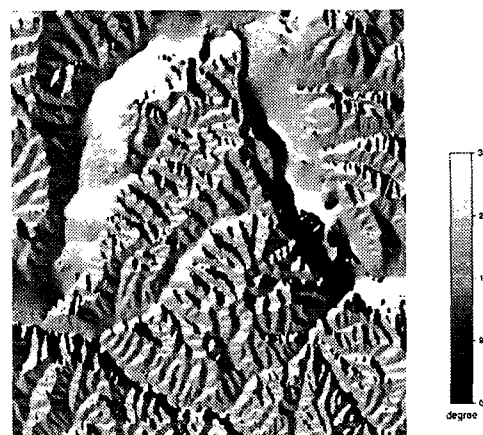


Fig. 4 Aspect map of Digital Elevation model (DEM).

(3) DEM을 이용한 사면 추출

사면(Slope)은 그림 4에서 추출된 표면 경사 방향의 수렴부를 구하기 위해 사용하였다. 이는 산, 언덕, 고원의 다소 기울어진 지표면, 사면은 사면붕괴, 하천의 침식, 지반의 경동, 단층운동과 침식작용의 여러 가지 원인에 의해 만들어진다(양승영, 1998).

그림 5는 그림 4의 경사가 수렴하는 부분을 나타내는데, 검은색으로 보이는 부분이 경사가 수렴하는 부분에 해당하고 총적층에 속한 경사 수렴부가 뚜렷이 나타남을 볼 수 있다. 그림 6은 그림 5에 경계값(threshold)을 이용해 선구조로 인식하기 위한 이진영상이다. 총적층내에 존재하는 경사수렴부는 그림 7과 같이 나타내었고 그림 7은 Hough변환을 이용하여 1차 선구조 추출에 적용되다.



Fig. 5 Slope map from Fig 4.

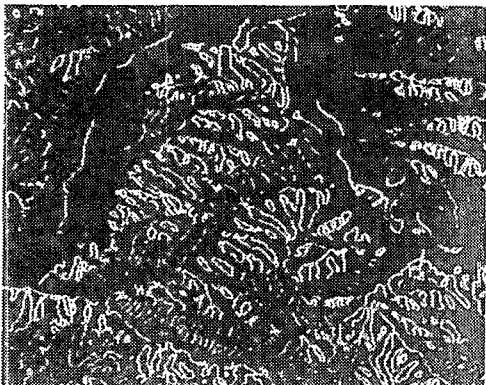


Fig. 6 Slope map using threshold from Fig 5.

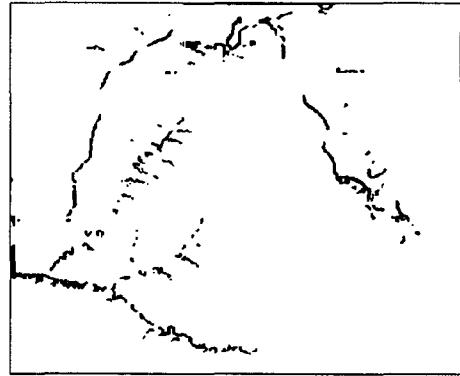


Fig. 7 Threshold lines within alluvial deposits.

(4) Hough transform을 이용한 1차 선구조 추출

그림 8은 Hough변환을 이용해서 그림 7의 이진영상으로부터 일정한 방향성을 갖고 선으로 인식하며 양끝점을 갖는 선구조를 추출하여 선구조와 함께 도시하였다. 이는 총적층내의 경사수렴부를 나타내며 일정한 방향성을 갖고 있는 선구조이다. 추출된 선구조는 총적층 내에서 경사수렴부를 나타내고 비교적 지표고도가 낮고 총적층이 넓게 분포한 지역에서 경사수렴부가 선구조로 잘 나타남을 볼 수 있다.

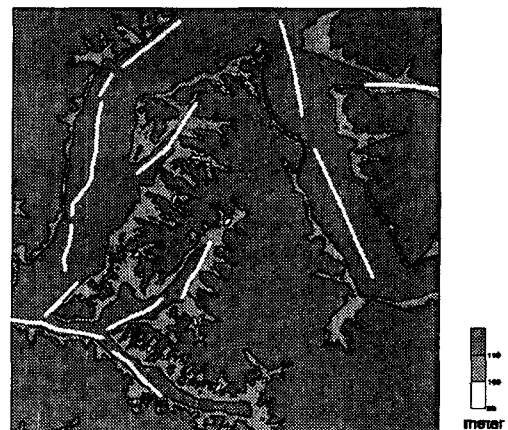


Fig. 8 Lineaments extracted from Hough transform are super-posed on the DEM.

(5) 보간법을 이용한 최저점 추출

그림 8에서 추출된 선에 수직한 방향의 자료들을 spline 보간법으로 총적층내의 최저점을 추출하였다. 그림 9는 본 연구지역에서 1차 선구조로 추출된 선의 직각방향으로 각각 $\overline{AA'}$, $\overline{BB'}$, $\overline{CC'}$ 의 축선으로, 각각의 축선에서 총적층을 제거한 후 새로운 자료를 생성한다. 총적층은 퇴적물이 쌓인 퇴적층으로서 퇴적층을 제거한 후 축선의 양사면의 경사를 보간법을 이용해 퇴적층이 쌓이지 않았을 때의 최저점을 추출하기 위해 그림 9와 같이 1차 선구조의 수직한 방향으로 자료를 생성한다.

그림 10의 (a), (b), (c)에서 점선은 그림 9의 축선에 해당하는 지형 단면을 보여주고 실선은 총적층을 제거한 후 보간법을 이용했을 때 추정되는 지형을 나타낸다. 점선의 '*'는 실제 지형단면의 최저점을 나타내고 실선의 '●'는 총적층을 제외하고 spline보간법을 이용해 추출한 최저점으로 최종 선구조가 나타난다. 이는 총적층내에 존재하는 선구조를 추출함에 있어 지형단면 양사면 경사를 나타내고 퇴적물의 영향을 제거한 최종선구조로 나타난다.

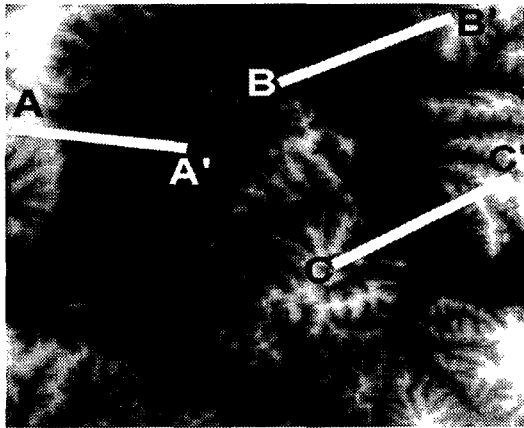
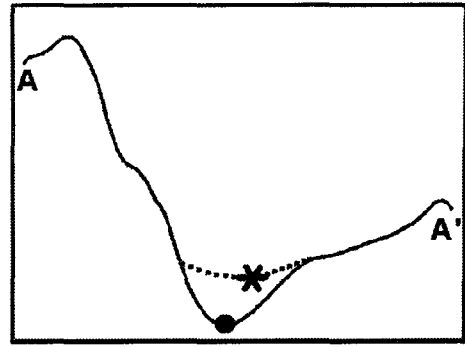
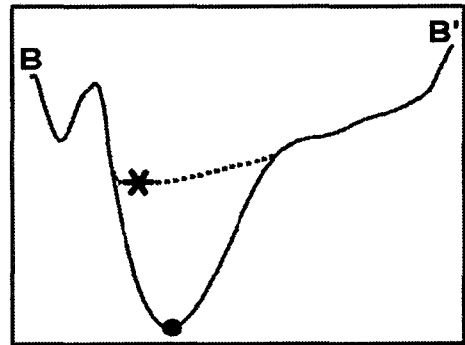


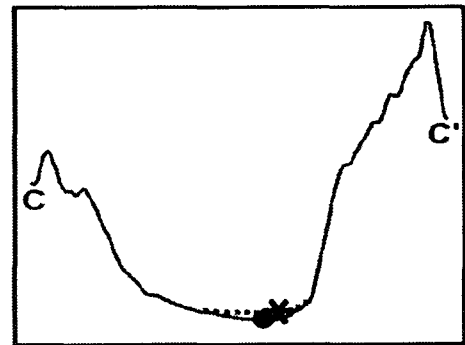
Fig. 9 Three cross-section lines across the alluvial deposits.



(a)



(b)



(c)

Fig.10 Cross-section along lines (a) A-A',(b) B-B', (c) C-C' in Fig 9.

3. 결과

그림 11은 경사수령부를 선구조로 나타낸 그림이다. 그림의 A, B, C, D 각각에 일정한 방향을 갖는 선구조가 나타나고 있다. 각각의 지역에 북동, 동서, 북북서, 북북동 방향을 나타내는 선구조가 나타난다.

그림 12는 그림 11에서 구해진 1차 선구조에 수직한 방향으로 자료를 생성한 후 총

적층을 제거하고 spline 보간법을 이용해서 최저점을 찾아 이를 다시 Hough 변환을 이용해서 최종 선구조를 추출한 것이다. 그림 11과 그림 12의 선구조는 차이를 나타낼 수 있다. 그림 12의 B와 C지역의 경우는 총적층을 제거한 후 양사면을 이용하여 선구조를 추출하였다. 지형기복에 따라 추출된 그림 12의 선구조는 그림 11과는 달리 지형의 경가사 급한 쪽으로 선구조가 형성되어 나타난다.

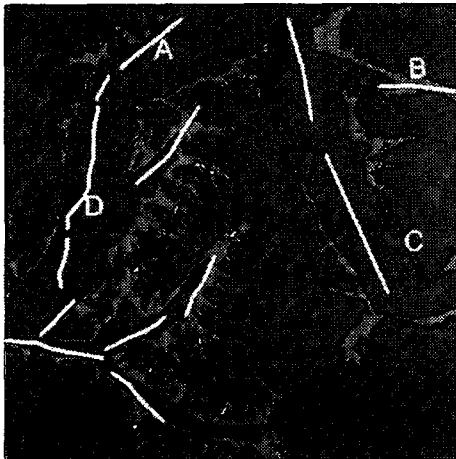


Fig. 11 Lineament (white line) from Digital Elevation Model.

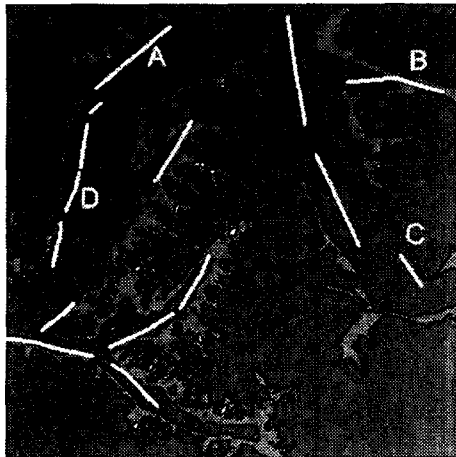


Fig. 12 Lineaments extracted in this study.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 위성영상과 DEM(Digital Elevation Model)을 이용하여 넓은 총적층

에 적용 가능한 선구조 추출 알고리즘을 개발 하였다. 본 연구에 의해 개발된 알고리즘을 이용하여 추출된 최종 선구조는 지형 단면 경사를 잘 반영하고 있다. 본 연구결과 기존 방식인 소창문을 사용하지 않고 명암차가 낮아도 적용할 수 있으며 비교적 총적층에서의 선구조를 잘 나타낸다고 사료된다. 총적층이 좁은 지역에서는 선구조가 예상과는 달리 경사수렴부에서 30-60m 가량 벗어남을 볼 수 있었다. 이는 좁은 지역의 총적층이 분포하는 곳은 그림 9처럼 1차선구조에 수직한 방향의 자료를 생성할 때 자료의 시작과 끝나는 점을 결정하면서 자료량이 줄어 spline 보간법을 활용함에 있어 오류를 발생할 수 있는 것으로 사료된다.

본 연구결과 원자력발전소, 국가 중요시설, 신도시개발 등의 업무를 추진함에 있어 부지 설정에 기초 자료로 활용될 수 있으며 지속적인 연구를 통해 하천의 퇴적량과 지형의 변화도 예측 가능하다고 사료된다.

참고문헌

- 김상완, 1998, 자동화된 선구조 추출 알고리즘 개발과 이의 경북 의성지역에의 적용 연구, 학위논문, p. 8-33
- 양승영, 1999, 지질학 사전, p.701
- Fitton, N. and Cox, S., 1995, Linear feature extraction in geoscientific data, Australian Geodynamics Cooperative Research Centre.
- Koike, K., Nagano, S. and Ohmi, M., 1995, Lineament Analysis of Satellite Images using a Segment Tracing Algorithm(STA), Computer & Geosciences, Vol. 21, p. 1091-1104.
- Sabins, Floyd F., Jr., 1978, Remote Sensing - Principles and interpretation, W. H. Freeman and Company, USA.