

## 청천강류역에서 위성화상자료를 리용한 단층예측의 한가지 방법

한광혁, 김진혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《위성사진자료와 항공사진자료를 다른 탐사자료와 결부하여 종합적으로 분석하고 그에 기초하여 지질구성과 지하자원분포상태를 심부에 이르기까지 립체적으로 해명하기 위한 사업을 잘하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 506페이지)

위성화상자료를 리용하여 건설지반상태를 밝히는것은 탐사원가를 줄이고 탐사속도를 높이기 위한 중요한 방도의 하나이다.

론문에서는 위성화상자료에서 선형구조를 추출하고 선형구조들의 방위별분포특성을 통계적으로 분석하여 단층을 예측하기 위한 한가지 방법을 제기하였다.

### 1. 위성화상에서 선형구조의 추출

위성화상에서 선형구조들은 일반적으로 밝음도값의 차이에 의하여 나타난다.[1]

지난 시기 위성화상에서 선형구조를 추출하기 위한 방법들이 많이 제기되였는데 대부분의 방법들이 대상물의 경계에서 나타나는 밝음도변화를 강조하는 방법인것으로 하여 하나의 선형구조가 쌍선으로 외곡된다. 그러므로 우리는 이러한 부족점을 극복할수 있는 새로운 선형구조추출방법을 연구하였다.

지질통계학에서는 2차원 혹은 3차원공간에서 지질학적측정값들의 우연적(통계적)변화와 위치에 따르는 공간적변화를 연구하기 위하여 다음과 같은 변이함수를 리용한다.[1]

$$\tau(h) = \frac{1}{2} E \{ d(x+h) - d(x) \}^2 \quad (1)$$

여기서  $h$ 는 화소들사이의 거리,  $d$ 는 화소의 밝음도,  $x$ 는 화소점의 위치,  $E$ 는 수학적기대값을 의미한다.

식 (1)에서 보는바와 같이 변이함수  $\tau(h)$ 는 화소  $x$ 와  $x+h$ 사이의 거리  $h$ 에 관계되는 벡토르함수이다. 변이함수값들은 밝음도의 통계적 및 공간적변화에 따라 나타나는 선형구조를 반영한다.

다대역화상자료에서 선형구조를 추출하기 위하여 우리는 서로 다른 두 대역사이의 호상변이함수값을 평가할수 있는 다음의 함수를 리용하였다.[1, 3]

$$\tau_{ik}(h) = \frac{1}{2n(k)} \sum_{i=1}^{n(k)} \{ [d_1(x_i) - d_1(x_i+h)] \cdot [d_2(x_i) - d_2(x_i+h)] \} \quad (2)$$

여기서  $\tau_{ik}(h)$ 는 호상변이함수,  $d_1$ 과  $d_2$ 는 서로 다른 두 대역에서 화소점의 밝음도,  $x_i$ 는 점

의 위치,  $n(k)$ 는 거리벡터의 수,  $k$ 는 류형의 수이다.

우리는 주성분분석법을 리용하여 대역들의 수를 줄이고 변이함수계산에 리용하는 이동창문의 크기를 모형계산실험을 통하여  $7 \times 7$ 개로 설정하였다. 그리고 계산한 변이함수값을 창문의 중심화소의 값으로 설정하였다.

이동창문의 크기를  $7 \times 7$ 개로 선택하면 화소들사이의 거리  $h$ 를 세가지 방식으로 설정할수 있는데 우리는  $h=1$ 로 하였다.

변이함수에 의한 선구조추출방법을 적용하면 각종 형태의 선형구조들을 얻게 된다. 얻어진 선형구조들가운데서 연장성이 좋지 못하고 불연속적이며 지질학적의미가 있는 선형구조들은 육안해석을 진행하여야 한다.

## 2. 선형구조의 분석

연구지역에 발달하는 단층과 균열들은 주로 청천강단렬대와 그것의 수반단층 및 균열들이다.

우리는 2000년 5월 22일에 수집한 Landsat ETM+화상을 리용하여 연구지역의 선형구조와 수계의 분포특성을 평가하였다.

먼저 청천강중류지역 선형구조들의 방위를  $10^\circ$  간격으로 나누고 프로그램(《ArcView 3.3》)을 리용하여 방위별선형구조의 출현빈도와 길이를 분석하였다.(표 1)

선형구조들의 길이와 출현빈도수는 지역의 고응력상태와 수계의 발달특성, 산줄기의 분포 등과 같은 지형학적인 특징과 관계된다.[2]

표 1. 선형구조자료에 대한 통계분석결과

방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m	방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m	방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m
10	8	14 180	1 773	70	8	32 459	4 057	130	9	18 063	2 007
20	9	19 291	2 143	80	6	20 564	3 427	140	11	15 171	1 379
30	14	38 715	2 765	90	2	3 970	1 985	150	14	56 363	4 026
40	6	10 810	1 802	100	5	15 167	3 033	160	4	15 565	3 891
50	7	23 518	3 360	110	5	11 099	2 220	170	7	18 627	2 661
60	10	16 376	1 638	120	7	12 816	1 831	180	5	11 812	2 362

표 1에서 보는바와 같이 출현빈도수와 길이가  $30, 150^\circ$ 방향에서 가장 큰것은 청천강단렬대와 그것과 수반되는 단층의 영향을 받았기때문이다. 그리고  $70^\circ$ 방향에서 선형구조의 평균길이가 가장 긴것은 묘향산줄기의 영향에 의한것이다.

다음으로 지역의 수계도에 기초하여 수계의 출현빈도와 길이를 분석하였다.(표 2)

표 2. 수계자료 통계분석결과

방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m	방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m	방위 /(°)	빈도수 /개	길이 /m	평균 길이/m
10	143	65 378	457	70	83	37 420	451	130	63	23 646	375
20	99	47 388	479	80	91	40 634	447	140	47	24 085	512
30	88	44 681	508	90	106	46 062	435	150	59	26 126	443
40	53	23 964	452	100	103	41 005	398	160	81	40 239	497
50	65	29 418	453	110	73	38 088	522	170	82	39 160	478
60	69	29 772	431	120	57	26 884	472	180	106	47 030	444

선형구조와 수계자료에 대한 통계적분석으로부터 연구지역의 지반조사에서 기본은  $30^\circ$  근방에서 발달하는 균렬 및 단층들을 조사하는것이다.

우리는 연구지역에 발달한 선형구조의 방위특성으로부터 지반에 발달하는 단층들의 방위를 예측하고 지표야외지질조사를 진행하였다.

야외지질조사결과 연구지역 지반에 놓여있는 중화주층의 놓임요소는  $310^\circ \angle 43^\circ$  이고 흑교주층의 놓임요소는  $295^\circ \angle 40^\circ$  이다. 즉 중화주층과 흑교주층의 경사방향은  $25^\circ$  차이난다. 이로부터 중화주층과 흑교주층사이에 파렬구조가 존재한다는것을 알수 있다.

연구지역 지반에 발달하는 파렬구조는 지구물리비저항CT조사와 시추조사에 의하여서도 확증되었다.

이와 같이 위성화상자료를 리용하면 건설지반에 발달하는 단층을 비교적 정확히 예측할수 있으므로 탐사비용을 훨씬 줄일수 있다.

## 맺 는 말

위성화상자료를 리용하여 선형구조를 분석하고 방위별선형구조들의 출현빈도수와 길이분석을 진행하면 단층의 발달특성을 비교적 정확히 예측할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박선결 등; 원격지질조사학, 김일성종합대학출판사, 164, 주체101(2012).
- [2] P. C. Femandes da Silva et al.; Remote Sensing of Environmet, **96**, 18, 2005.
- [3] Hui Piao et al.; Ninth International Conference on Hybrid Intelligent Systems, IEEE Computer Society, 204~209, 2009.

주체104(2015)년 1월 5일 원고접수

## **A Method to Predict the Fault by using Satellite Image Data in Chongchon River Region**

*Han Kwang Hyok, Kim Jin Hyok*

By analyzing the lineament and the frequency in azimuth of the lineaments and the frequency in length of the lineaments in satellite image, characteristics of faults can be predicted qualitatively to enhance the effective of fault survey.

Key words: lineament, fault