

## 지질학적 선구조 분석을 위한 SAR 영상에서의 방향편차에 대한 정량적 분석

홍창기 · 원중선 · 민경덕

연세대학교 지구시스템학과

### Quantitative Analysis of the Look Direction Bias in SAR Image for Geological Lineament Study

Chang-Ki Hong, Joong-Sun Won, and Kyung-Duk Min

Department of Earth System Sciences, Yonsei University

**Abstract :** SAR imagery usually reveals the influence of antenna look-direction on the delineation of geological structures. In this study, the look-direction bias in SAR image is quantitatively analyzed specifically for geological lineament study. Geologic lineaments are estimated using both Landsat TM and JERS-1 SAR images over the study area to quantitatively compare and analyze the look-direction bias in the SAR image. The standard geologic lineaments in the study area are established from lineaments estimated from TM images, field mapping, and fault lines in a published geologic map. The results show that lineaments normal to radar look-direction are extremely well enhanced while those parallel to look-direction are less visible as expected. However, certain lineaments even parallel to radar look-direction can still be detectable in a favorable topographic condition. Compared with TM image, the total number of detected lineaments in each direction in the SAR image increases or decreases ranging from 33% to 159% in length and from 28% to 187% in occurrence. The ratio of lineaments in SAR image to those in TM image with respect to direction can be fitted by a cosine function. The fitted function indicates that geological lineament is more easily detected in SAR image than in TM image within about  $\pm 50^\circ$  normal to radar look-direction. And lineaments with limited extension appear to be more sensitive to the look direction bias effect.

**Key Words :** Geological lineament, SAR, Look direction bias

**요 약 :** SAR 영상에 나타나는 지질학적 선구조는 안테나의 관측방향에 따라 증가 혹은 감소하여 나타난다. 본 연구에서는 지질학적 선구조 추출시 관측방향에 따라 발생하는 방향편차를 정량적으로 분석하였다.

SAR 영상에 나타나는 방향편차의 정량적인 분석을 위해 Landsat TM 영상과 JERS-1 SAR 영상에서 각각 선구조를 추출하였으며 기본 선구조의 판단을 위해 TM 영상에서 추출된 선구조와 야외

조사자료 및 지질도상에 나타나는 단층선과의 연관성 분석을 실시하였다. 연구지역내의 SAR 영상에 나타나는 선구조는 관측방향에 평행할 때 최소를, 수직일 때 최대를 보이거나 관측방향에 평행한 선구조일지라도 지형적인 특성에 따라 어느 정도 선구조의 추출이 가능한 것으로 나타났다. SAR 영상에 나타나는 선구조의 상대적 증감비율에 대한 분석 결과 길이는 33%~159%, 빈도수는 28%~187%의 증감을 보였으며 방향별 증감비율을 cosine 함수로 최적화하여 표현한 경우 관측방향에 수직인 방향을 기준으로 약  $\pm 50^\circ$  이내 방향에서 TM에 비해 SAR 영상에서의 선구조 추출이 용이한 것으로 나타났다. 또한 길이가 짧은 선구조의 추출 여부는 관측방향에 따라 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

## 1. 서론

지질학적 선구조는 직선 혹은 완곡의 지형요소로써 인접한 표면 및 천부의 지형요소와 구분이 명확한 단층, 파쇄대, 습곡축 등의 지질구조선과 암석경계를 따라 나타난다(Sabins, 1996). 이러한 지질학적 선구조 요소들은 일반지질 연구, 광물탐사 연구 또는 대단위 시설물의 부지선정, 자연재해 예측과 관련된 자료의 해석 및 분석단계에서 중요한 역할을 하게 된다(Lee and Chi, 1995). 이러한 선구조의 분석을 위해 야외조사자료와 함께 원격탐사자료가 흔히 이용되며 특히 원격탐사자료는 광역적인 규모의 선구조를 잘 반영하는 것으로 알려져 있다(Hancock, 1985).

원격탐사자료에 나타나는 선구조는 일반적으로 영상에 나타나는 화소의 명암차에 의해 구분이 가능하며 따라서 육안분석이나 자동추출 알고리즘을 적용하여 영상으로부터 선구조의 추출이 가능하다. 하지만 원격탐사자료로부터 선구조 추출시 광학영상의 경우 태양방위각에 따른 선택적 증감효과가 발생하며(Gregory and Moore, 1975; Ford, 1980) 레이더 영상의 경우는 센서의 관측방향에 따라 방향편차가 발생된다(Harris, 1984; Lowman et al., 1987; Singhroy, 1992; Singhroy et al., 1993). 따라서 원격탐사자료를 이용한 선구조 추출시 이러한 부분에 대한 보정이 필수적이다.

Synthetic Aperture Radar(SAR) 영상의 경우 일반적으로 광학영상에 비해 구름 등의 영향을 받지 않고 영상을 취득할 수 있다는 점과 광학영상에 비해 지질학적 선구조를 잘 반영한다는 장점으로

인하여 지질학적인 선구조의 분석을 위해 많이 이용되어 왔다(Ford, 1980; Harris, 1984; Lowman et al., 1987; Singhroy, 1992). 하지만 SAR 영상자료에 나타나는 지질학적 선구조는 센서의 관측방향에 따라 광학영상자료에 비해 더 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있으며(McDonald, 1969, Harris, 1984) 특히 동일한 거칠기 및 동일한 절연특성을 갖는 낮은 기복의 지형인 경우 관측방향과 평행한  $\pm 20^\circ$  이내의 선구조는 잘 관찰되지 않는 것으로 보고되었다(Lowman et al., 1987). 이에 Lowman et al.(1987)은 SAR를 이용한 지질학적 선구조 분석을 위해서는 최소 두 개 이상의 서로 다른 관측방향에서 관측된 자료를 이용하는 것이 필수적이라고 제안하였으며 위성 및 항공기를 이용하여 얻어진 SAR 영상으로부터 선구조 추출시 관측방향에 따른 방향편차에 보정이 Moon et al.(1994)에 의해 수행된 바 있다. 그러나 위성의 궤도는 항상 일정한 관계로 항공기를 이용하지 못하는 경우 현실적으로 두 개 이상의 관측방향이 다른 자료를 획득하는데는 어려움이 따른다.

위와 같이 SAR 영상을 이용한 선구조의 추출 및 관측방향에 따른 방향편차에 대한 연구는 여러 차례 수행되었으나 관측방향에 따라 나타나는 선구조의 방향별 증감정도를 정량화 하여 제시한 예는 없다. 즉 하나의 관측방향만 갖는 위성자료를 사용하는 경우 관측방향에 대한 선구조 방향에 따른 증감효과에 대한 정량적인 분석이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 SAR 영상에 나타나는 지질학적 선구조의 관측방향에 따른 방향편차를 정량적으로 분석해 보고자 한다. 만일 방향편차의

분석을 통해 SAR 영상으로부터 선구조 추출시 각 방향별 증감효과에 대한 정량적 모델이 제시된다면, 이로부터 객관적인 선구조의 방향별 보정을 통하여 객관적인 지질학적 선구조 추출이 용이할 것으로 판단된다. 이는 결국 SAR 영상에 적합한 자동선구조추출 알고리즘 개발시 각 관측방향에 대한 적절한 가중치 함수 결정에 기초자료로 이용될 수 있는 것이다.

## 2. 연구 방법

SAR 영상에서 나타나는 관측방향에 따른 방향 편차를 분석하기 위해서는 SAR영상에서 나타나는 선구조와 얻을 수 있는 모든 자료를 이용하여 얻어진 연구지역의 선구조 결과를 정량적으로 비교·분석하는 것이 필요하다. 이에 따라 우선 Landsat TM 영상과 SAR 영상에서 각각 선구조를 추출하였으며, 또한 야외조사 및 지질도폭을 통하여 가능한 선구조를 얻었다. TM 영상으로부터의 선구조는 태양방위각에 따른 증감효과의 보

정 및 증적층 요소를 고려하는 자동선구조추출 알고리즘인 DSTA(Dynamic Segment Tracing Algorithm)를 이용하였으며 광학영상에 나타나는 선구조와 야외조사에서 조사된 절리자료 및 지질도상에 나타나는 단층선과의 연관성을 분석하기 위해 rose diagram을 이용하였다. SAR 영상으로부터의 선구조는 육안분석을 통해 추출하였으며 육안분석의 효율을 높이기 위해 speckle 잡음 제거 필터링 및 전처리 과정을 수행하였다.

SAR 영상에서 나타나는 방향 편차의 분석은 TM 영상에서 추출된 선구조와 SAR 영상에서 추출된 선구조를 각각 길이 및 빈도수로 나누어 도시한 후 분석하였으며, 이때 각 영상에서 추출된 전체 선구조의 길이 및 빈도수가 다르기 때문에 발생하는 오차를 피하기 위해 전체 길이 및 전체 빈도수로 각각을 나누어 정규화 시킨 후 분석하였다. TM과 SAR에서 구한 선구조의 방향별 증감은 정규화된 길이 및 빈도수의 비율로 나타내어 도시한 후 분석하였다. 본 연구의 전체적인 연구 방법은 Fig. 1과 같다.

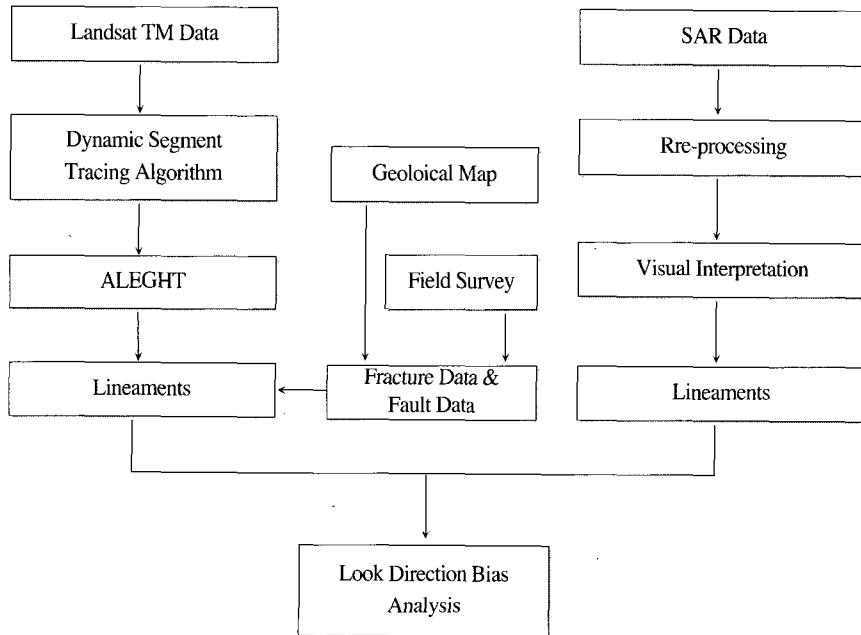


Fig. 1. Flowchart of approaches adopted in this study.

### 3. 선구조 추출 및 야외조사

시험 대상 지역(Fig. 2)은 지질학적으로 중부 옥천대에 해당되며 경위도는 각각  $127^{\circ}52'35.44''E \sim 128^{\circ}33'13.96''E$ ,  $36^{\circ}26'48.46''N \sim 36^{\circ}58'59.74''N$ 이다. 연구지역의 좌상부에 충주시 및 충주호가 위치하고 있으며 문경시가 연구지역의 중앙부에 위치하고 있다. 대부분 산악지대(평균고도: 335m)로 이루어져 있으며 점촌과 예천 우하부에 고도가 비교적 낮은 지대가 넓게 분포하는 것이 특징이다. 이 지역에 나타나는 주요 단층들(KIGAM, 1996)

은 주로 충주호 주변과 죽령, 점촌 및 예천 부근에 분포하고 있으며 충주호 주변 단층들은 대개 수직 단층들이다. 관봉단층은 주향이 남북방향이며 봉화재단층은  $N45^{\circ}W$ , 세곡단층은  $N40^{\circ}E$ 이다. 죽령단층은 주향이  $N70^{\circ}W$ 인 수직단층으로 연구지역의 우상부에 위치하고 있으며  $N45^{\circ}E$  방향의 실금산단층과 사교하여 나타난다. 또한 우하부에 예천연성전단대를 따라 비교적 연장성이 좋은 단층들이 분포하고 있으며 이를 따라 수계가 발달해 있다.

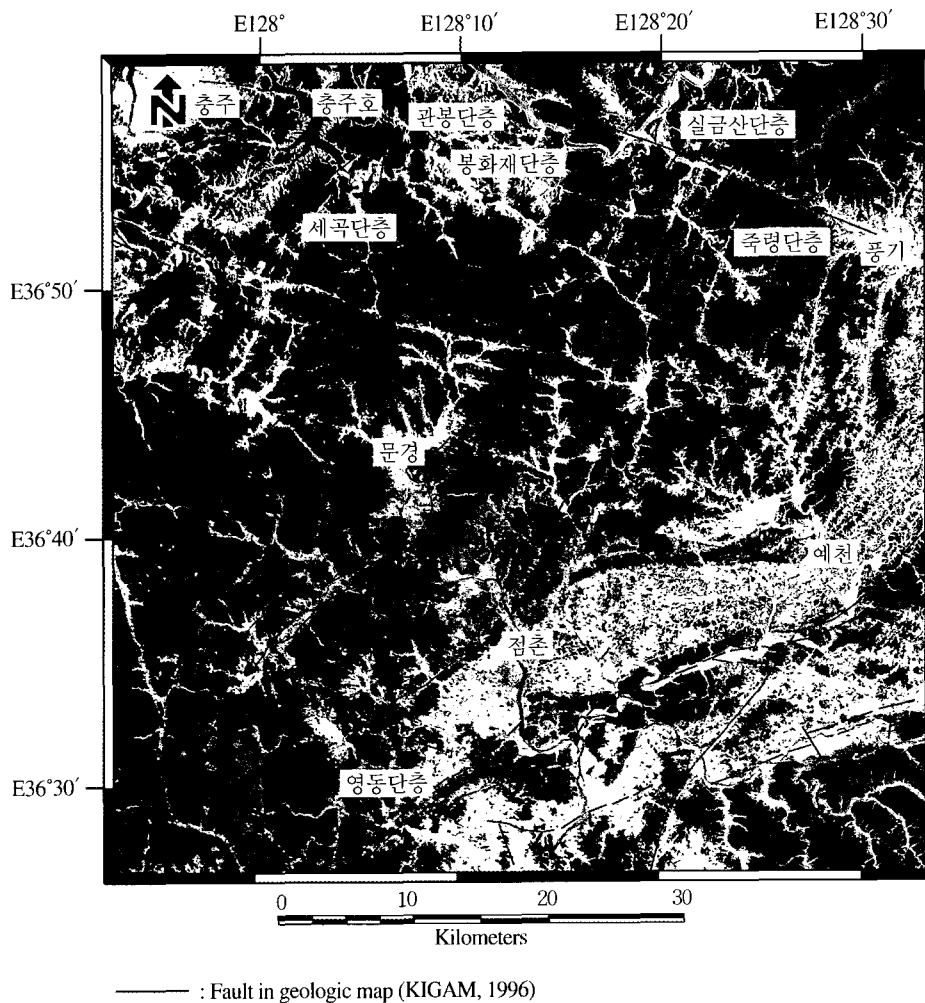


Fig. 2. True color composite image of Landsat TM over the study area.

### 1) TM 영상의 선구조 추출

본 연구에 사용된 TM자료의 path와 row는 115/34(1994년 6월), 115/35(1991년 4월)이며 객관적인 선구조의 추출을 위해 자동선구조추출 알고리즘인 DSTA(Kim *et al.* 1999)와 ALEIGHT를 적용하여 최종 선구조를 추출하였다. DSTA는 태양 방위각에 따른 선택적 증감효과를 고려하여 자동으로 선구조 요소(이진영상)를 추출하는 알고리즘으로 객관적인 선구조 추출에 적합한 것으로 판단되며 이는 Kim *et al.*(1999)에 의해 입증된 바 있다. Fig. 3(a)는 선구조 추출에 사용된 TM band 4 영상과 자동선구조추출 알고리즘을 적용하여 추출된 최종 선구조(Fig. 3(b))이다.

### 2) 야외조사(절리)

광역적인 규모에서 연구지역에 나타나는 절리의 선구조 반영 여부 및 지질도상에 나타나는 단층선과의 연관성 분석을 위해 야외조사를 실시하였으며 전체지역에서 고른 분포를 갖는 57개 지점을 선택한 후 절리조사를 실시하였다. 선형조사(scanline method)를 통하여 단순히 측선에 나타나는 절리의 개수 및 방향만을 조사하였으며 이때 측정된 절리 자료에 대해 측선방향에 따른 2-D 기하보정(Terzaghi, 1965)을 수행하였다.

### 3) SAR 영상으로부터의 선구조 추출

본 연구에 사용된 SAR 자료의 파라미터는 Table 1과 같으며 육안 분석에 의해 선구조를 추출하였다.

육안 추출시 SAR 자료에서 특징적으로 나타나는 speckle의 제거를 위해 7×7 소창문 크기의 median 필터링을 하였으며 선구조 추출이 용이하도록, logarithmic transform을 통한 정규분포화 및 히스토그램 평활화 등의 전처리 과정을 수행하였다. 또한 육안에 의한 선구조 추출시 발생할 수 있는 주관적인 요인에 의한 오차를 최소화하기 위해 4명이 독립적으로 추출한 선구조중 공통으로 추출된 선구조를 최종선구조로 선택하였다. 이때 최소 선구조의 길이는 1km로 제한하였다. Fig. 4(a)는 전처리 과정을 거친 연구지역의 SAR 영상이며 Fig. 4(b)는 이로부터 추출된 최종 선구조이다.

Table 1. Summary of JERS-1 SAR data parameters used in this study.

Parameters	JERS-1 SAR
Sensor platform heading	192.6
Observation Date	1998/02/23
Ascending/Descending	Descending
Line/Pixel Spacing	18.00(m)
Incidence Angle	35°
Look Direction	282.6

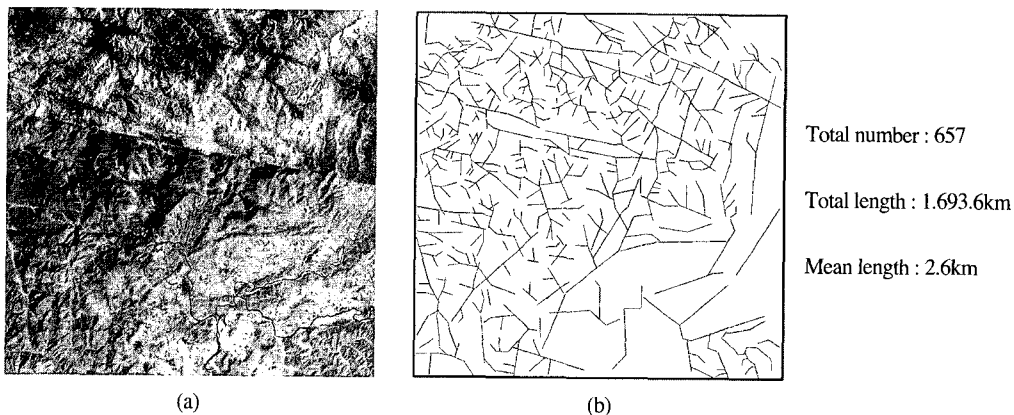


Fig. 3. (a) Landsat TM band 4 image over the study area, (b) total lineaments estimated from automatic lineament extraction algorithm.

### 4. 결과 분석

#### 1) 선구조 분석

TM과 SAR 영상에서 구한 선구조의 총 개수와 총 길이는 Table 2와 같다. TM으로부터 구한 선구조의 총 개수 및 총 길이가 SAR 자료에서 구한 선구조보다 각각 큰 값을 나타내고 있지만 평균길이는 거의 유사한 값을 보이고 있다. 이는 SAR 영상으로부터 선구조 추출시 4명이 각각 선구조를 분석한 후 공통으로 추출된 선구조를 최종 선구조로 판단했기 때문이며 평균길이가 같으므로 두 자료의 방향별 비교에 의한 방향편차 분석이 가능하다는 것을 알 수 있다.

TM 영상에서 추출된 선구조의 특성을 분석하기 위해 길이 및 빈도수에 대해 각 방향별로 1° 간격으로 도시하였다(Fig. 5). 하지만 이 경우 많은 극점을 가지고 있기 때문에 실제적인 분석에 어려움이 있으며 따라서 7° 범위의 이동평균을 두 번 취한 후 굵은 실선으로 도시하여 분석하였다. 각 극점을 기준으로 주방향을 나누었을 때 TM 영상에 나타나는 선구조는 크게 8개의 방향으로 구분이 가능하며 A-방향이 길이 및 빈도수에서 가장 큰 값을 보이고 있다. A-방향은 연구지역의 북부 및 북서부에서 주로 분포하는 비교적 연장성이 좋은 선구조가 주로 반영되어 나타난 것이다.

Table 2. Summary of total lineaments extracted from Landsat TM and JERS-1 SAR image.

	Total number	Total length	Mean length
Landsat TM	657	1,693.6(km)	2.6(km)
JERS-1 SAR	463	1,219.8(km)	2.6(km)

Fig. 6은 TM 영상에서 얻어진 선구조와 야외 조사에서 얻어진 절리자료와의 연관성 분석을 위해 각각을 rose diagram으로 도시한 것이다. TM에서 추출된 선구조(Fig. 6(a))는 N75°W, N25°W, N25°E, N85°E 방향에서 길이가 우세하게 나타나고 있으며 2-D 기하 보정 후의 절리자료(Fig. 6(b))는 N15°~60°W, N15°E, N55°E, N85°E에서 우세한 방향성을 보이고 있다. 지질도폭에 나타난 단층선들(Fig. 6(c))의 주방향은 N70°W와 N30°~45°E 및 N65°E로 TM 영상에서 추출된 선구조와 주방향이 대체로 일치하여 나타나고 있으며, 이로부터 TM영상에 나타난 선구조는 연구지역에 나타나는 단층선들을 대체로 잘 반영하고 있다는 것을 알 수 있다. 절리자료의 경우 N20°~30°E, N85°E에서 TM의 선구조와 일치하고 있으나 TM에서 가장 우세한 N80°W 방향의 선구조는 반영하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 TM에서 추출된 선구조 결과를 방향편차분석을 위한 비교대상의 기준으로 이용하였다.

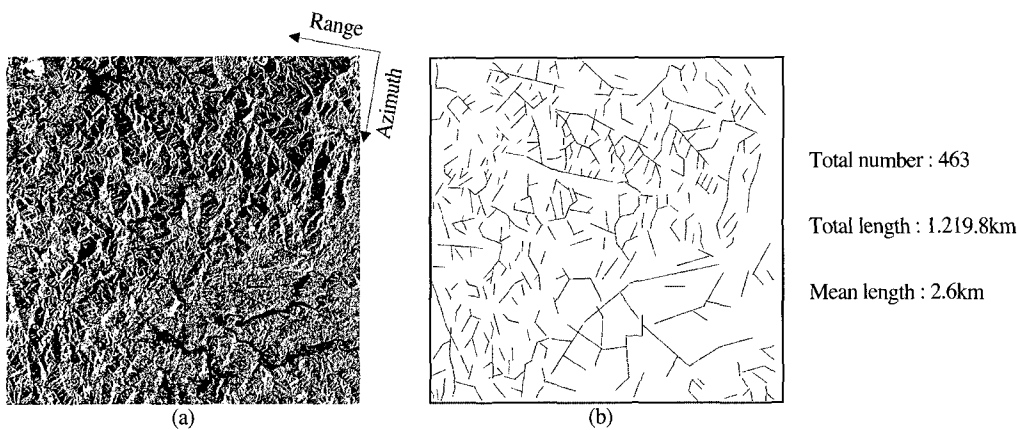


Fig. 4. (a) SAR image over the study area, (b) total lineaments estimated by visual interpretation.

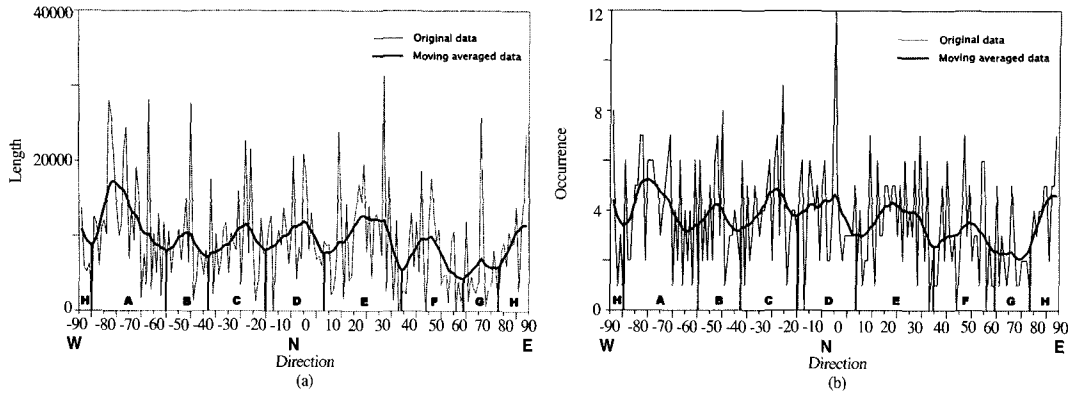


Fig. 5. Cartesian histograms showing lineaments estimated from Landsat TM and dominant directional families : (a) length and (b) occurrence.

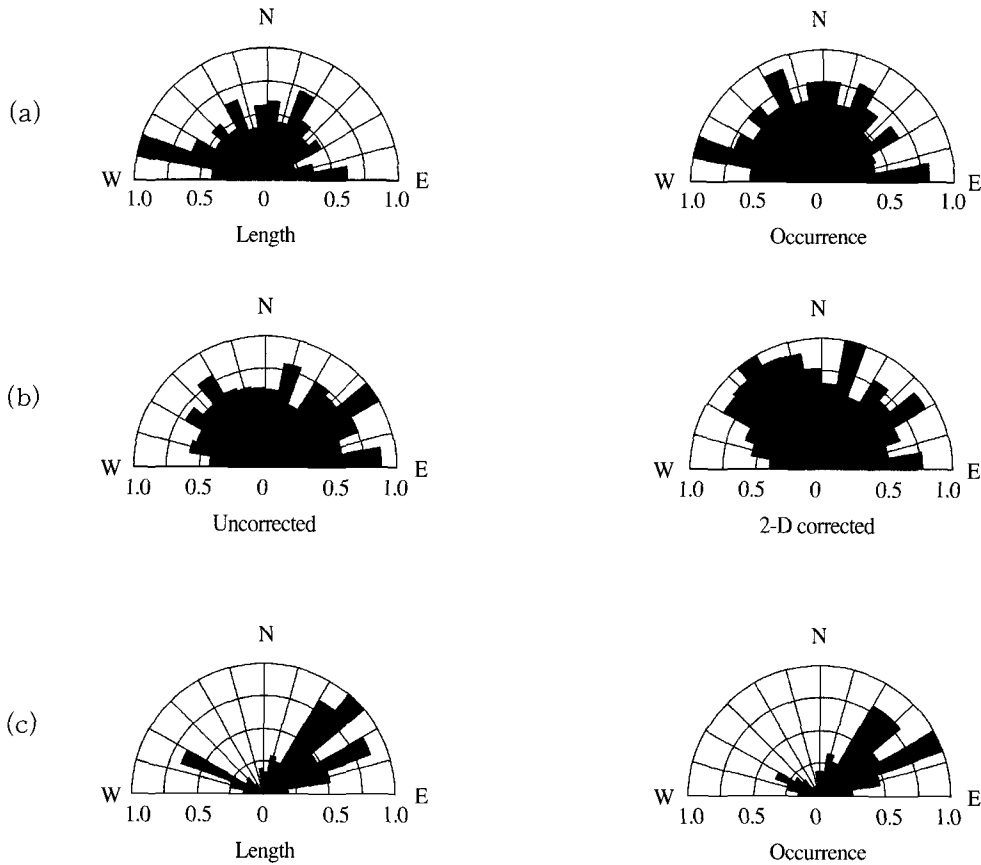


Fig. 6. Rose diagrams of (a) lineaments(Landsat TM), (b) fracture data, and (c) fault in geologic map(KIGAM, 1996).

SAR 영상에서 추출된 선구조도 TM에서의 선 구조 분석과 같은 방법으로 도시하여 분석하였다

(Fig. 7). SAR 영상에서는 길이 및 빈도분포 모두가 비교적 완만하게 증가했다가 감소하는 형태를

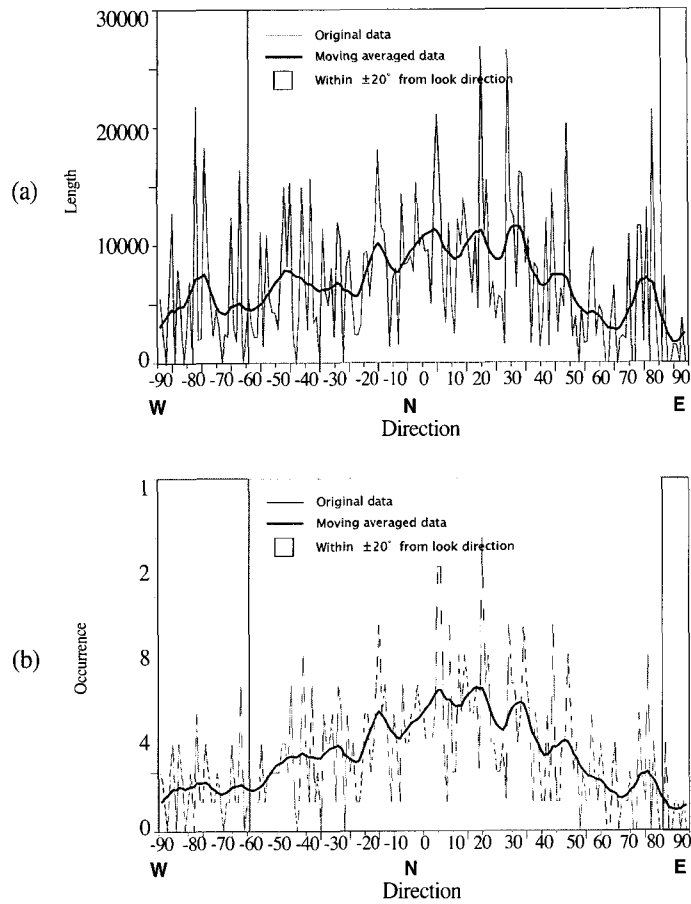


Fig. 7. Cartesian histograms showing lineaments estimated from SAR image : (a) length and (b) occurrence.

보이고 있으며 이로부터 관측방향에 수직인 방향으로 가까워질수록 상대적으로 선구조가 잘 관찰되는 SAR 영상의 특징을 확인할 수 있다.

Lowman *et al.*(1987)은 관측방향에 20°내외의 선구조는 잘 관찰되지 않는 것으로 지적하고 있으나 본 연구지역에서는 N70°W~N80°W 및 N65°E~N85°E 방향에서 비교적 뚜렷한 선구조가 잘 나타나고 있다. 이는 비록 관측방향에 평행한 방향(±20°이내)의 선구조일지라도 표면의 거칠기나, 지형 기록, 표면의 절연상수 등의 차이에 의해 SAR 영상에서 선구조로 추출될 수 있음을 보여주는 예라 할 수 있다. 즉 본 연구지역에서와 같이 지형적 특성에 따라 SAR의 관측방향에 대한

편차에도 불구하고 관측방향에 평행한 선구조의 분석도 어느 정도 가능하다는 것을 알 수 있다. A-방향의 선구조는 뚜렷한 지형기록차이에 의해 추출된 선구조이며, N65°E~N75°E(G-방향)는 연구지역의 우하부 지역에 발달해 있는 수계에 의한 영향으로 지표 거칠기 차이에 의해 SAR 영상에서 선구조로 추출된 경우이다.

## 2) SAR 영상에 나타나는 방향편차 분석

각 영상에서 추출된 선구조의 방향별 상대비율을 구하여 SAR 영상에 나타나는 지질학적 선구조의 방향편차를 분석하였으며 이때 각 영상에서 추출된 선구조의 절대 길이 및 빈도수가 다르기



Quantitative Analysis of the Look Direction Bias in SAR Image for Geological Lineament Study

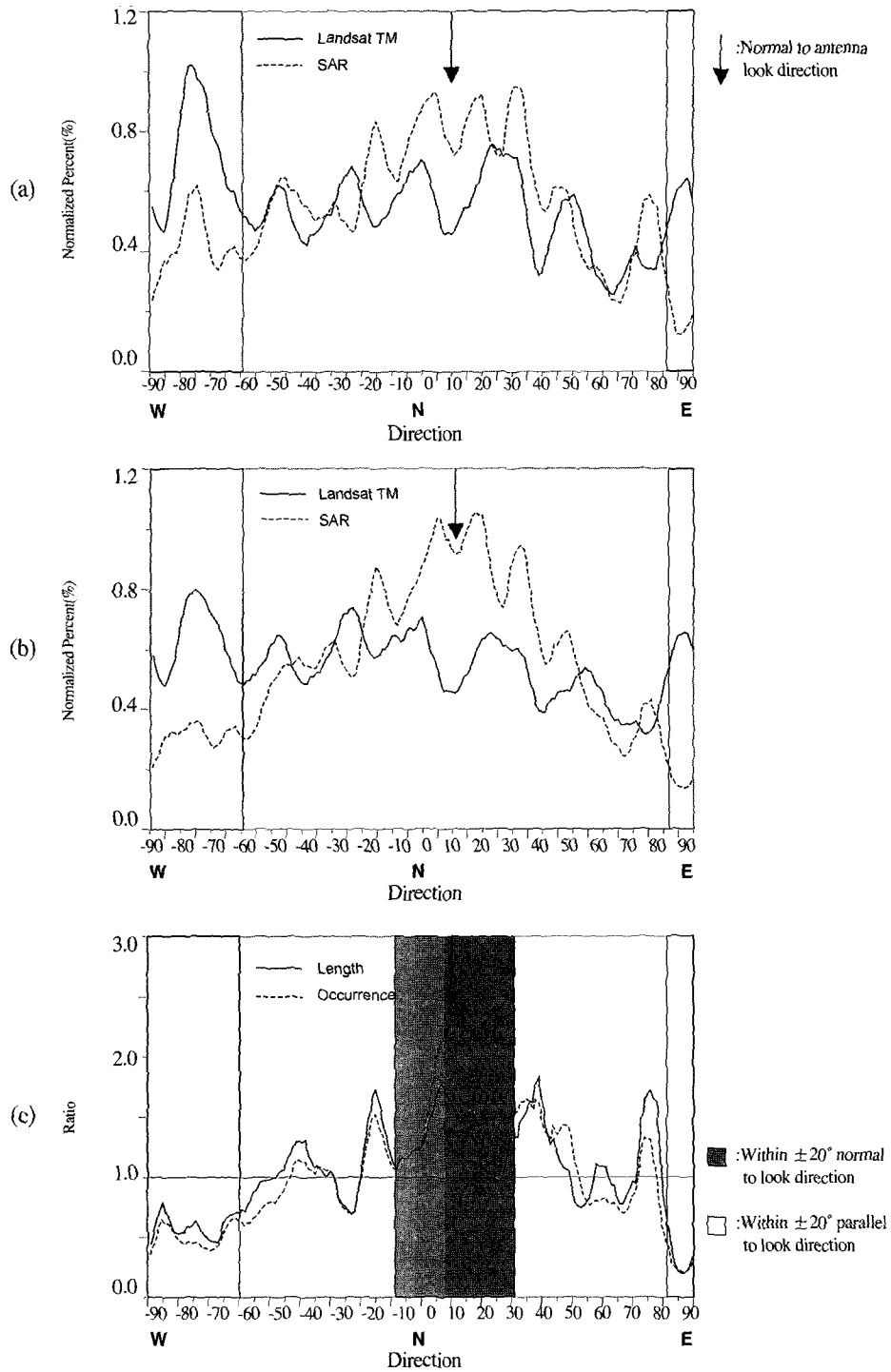


Fig. 8. (a) Normalized length of lineaments, (b) normalized occurrence of lineaments, and (c) the ratio of SAR/TM lineaments.

때문에 Fig. 8과 같이 방향별 길이 및 빈도수를 각각의 전체 길이 및 전체 빈도수로 나누어 정규화한 후 분석하였다.

Fig. 8(c)는 SAR 영상에서 추출된 선구조를 기준으로 정규화된 길이(Fig. 8(a)) 및 빈도수(Fig. 8(b))에 대해 각 방향별 상대증감비율을 계산하여 도시한 것으로 관측방향에 수직일 때 최대, 평행일 때 최소를 나타내고 있으며 전반적으로는 완만한 증가·감소 형태를 띠고 있다. 증감비율을 10° 단위로 평균을 내어 분석한 결과(Table 3)에 의하면 길이는 33%~159%, 빈도수는 28%~187%의 증감을 보였으며 N0°~20°E 방향에서 최대, N80°~90°E에서 최소로 나타났다. 최대인 경우 길이는 54%, 빈도수는 87% 증가하였으며 최소일 때 각각 33%, 28%로 감소하였다. 이로부터 SAR 영상에서 관측방향에 수직인 방향일수록 선구조가 잘 관찰되며 평행한 방향의 선구조는 잘 관찰되지 않는다는 Lowman *et al.*(1987)의 결과와 일치함을 알 수 있다.

선구조의 방향별 증감비율자료(Fig. 8(c))는 관

Table 3. Length and occurrence ratio of SAR/TM

Direction	Length ratio(%)	occurrence ratio(%)	correlation coefficient
N89°~80°W	61.5	53.2	0.93
N79°~70°W	55.7	43.6	0.81
N69°~60°W	59.4	53.7	0.99
N59°~50°W	86.6	68.5	0.94
N49°~40°W	113.0	94.7	1.00
N39°~30°W	112.0	107.2	0.82
N29°~20°W	82.6	81.2	1.0
N19°~10°W	144.4	131.1	1.0
N9°~0°W	117.1	116.4	0.97
N1°~10°E	158.7	186.6	0.98
N11°~20°E	149.8	186.8	0.64
N21°~30°E	109.7	133.3	0.90
N31°~40°E	156.4	159.0	0.28
N41°~50°E	118.6	137.8	0.10
N51°~60°E	89.1	86.6	-0.51
N61°~70°E	89.8	76.3	0.90
N71°~80°E	140.3	105.3	0.84
N81°~90°E	33.2	27.6	1.0

측방향에 대한 방향편차 뿐만 아니라 국부적인 지형효과 및 오차요인도 포함하고 있으며 따라서 이에 대한 구분이 필요하다. 센서의 관측방향에 따른 방향편차함수는 관측방향에 수직에 가까워질수록 증가하며 수직인 방향을 중심으로 좌우 대칭인 형태를 띠게 될 것이다. 또한 증가 혹은 감소 영역에서 완만한 변화형태를 나타내고 있어야 하며  $\pi$ 주기를 갖는 함수이어야 한다. 이러한 조건을 만족하는 가장 단순한 형태의 근사함수는 주파수 영역에서 제로주파수를 제외한 최저주파수에 해당되며 본 연구에서는 이를 방향편차함수(Fig. 9: 짧은 실선)로 가정하였다.

이때 길이 및 빈도수의 최소자승오차는 각각 0.27, 0.24이며 이렇게 구해진 방향편차함수를 기준으로 한 경우 관측방향에 수직인 방향으로부터 약  $\pm 50^\circ$  방향에서 일반적으로 TM에 비해 SAR 영상에서의 선구조 추출이 용이한 것으로 나타났다. Fig. 10은 연구지역 전체에서 나타나는 방향별 증감비율자료(Fig. 8(c))로부터 방향편차함수를 분리하여 도시한 것으로 방향편차함수를 제외한 나머지 부분은 국부적인 지형효과를 포함한 오차요소이다. 방향편차함수는 길이와 빈도수에서 유사한 경향을 보이고 있으나 관측방향에 수직인 방향에 가까울수록 길이에 비해 빈도수에서 상대적으로 큰 값(관측방향에 수직인 방향을 기준으로 약  $\pm 35^\circ$ 이내)을 보이고 있으며 반대로 평행한 방향에 가까울수록 빈도수가 더 작아지는 경향을 보이고 있다. 길이에 비해 빈도수의 변환 폭이 크다는 것은 각 방향에 해당되는 전체 길이의 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 선구조의 증가 혹은 감소가 있었다는 것을 의미하며 짧은 선구조가 이러한 요인에 해당된다. 이로부터 SAR 영상에서 각 방향별 선구조의 추출 여부는 길이가 비교적 긴 선구조에 비해 짧은 선구조가 관측방향에 따른 영향을 더 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

국부적인 지형효과 및 오차는 거의 모든 방향에서 일정한 진폭을 보이며 나타나고 있는 것이 특징이며 N70°~80°E에서 비교적 큰 정점을 보이

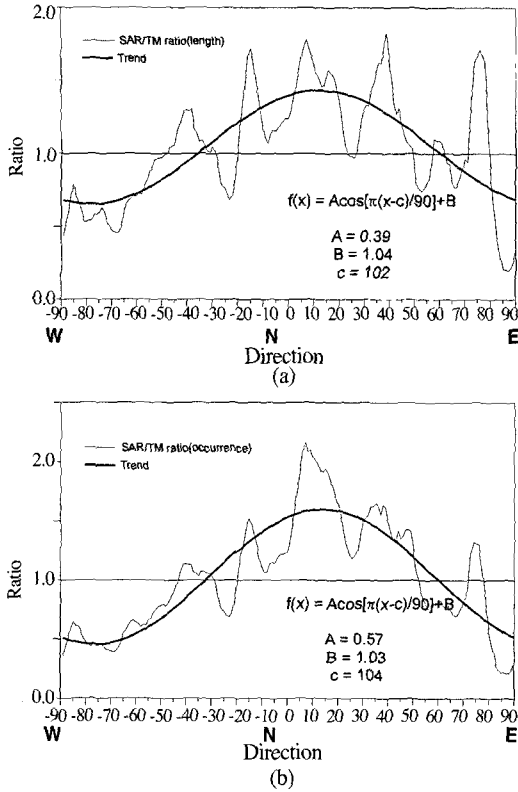


Fig. 9 Curve fitting with cosine function to the SAR/TM ratio of : (a) length and (b) occurrence.

고 있다. 이 경우 연구지역의 우하부에 발달하는 수계의 영향이 반영된 것으로 오차요소에 비해 상대적으로 국부적인 지형효과가 큰 부분이다. Table 4는 방향편차, 국부적인 지형효과 및 오차에 대한 통계값들을 나타낸 것으로 방향편차함수의 평균은 길이 및 빈도수에서 유사한 값을 보이고 있다. 반면 방향에 따른 변화폭은 길이에 비해 빈도수에서 크게 나타나는 특징을 보이고 있다.

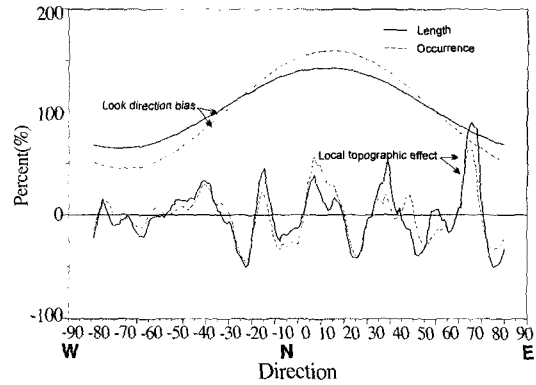


Fig. 10. Decomposition of ratio data into look direction bias and local topographic effect including error component.

### 5. 결론

본 연구지역의 SAR 영상에 나타나는 방향편차를 분석한 결과 선구조는 길이 및 빈도수 모두가 관측방향에 수직에 가까워질수록 증가하며, 반대로 수평에 가까울수록 감소하는 하는 경향을 보인다.  $N0^{\circ}\sim 20^{\circ}E$  방향에서 최대,  $N80^{\circ}\sim 90^{\circ}E$ 에서 최소를 보이며 최대인 경우 TM 영상에서보다 길이는 54%, 빈도수는 87% 증가하였으며 최소일 때 각각 33%, 28%로 감소하였다. SAR 영상에서  $N70^{\circ}\sim 80^{\circ}W$ ,  $N65^{\circ}\sim 85^{\circ}E$  방향의 선구조가 관측되며 이로부터 관측방향에 평행인 방향임에도 불구하고 지형적 특성에 따라 어느 정도 선구조의 추출이 가능한 것으로 나타났다.

관측방향에 따른 방향별 증감비를 자료로부터 방향편차 함수는 cosine 형태로 가정할 수 있으며 이때 길이 및 빈도수의 최소자승오차는 각각 0.27, 0.24였다. 이 경우 관측방향에 대해 수직인 방향을 기준으로 약  $\pm 50^{\circ}(N40^{\circ}W\sim N60^{\circ}E)$  범위에서는

Table 4. Statistical characteristics of look direction bias and local topographic effect including error component.

		Min.(%)	Max.(%)	Mean(%)	Std. dev
Look direction bias	Length	65.3	143.4	104.3	27.70
	Occurrence	45.8	160.0	102.7	10.59
Local topographic effect & error	Length	-50.4	90.5	0.0	27.11
	Occurrence	-45.8	63.7	0.1	23.30

TM에서보다 선구조의 추출이 용이한 것으로 분석되었으며, 이때 추출된 선구조의 평균 증가는 37%이다. 반대로 그 외의 방향에서는 평균 33%로 감소하였다. 또한 SAR 영상에서 상대적으로 길이가 긴 선구조에 비해 짧은 선구조의 추출 여부가 관측방향에 따른 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 (1998)년 한국학술진흥재단의 학술연구비(1998-015-D00273)에 의하여 수행된 연구 결과로 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- 김상완, 원중선, 김원균, 민경덕, 1999, 자동 선구조 추출 알고리즘을 이용한 경북 의성지역의 선구조 분석, 자원환경지질학회지, 32(1):19-31.
- 황재하, 김동학, 조등룡, 송교영, 1996, 안동지질도 폭설명서, 과학기술처, pp. 13-37.
- Ford, J. P., 1980, Seasat orbital radar imagery for geological mapping: Tennessee Kentucky-Virginia, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64:2064-2094.
- Gregory, A. F. and H. D. Moore, 1975, Role of remote sensing in mineral exploration with special reference to ERTS, *Canadian Mining and Metallurgy Bulletin*.
- Harris, J., 1984, Lineament mapping of central Nova Scotia using Landsat-MSS and Seasat-SAR imagery, *Proc. 9th Canadian Symp. Remote Sens.*, St. Johns, pp. 359-373.
- Hancock, P. L., 1985, Brittle microtectonics: Principles and Practice, *J. of Struct. Geol.*, 7:437-457.
- Lee, K. W., Chi, K. H., 1995, Spatial Integration of Multiple Data Sets regarding Geological Lineaments using Fuzzy Set Operation, *대한원격탐사학회지*, 11(3):49-60.
- Lowman, P. D. Jr., Harris, J., Masuoka, P.M., Singhroy, V.H., and Slaney, V.R., 1987, Shuttle imaging radar(SIR-B) investigations of the Canadian Shield; initial report, *IEEE Trans. Geosci.*, Remote Sensing, 25:55-65.
- McDonald, H. C., 1969, Geologic evaluation of radar imagery from Darien province, Panama, *Modern Geology*, 1:1-63.
- Moon, W. M., Won, J. S., Singhroy V., Lowman, P. D. Jr., 1994, ERS-1 and CCRS C-SAR Data Integration for Look Direction Bias Correction using Wavelet Transform, *대한원격탐사학회지*, 10(2):49-62.
- Sabins, Floyd, F. Jr., 1997, *Remote Sensing-Principles and Interpretation*, W. H. Freeman and Company, USA.
- Singhroy, V., 1992, Radar geology: Techniques and results, *Episodes*, 15:15-20.
- Terzaghi, R., 1965, Sources of error in joint surveys, *Geotechnique*, 15:287-303.