

KR-94(B)-1

GIS기법을 이용한 광물자원의 통계적 평가연구

Study on the Statistical Evaluation of Mineral
Resource Potentiality
Using Geographic Information System

연 구 기 관

재단법인 한국자원연구소

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “GIS기법을 이용한 광물자원의 통계적 평가 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1994년 12월

연구기관명 : 한국자원연구소

연구책임자 : 지 광 훈

연구 원 : 이 봉 주

박 성 원

여 백

목 차

요 약 문	7
제 1 장 서 론	13
제 2 장 연구대상 지역 및 지형	15
제 3 장 연구지역의 지질 및 광상	18
3. 1 지질개요	18
3. 2 광 상	21
제 4 장 사 용 자 료	24
제 5 장 원격탐사 자료의 화상처리	27
5. 1 기하학적 보정	27
5. 2 Spectral band 의 선정과 False Color Image 작성	36
5. 3 Lineament 추출을 위한 화상처리 기법	42
제 6 장 Lineament의 지질학적 분석	46
제 7 장 Geographic Information System에 의한 주제도 작성	51

7. 1 Geographic Information System	51
7. 2 Vector Data의 구조	54
7. 3 주제도 작성	56
제 8 장 Potentiality Map 작성	68
제 9 장 결론 및 문제점	72
참 고 문 헌	74

CONTENTS

Abstract	7
Chapter 1. Introduction	13
Chapter 2. Study area and Geomorphology	15
Chapter 3. Geology and Ore deposit of the study area	18
3.1 General geology	18
3.2 Ore deposit	21
Chapter 4. Remote Sensing and GIS Data	24
Chapter 5. Image Processing Techniques	27
5.1 Geometric Correction	27
5.2 Selection of the Spectral Band and Color Composite	36
5.3 Lineament Extraction Technique	42
Chapter 6. Geological Analysis of Lineament	46
Chapter 7. Thematic Mapping using Geographic Information System	51

7.1 Geographic Information System	51
7.2 Structure of Vector Data	54
7.3 Thematic Mapping	56
Chapter 8. Potentiality Mapping	68
Chapter 9. Conclusions and Discussions	72
Reference	74

요 약 문

I. 제 목

GIS기법을 이용한 광물자원의 통계적 평가 연구

II. 연구의 목적 및 중요성

최근 고도의 정보화 사회의 진전과 함께 각 분야에서 지도를 이용하여 업무의 효율화, 적정화를 도모하여 왔으며, computer의 고성능화 와 hardware의 급속한 보급과 data base 이론, 도형처리 방법론과 같은 소프트웨어의 개발로 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)에 관한 획기적인 진보가 이룩되고 있는 것이 세계적인 추세이다.

지리정보시스템 기술은 지역에 관련된 지리 data를 처리, 저장, 검색, 분석, 관리등을 하고 있으며, 이러한 기술을 사용하여 석유, 금속광상, 지하수등과 같은 자원개발 및 관리, 교통, 환경, 도시, 국토개발 및 관리 등의 각 분야에 폭넓게 활용하고 있다.

최근 급속한 경제발전으로 인하여 자원의 수요가 급속히 증가한 우리나라는 광체의 심부화, 인건비의 상승 등으로 인하여 광업산업이 사양화가 되어, 주요 광물 자원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이며 수입의존도는 계속 증가할 전망이다. 더구나 WTO의 가입에 의한 무역 자유로 인하여 국제사회에서 자원의 무기화를 예상할 수 있어 국내의 산업에 대한 파급이 클것으로 전망되고 있다.

그동안 국내에서 수행되어온 자원탐사는 천부의 탐사에 국한되어 왔고, 광화대

조사를 위해 지질조사, 지화학 탐사, 항공물리탐사 등의 여러 방법에 의해 수행되어온 자료가 체계적으로 종합, 분석되어오지 않은 문제점이 있어 최근 새롭게 개발된 GIS기술을 이용하여 기존에 조사된 광물자원 관련자료를 통계적 평가 방법에 의해 분석하여 광물부존 가능 지역을 추출하고자 하였다.

이러한 방법을 이용함으로써 광물자원 탐사에 대한 새로운 이론의 개발과 인력, 시간, 비용의 경제적 효과를 얻고자 하였다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 우리나라에서 석탄, 비금속 및 금속 광물자원 등의 매장량이 가장 풍부한 광화대지역으로서 알려진 태백산 지역중 E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 00", N 37° 00' - N 37° 15' 범위를 연구대상으로 하였다.

본 연구에서는 지구관측위성 LANDSAT TM data로 부터 선구조선의 추출, GIS 와 원격탐사 자료의 통합에 의한 3차원 지질도작성 및 LANDSAT 위성 자료의 3차원 화상 작성, 주제도의 통계적 평가 방법 등에 의해 광물부존 potentiality가 높은 지역을 추출하고자 하였다.

사용된 주제도는 지질도와 LANDSAT 위성 자료의 3차원 화상을 작성하기 위한 지형도, 광상과 지질과의 관계해석을 위한 지질도, 주요 광물자원의 13개 지시 원소에 대한 지화학적 분석 방법에 의해 광화대 지역을 추출하는 지화학도 및 광역 항공물리탐사도 등 22개의 주제도이다.

통계적 분석에 사용된 주제도중 등고선 layer만을 사용하여 scanner에 의해 입력한 raster형 data를 vector화 하였으며, 지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도와 같이 기존도가 있는것은 digitizer에 의해 vector형 data로 만들었다. 또한

작성된 주제도를 중첩하여 통계 분석하기 위하여 다시 grid data로 변환하였는데, grid size는 LANDSAT TM data와 같은 30m로 하였다.

본 연구에서는 LANDSAT TM의 band 5 data를 spatial filtering기법을 이용하여 본 연구지역의 지형에 적합한 lineament 추출기법을 개발하여 lineament와 기존의 광산과의 관계를 분석하였다. 광물자원 부존 가능지역을 추출하기 위해 상기의 주제도중 공간자료로서 주로 지질도와 지화학도를 사용하였으며, 속성자료로 지질도중 고선리층, pegmatite dyke, 화강반암, 묘봉층, 풍촌화강암, 화절층 및 춘양화강암의 순으로, 지화학도는 전부 같은 가중치를 주었으며 사용된 원소 주제도는 Cu, Pb, Zn, Mo, W, Ag, Sb, Sn 이다.

IV. 연구결과 및 활용에 대한 건의

원격탐사 자료로 LANDSAT TM의 band 5를 사용해 본 연구지역의 지형에 적합한 lineament 추출기법을 개발하여 lineament와 기존의 광산과의 관계를 분석한 결과, 연구지역에 분포하고 있는 순경, 금정, 금당령, 응봉, 상동, 거도 및 각히 등 7개의 광산들이 lineament상에 위치하고 있음이 판명되었으며 이러한 사실은 광상의 생성원인과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

또한 지질도를 3차원 화상으로 작성하므로써 지형, 지질 및 구조선의 관계를 명확히 분석할 수 있는 기법을 개발하였다.

지질, 지화학탐사, 항공물리탐사 등의 자료의 통계적 평가 방법에 의해 이를 분석하여 광물부존 potentiality가 높은 지역을 추출하여 potentiality map을 작성한 결과, 금정, 각히, 응봉광산과 같은 vein type은 map index value가 15-17의 범위에 속해 기존의 광산들과 일치하고 있으나, 상동, 거도같은

skarn type의 광산과는 일치하고 있지 않은데 이를 위하여 새로운 통계분석 방법의 개발이나 전처리가 필요할 것으로 사료된다.

이러한 방법을 이용함으로써 광물자원 및 지하수자원 탐사에 대한 새로운 이론의 개발과 인력, 시간, 비용의 경제적 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

Study on the Statistical Evaluation of Mineral
Resource Potentiality
Using Geographic Information System

ABSTRACT

K.H.CHI, B.J.LEE, S.W.PARK

The study area is bounded by the latitudes of $37^{\circ}00' - 37^{\circ}15'$ and longitudes of $128^{\circ}45'10.4'' - 129^{\circ}00'$ in Taebaksan mineralized zone.

The area is the most productive area of the mineral resources such as a coal, non-metallic mineral and metallic mineral resources.

The study is aimed at the development of the statistical techniques for evaluation of mineral resources potential using Geographic Information System. And the study was to develop techniques of the lineament extraction by spatial filtering.

As a result of comparing such lineament with ore deposit mines in the study area it was proven that 7 mines are on the lineament. It may have close relation with the origin of ore deposits.

22 thematic maps such as geological maps, geochemical maps and airborne geophysical maps were used in order to analyse the potential area for mineral resource.

The existing maps on geology, geochemistry and airborne geophysical data were changed into vector type data by the digitizer. These data were transformed into grid data for analysis.

These thematic maps were combined and weightages were given to produce potentiality map for mineral resource potential area.

Three vein type mines in the study area concided with the appraisement point (map index value: 15~17) of the potentiality map.

The developed potentiality mapping techniques are expected to do as an important tool for exploration and development of the newable and unnewable resource.

제 1 장 서 론

지리정보시스템(GIS:Geographic Information System)은 지표상의정보를 수집하여 축적, data base화해 검색을 행하고, 이를 분석하여 여러가지의 형태로 출력을 하므로써 자원정보관리 시스템, 도시정보시스템 및 재해정보 시스템 등의 목적에 따라 각 분야의 정보관리시스템을 구축할 수 있다. 더욱이 인류의 문명이 발달하면서 각종 자원의 수요도 증가되고, 그 수요, 공급의 균형을 유지하기 위하여 자원의 탐사, 관리 및 보존의 방법이 필요하다. 이러한 필요성과 급속한 산업화 및 환경의 변화에 자연자원관리를 위한 적절한 방법으로 지리정보시스템(GIS:Geographic Information System) 기술이 최신에 도입되어 사용되고 있다.

최근 급속한 경제발전으로 인하여 자원의 수요가 급속히 증가한 우리나라는 광체의 심부화, 인건비의 상승 등으로 인하여 광업산업이 사양화가 되어, 주요 광물 자원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이며 수입의존도는 계속 증가할 전망이다. 더구나 WTO의 가입에 의한 무역 자유로 인하여 국제사회에서 자원의 무기화를 예상할 수 있어 국내의 산업에 대한 파급이 클것으로 전망되고 있다.

그동안 국내에서 수행되어온 자원탐사는 천부의 탐사에 국한되어 왔고, 광화대 조사를 위해 지질조사, 지화학 탐사, 항공물리탐사 등의 여러 방법에의해 수행되어온 자료가 체계적으로 종합, 분석되어오지 않은 문제점이 있다.

본 연구는 우리나라에서 석탄, 비금속 및 금속 광물자원 등의 매장량이 가장 풍부한 광화대지역으로서 알려진 태백산 지역을 대상으로 하여 이미 조사 출력된 지질, 지화학탐사, 항공물리탐사 등의 방법에 의해 수행된 자료를 GIS기법을 이용

한 통계적 분석 방법에 의해 광물부존 가능 지역을 추출하고자 하였다.

이러한 방법을 이용함으로써 광물자원 탐사에 대한 새로운 이론의 개발과 인력 시간, 비용의 경제적 효과를 얻고자 하였다.

제 2 장 연구대상 지역 및 지형

본 연구의 통계적 분석 연구를 위해 사용된 축척 1:50,000의 지질도, 지화학 탐사도 및 항공물리 탐사도는 각각 도폭 이름을 달리하여 지질도는 서벽리, 지화학도는 호명, 항공물리탐사도는 태백지역으로 명명하고 있다. 본 연구에서는 축척 1:50,000의 지형도 이름을 기준으로 하여 연구대상지역을 태백으로 하였다. 또한 각 지도의 지리적 좌표도 다음과 같이 각기 다르기 때문에 사용된 지도들의 공통 지역인 E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 00", N 37° 00' - N 37° 10' 사이의 범위를 연구대상 지역으로 하여 Fig. 1에 표시하였다.

1) 지 형 도 :

E 128° 45' 00" - E 129° 00' 00",

N 37° 00' - N 37° 15'

2) 지 질 도 :

E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 10.4",

N 37° 00' - N 37° 10'

3) 지화학 탐사도:

E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 10.4",

N 37° 00' - N 37° 10'

4) 항공물리 탐사도 :

E 128° 45' 00" - E 129° 00' 00",

N 37° 00' - N 37° 15'

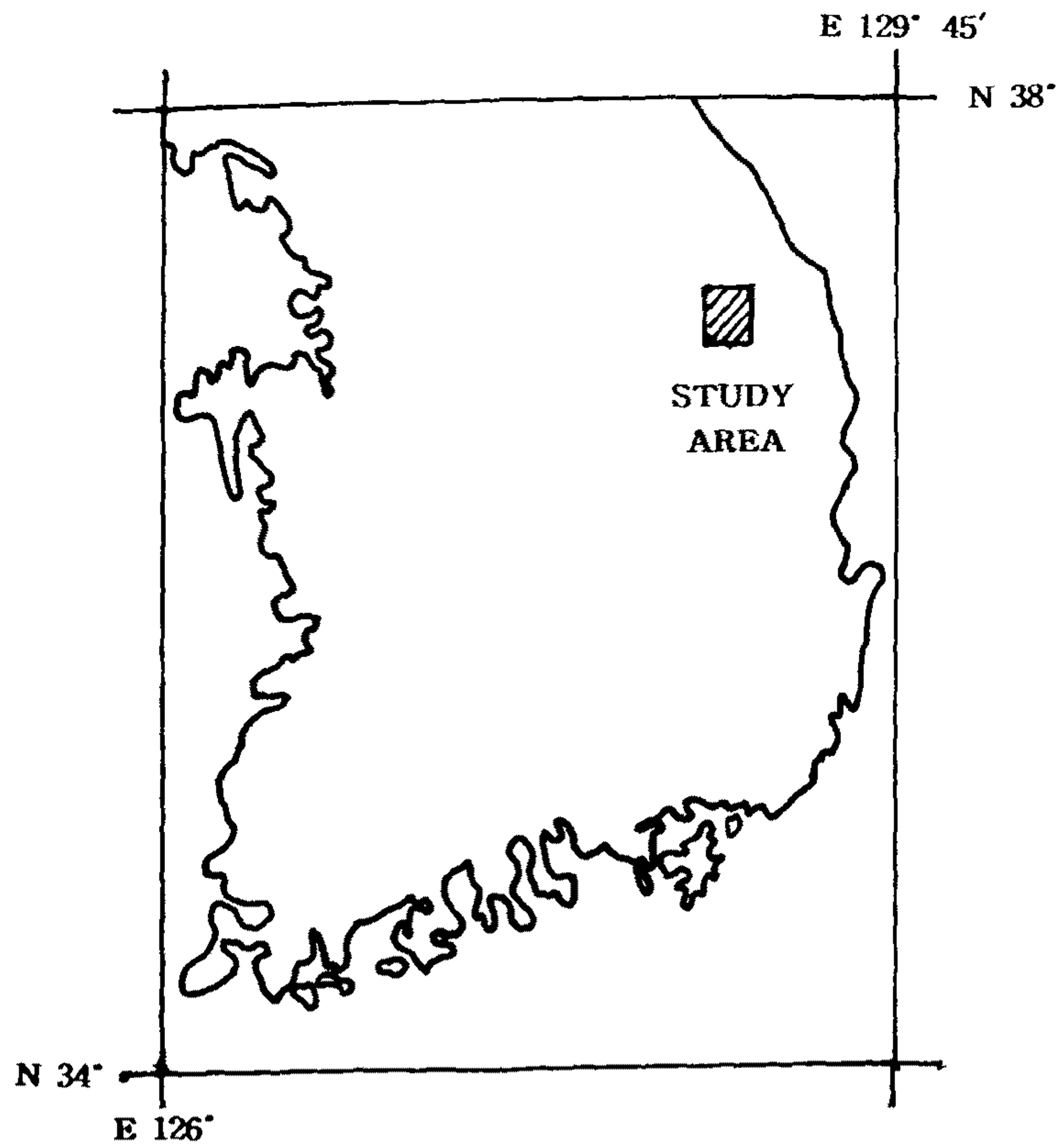


Fig.1. Location map of the study area.

5) 연구대상지역 :

E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 00".

N 37° 00' - N 37° 15'

또한 본 연구 대상지역은 행정구역상으로 태백시, 영월군 상동읍, 하동면 및 봉화군 물야면, 춘양면, 석포면, 소천면에 속하고 있다.

본 연구 지역의 지형은 남북방향으로 종단하는 태백산맥의 중심부에 해당하며,

본 연구지역의 동부에는 태백산, 청옥산, 서부에는 장산, 구룡산, 매봉산과 같은 표고 1000m이상의 고령들이 연립하고 있으며, 지역 전체가 매우 험준한 산악지대를 형성하고 V자형의 대규모 계곡들이 발달되어 있으며, 동남부에 침식에 의한 화강암 분포지대에 충적층이 약간 발달되어 있다.

본 지역의 북부에서의 주산령 방향은 N 40° E, N 60° W - N 70° W 및 N 75° E이며, 특히 EW - N 80° W 방향으로 분포된 장산 규암층은 본 지역에서 전형적인 호그백 지형을 나타내고 있어, 북부에서의 산령 방향은 지질구조와 암질에 지배된 것 같다. 이에 반하여 남부에서는 NS 및 N 30° W의 산령방향을 가지는데, 이는 지질구조나 암질에 의한 것보다는 침식에 의해 형성된 것으로 보인다.

제 3 장 연구지역의 지질 및 광상

3.1 지질 개요

연구 대상지역의 지질은 Table 1에 표시한 것처럼 대체로 조선계와 평안계 지층이 주로 분포하고 있는 북부지역과 주로 변성암류가 넓게 분포하고 있는 남부지역으로 크게 구분할 수 있다.

조선계 장산규암층에 의하여 경사부정합으로 피복되어 있는 결정편암층은 춘양, 울진도폭 등에서는 울리통이라 명명되어져있다.

울리통은 과거 1962년도 태백산지구 지하자원 조사단에 의해 태백산통이라 불리워졌으며 선캠브리아기의 최후 지층으로 밝혀졌다. 북측으로 장산규암층과 접하고 있는 울리층은 서로는 옥동도폭, 남으로는 춘양도폭으로 연장되는 광범위한 분포지역을 갖고 있다. 본층은 녹니석편암, 천매암질암, 석영-흑운모-홍주석편암, 복운모편암, 실리마나이트-복운모 편암, 운모-근청석-실리마나이트 편암, 흑운모-석영편암 및 운모질 규암 등으로 구성되어 있으며, 연속성이 없는 렌즈상의 석회 규산염암 박층을 약간 협재한다. 또한 본 연구지역 서부에서 흑운모 편마암 및 석영-장석 편마암으로 변성되어 산출되기도 하며 거정질 화강암과의 혼성대를 이루는 지역도 있다. 양덕통은 주로 규암으로 구성되어 있는 장산 규암층과 암녹색, 회녹색의 slate로 구성되어 있는 묘봉층으로 구성되어 있다.

본 연구지역을 동서방향으로 횡단하면서 선캠브리아기의 울리통을 경사부정합으로 덮고 있는 장산 규암층은 본암이 분포되어 있는 타지역과 같이 높고 험준한 산악지대를 형성하고 있으며, 대개 N 75° W 방향을 유지하며 매봉산-장산-태백산으로 연결되는 분포를 보이고 있다. 장산규암층은 태백산 동측의 남북방향의

대단층에 의하여 절단되어 홍점통 및 사동통과 단층접촉을 하고 있으며 조록바위 봉 동측에서 평찬단층에 의해 다시 절단되어 1002m 고지 부근에서 다시 나타나 인접도폭인 석포도폭으로 연장된다. 평촌부근에 분포되어 있는 본층은 홍제사 화강암의 관입에 의해 고선리층과 격리되어 있다.

장산규암층을 정합으로 덮고 있는 묘봉층은 주로 암녹색, 회녹색의 slate로 구성되어 있으며 석회암이 박층으로 협재되어 있다.

대석회암통은 괴상으로 유백색, 회색 석회암의 풍촌 석회암층, calcareous 부분과 argillaceous 부분의 풍화 차이에서 생긴 회녹색 및 담갈색의 전형적인 층식 석회암, 암회색 및 회녹색의 사암과 흑색 shale로 구성되어 있는 화절층, 암회색 및 담갈색 규암의 동점 규암층, 층식 석회암, 녹회색 사질 shale 및 marl로 구성되어 있는 두무동층, 회색 및 암회색 석회암과 돌로마이트질 석회암의 막동 석회암층으로 구성되어 있다.

본 연구대상지역의 북서부에 분포하고 있고, 대석회암통을 부정합으로 덮고 있는 평안계는 회녹색 및 적색의 사질 shale과 돌로마이트질 석회암으로 구성되어 있는 홍점통, 흑색 사암과 함탄의 흑색 shale로 구성되어 있는 사동통, 유백색 및 회색 사암, 흑색 shale의 고방산통 및 회녹색, 암녹색 및 갈회색의 사암, 사질 shale 및 shale로 구성되어 있는 녹암통으로 구성되어 있다.

또한 본 지역의 북동부 구석에 적색 역암, 적색사암 및 tuff로 구성되어 있는 적각리층과 홍전층이 분포하고 있다.

화성암류로는 춘양화강암, 홍제사화강암, 화강반암, 거정질화강맥암, 석영반암, 산성맥암 및 염기존 암맥 등이 분포하고 있다. 춘양도폭에서 넓게 분포하고 있는 춘양화강암은 본 연구지역의 남서부에서 편암류 및 편마암류와 관입접촉하고 있으며, 본 연구지역의 동서 양단에서는 홍제사 화강암이 분포하고 있다. 화강반

암은 본역의 중앙부에서 편암류내에 암주상으로 관입하고 있으며, 거정질 화강암 맥은 율리통 분포지역 전역에 크고 작은 암상 및 암맥상으로 나타난다.

Table 1. Geologic sequence of the study area.

제 4 기	층적층	
백 악 기	홍전층 적각리층	화성암류
삼 칩 기	녹암통 고방산통	
폐 림 기	사동통	
상부석탄기	홍점통	
오오도뷔스기	막동석회암층 두무동층 홍점규암층	
캠브리아기	화절층 풍촌석회암 묘봉층 장산규암	
선캠브리안	율리통	

3.2 광 상

본 연구 대상지역에는 Fig. 2에 표시한 것처럼 순경, 금정, 금당령, 응봉, 상동, 거도 및 각히광산 등이 분포하고 있다.

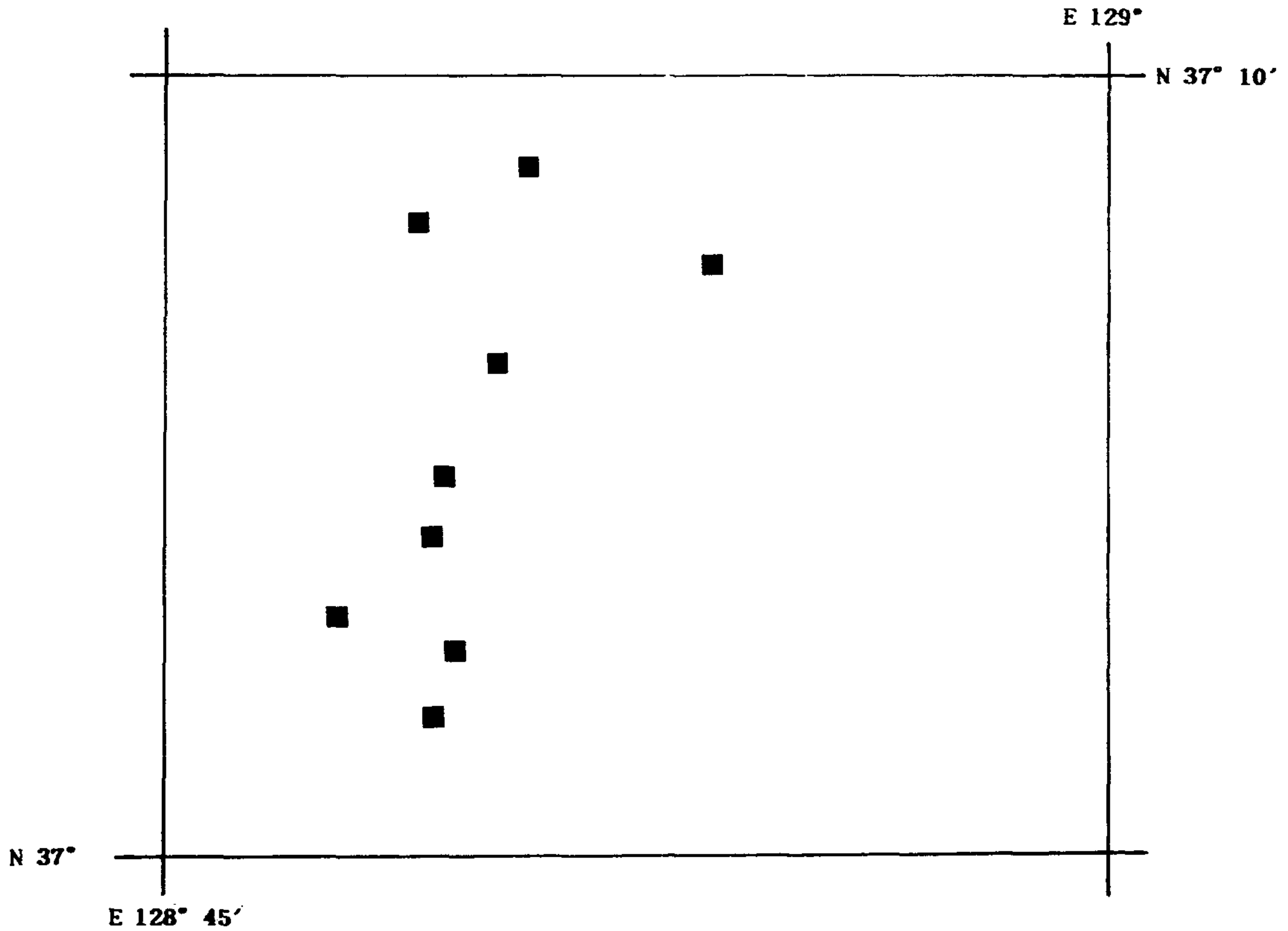


Fig.2. Location map of mines in the study area.

순경 석석(錫石)광산 부근의 지질은 울리통의 편암류와 양덕통의 장산규암이며, 이들 지층의 구성암석은 고선리층의 흑운모 편암, 사질점판암, 규암 및 천매암 등이며 장산규암층은 회색 규암으로 구성되어 있다.

본 광산은 페그마타이트가 관입할때 석석은 수반광물로서 생성된것으로 보여지는데, 페그마타이트맥은 전반적으로 대규모의 것들로서 폭은 최대 7m-0.2m이고 길이는 190m-2m 로서 극히 불규칙하게 발달되어 있으며, 이들 페그마타이트는 맥에 따라서 그 암석구조 및 구성광물들을 달리하고 있다.

금정 금광산은 일제시대부터 대대적으로 개발되었으나 현재는 가행중에 있지 않으며, 선캠브리아기의 변성암층에 의하여 구성된다. 즉, 흑운모질 규암, 흑운모-백운모 편암, 석영-운모-근청석 편암 및 실리마나이트-근청석 편암 등으로 이루어진다. 본 광산의 광맥은 페그마타이트, 아라스카이트, 석영맥으로 있으나 함금광맥의 주는 아라스카이트이다. 성인은 광산 부근에 저반상으로 관입한 화강암과 관계되어 생성된것으로 화강암장 고결의 과정과 관련되어 페그마타이트질 잔액이 먼저 변성암의 압쇄대에 따라서 주입된 페그마타이트 암맥을 형성한 후, 압쇄대의 재개열이 일어나 SiO_2 성분이 풍부하고 유동성이 큰 아라스카이트 암장이 교출된 것이다.

금당령 아연광산은 선캠브리아기의 여러 변성암층에 의하여 구성된다. 즉, 흑운모-석영 편암, 석영-근청석-실리마나이트 편암 등으로편리의 주향과 경사는 대략 $N60^{\circ}E, 50^{\circ}-65^{\circ}NW$ 이다.

본 광산의 광맥은 이들 암층을 횡단하는 주향 $N30^{\circ}-40^{\circ}W$, 경사 $77^{\circ}-80^{\circ}NW$ 및 $72^{\circ}-80^{\circ}NW$ 의 압쇄대에따라 충전된 석영맥이다. 광맥은 약 90m의 drift중에서 40m간이 부광대로서 상부는 거의 채광되었다.

상동 중석광산 부근의 지질은삼척서부탄전을 이루는 소위 함백향사의 남익에 해당되며, 광산남측에 분포하는 울리통을 기반으로 하여 퇴적암층이 하부에서 상부층으로, 남측에서 북측으로 분포한다. 광산은 조선계 묘봉층중의 수개조의 석회암층과 풍촌석회암층의 하부가 스카른화되어 회중석이 분화된 skarn type의 회

중석 광상이다. 광체는 묘봉층과 풍촌석회암층과의 경계에서 20여m 하위의 담회색 결정질 석회암이 교대광화된 본맥과 본맥하위 35-40m에서 장산규암층과의 경계부에 이르기까지의 7-8개조 이상의 석회암 박층에 배태된 하반맥군, 풍촌석회암 하부에 발달된 상반맥 등의 광체가 있다.

거도 광산은 스카른 형태의 광상으로서 철-동광상과 금-비스머드-동광상으로 구분할 수 있으며, 철-동광상은 묘봉층의 접촉 변성대 및 이에 접하는 화성암류내에 분포하는데, 본 광상은 주변모암에 변질을 주어 기존 변성작용과 다른 2차적 변질 양상을 수반한다. 금-비스머드-동광상은 화절층의 접촉변성대 내에 분포하며 광체의 발달은 소단층과 방향이 평행하다.

접촉변성작용을 일으킨 등립질 화강섬록암과 접해 있는 모암인 퇴적층은 그 원암이 규암, slate, 석회암, shale, 사암 등 다양하기때문에 원암의 종류에 따라서 서로 다른 변성광물들이 생성되어 있다.

제 4 장 사 용 자 료

본 연구의 목적으로 있는 광물자원의 통계적 평가를 위해 크게 원격탐사 자료와 GIS에 의한 통계적 분석을 위하여 지형도, 지화학도, 항공물리탐사도(항공방사능 및 자력도) 등과 같은 주제도 자료를 사용하였다.

본 연구에 사용된 자료는 1989년 10월25일에 주시된 LANDSAT 5호의 TM (Thematic Mapper)sensor 자료로서, WRS로는 PATH 115 - ROW 34 에 해당되는 bulk corrected CCT(Computer Compatible Tape)이다.

사용된 CCT의 형태는 세계적으로 표준화되어진 구조를 갖고 확장성이 풍부한 세계표준 BIL(Band Interleaved by Line) format이다.

세계표준 format에는 superstructure record라 불리는 3종류의 record 즉 volume descriptor record, file pointer record, file descriptor record내에 data를 기록하는 방법이 기술되어져 있고, superstructure CCT는 6개의 file로 구성되어져 있으며 각각의 file에는 복수의 record로 되어져 있다.

CCT를 구성하는 file명 및 그의 내용과 구성 record명을 다음과 같이 Table 2에 표시하였다.

본 연구에 사용된 BIL format은 전 band의 1 scene 분 data가 1 file을 구성하고 있으며 1 band, 1 line의 data가 1 record를 구성하고 있다. 어떤 일정한 지역에 대해 전 band의 data를 추출하고자 할때 편리하며, BSQ format과 함께 가장 보편적으로 사용되고 있다.

또한 광물자원의 potentiality map작성을 위한 통계분석을 위하여 본 연구에

Table 2. File structure of CCT

FILE 명	내 용	구성 RECORD명
Volume directory file	각 CCT의 선두에 위치하여, CCT의 volume 및 file 관리 정보를 격납한다.	(1) volume descriptor (2) file pointer (3) test
Reader file	Image file의 앞에 위치하여, image file내의 화상 data와 관련있는 annotation data, ancillary data등의 정보를 격납한다.	(1) file descriptor (2) scene header (3) ancillary
Image file	Reader file의 다음에 위치하여, 화상 data에 관한 최종 정보를 격납한다.	(1) file descriptor (2) image
Trailer file	Image file의 다음에 위치하여, 화상 data에 관한 최종 정보를 격납한다.	(1) file descriptor (2) trailer
Null volume directory file	CCT format의 최종 file로, logical volume의 종내를 표시한다.	(1) volume descriptor
Supplemental file	기하학적 왜곡 보정계수, PCD (Payload Correction Data) data, 부속정보 data등을 격납한다.	(1) file descriptor (2) header (3) ancillary

서 사용된 주제도는 3차원 주제도와 경사 분포도를 만들기위한 지형도, 광상과 지질과의 관계해석을 위한 지질도, 주요 광물자원의 13개 지시원소에 대한 지화학적 분석 방법에 의해 광화대 지역을 추출하는 지화학도 및 광역 항공물리탐사도 등 다음과 같은 22개의 주제도이다.

가. 지 형 도

나. 지 질 도

다. 지화학도(원소별)

- Cu, Pb, Zn, Cd, Mo, W, Ag, As, Sn, Co, Ni, Bi, U

라. 항공방사능 및 자력도

- 전방사능도

- 포타슘 방사능도

- 우라늄 방사능도

- 토륨 방사능도

- 우라늄/토륨 비율도

- 전 자력도

- 잔류 전 자력도

제 5 장 원격탐사 자료의 화상처리

원격탐사기술은 인공위성등에 탑재된 sensor를 이용하여 지표면의 대상으로부터 반사 또는 방사되는 전자파를 수집하고, 이 자료를 이용하여 대상물의 제현상에 관한 정보를 얻는 기술이라 할 수 있다.

이렇게 획득한 정보를 computer를 이용하여 유익한 정보를 추출하기 위해서는 특별한 화상처리기술(Image Processing Technique)이 필요하다.

본 연구에서는 연구 목적으로 있는 potentiality를 구하기 위하여 선구조선과 광상과의 관계를 분석하기 위하여 선구조선도(lineament map)의 작성과, 2차원의 원격탐사 자료와 지형의 표고 자료를 이용하여 지형을 3차원으로 표현하기 위해 지구관측위성으로 있는 LANDSAT data를 다음과 같이 화상처리 하였는데, 특히 lineament의 추출에 있어서 기하학적 보정을 하지 않은 화상으로 lineament 방향 등을 통계처리를 할 때 그 결과에 상당한 오차를 가져 올 수 있다.

5.1 기하학적 보정

화상을 기하학적으로 생각해 보면, 화상이라는 것은 대상물의 공간좌표(X, Y, Z)가 sensor의 투영변환표를 통해서 어느 투영면에 투사되어지는 투영상 즉, 평면의 화상좌표(x, y)에 변환되어지는 것을 말한다.

$$x = F(X, Y, Z)$$

$$y = G(X, Y, Z)$$

그러나 같은 대상물이라도 투사방식, 투영면, sensor등 여러 요인에 의해 화상

의 기하형상이 달라진다.

이처럼 화상에 포함되어 있는 수많은 기하학적 왜곡을 보정하는 방법에는 system 보정과 scene 보정하는 방법이 있다.

1) System 보정

System 보정은 기하학적 왜곡을 일으키는 원인 및 성질에 관한 정보를 이용해서 계통적인 기하학적 왜곡을 보정한다. 지구관측위성 LANDSAT에는 Fig. 3에 표시한 것처럼 다음과 같은 원인에 대한 왜곡이 있어 이에 대한 System 보정이 필요하다.

가. 삼축 기울기의 변동

- rolling
- pitching
- yawing

나. 고도의 변동

다. 지구자전에 의한 skew각

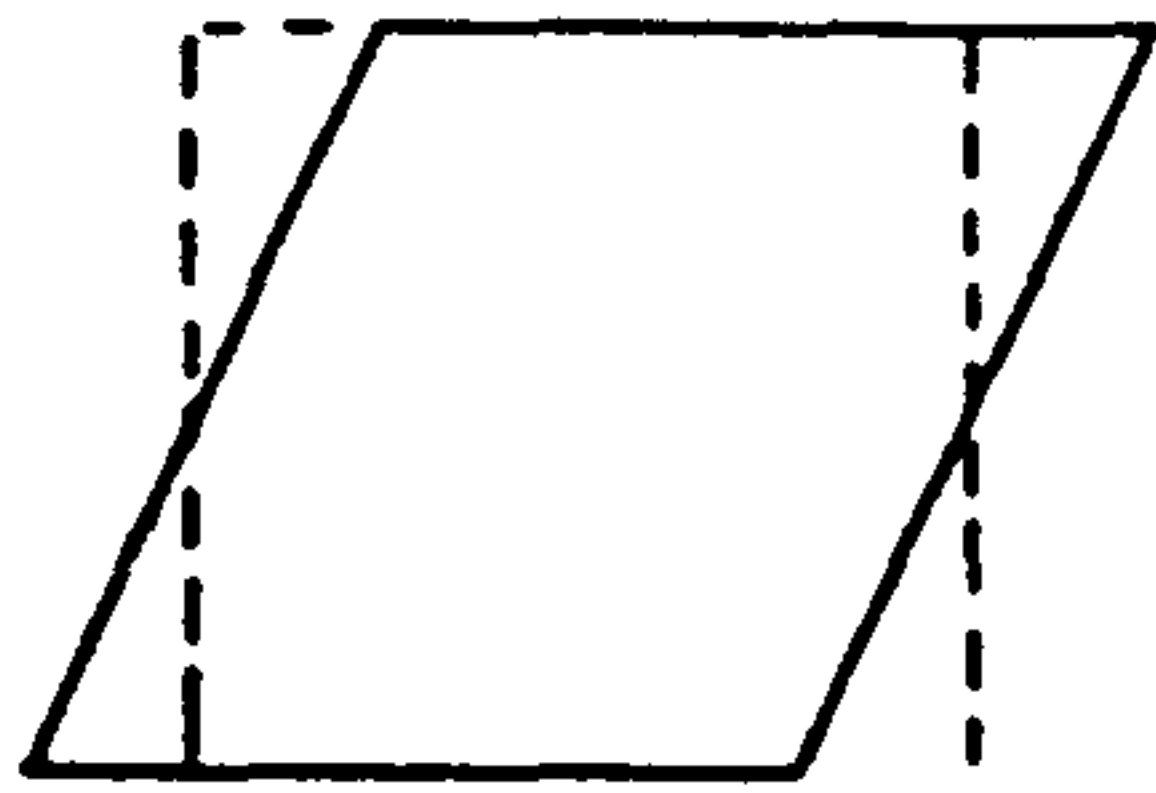
라. 주사경의 부등속도

마. 6분동시 주사에 의한 계단상의 왜곡

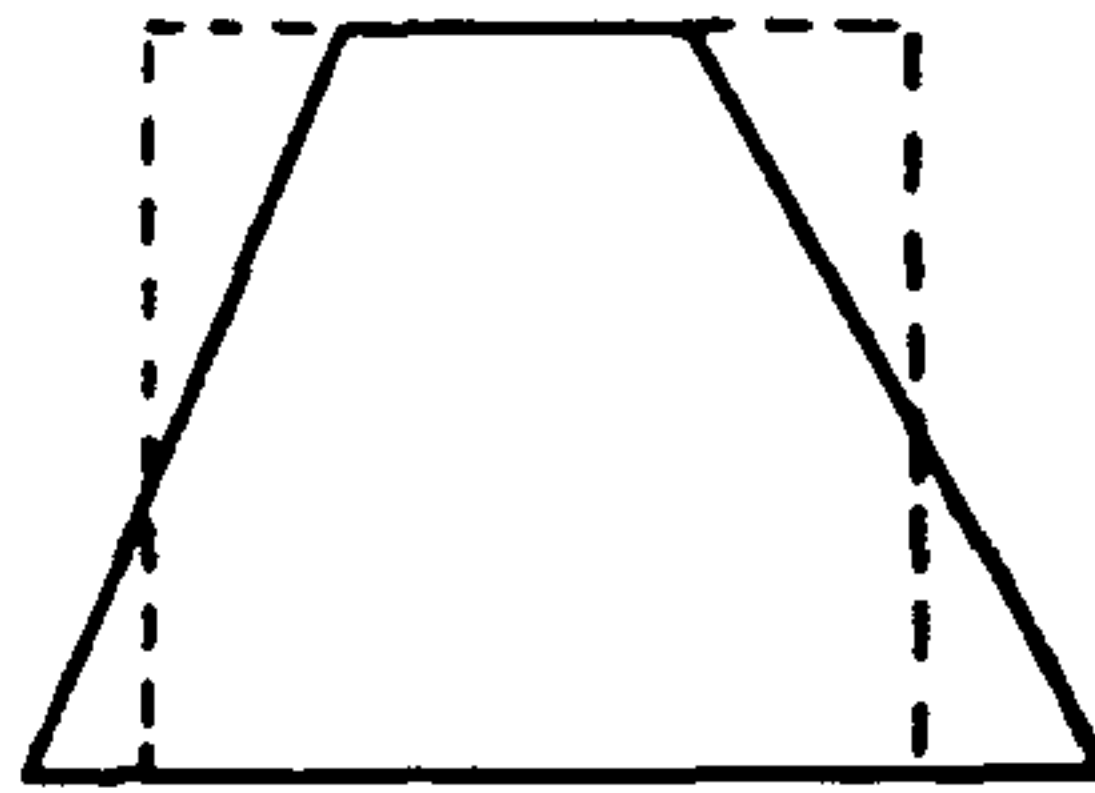
이러한 원인에 의해서 일어나는 왜곡을 보정하기 위해 지구를 평면이라 보고, 2차원의 평면좌표에 system보정을 하지만 본 연구소에서 사용된 CCT는 지상수신소에서 이를 보정한 bulk corrected CCT를 구입하였기에 system 보정을 하지 않았다.

DISTORTION EVALUATED
FROM TRACKING DATA

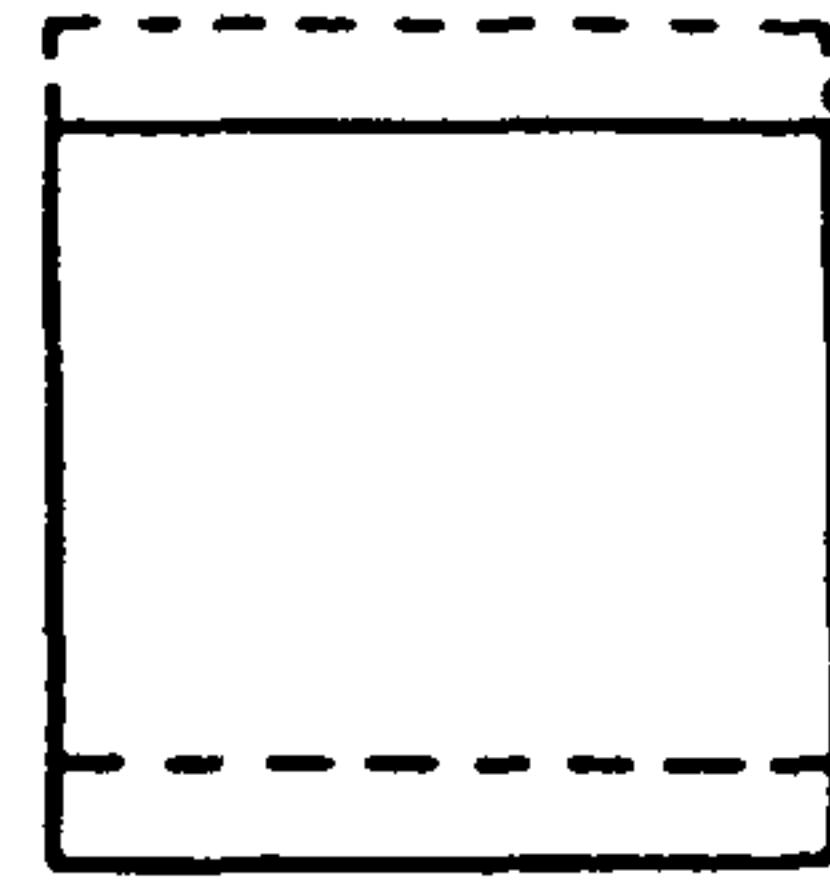
DISTORTION EVALUATED
FROM GROUND CONTROL



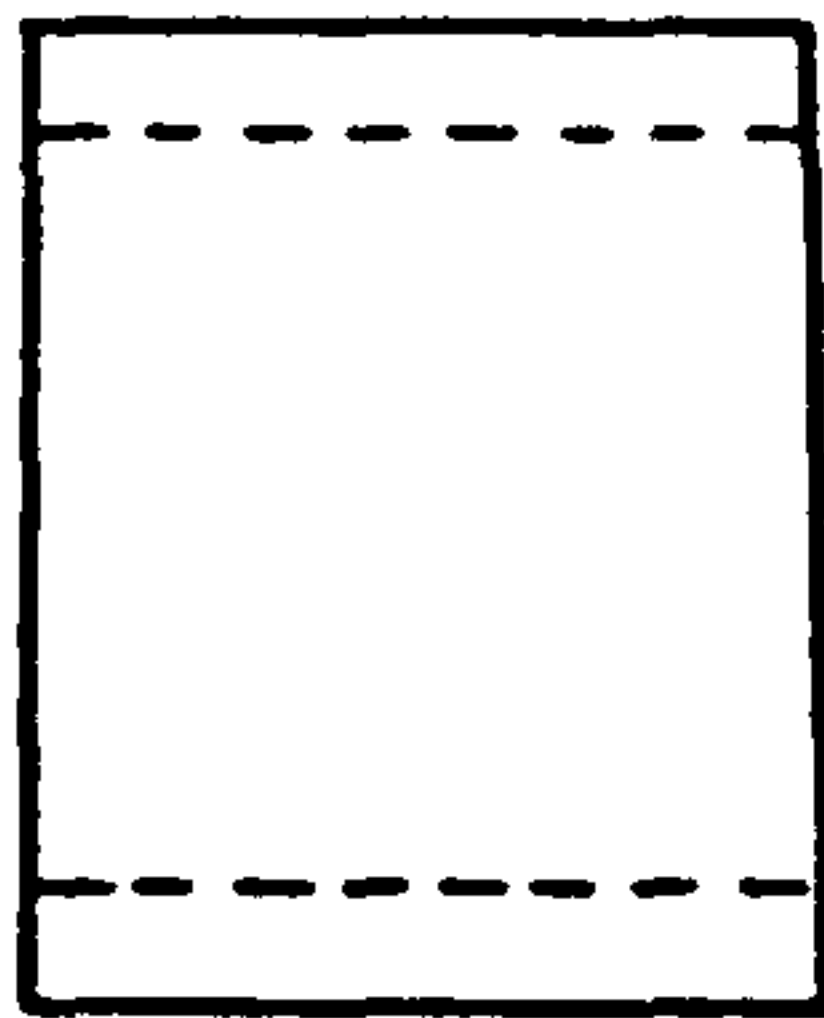
EARTH ROTATION



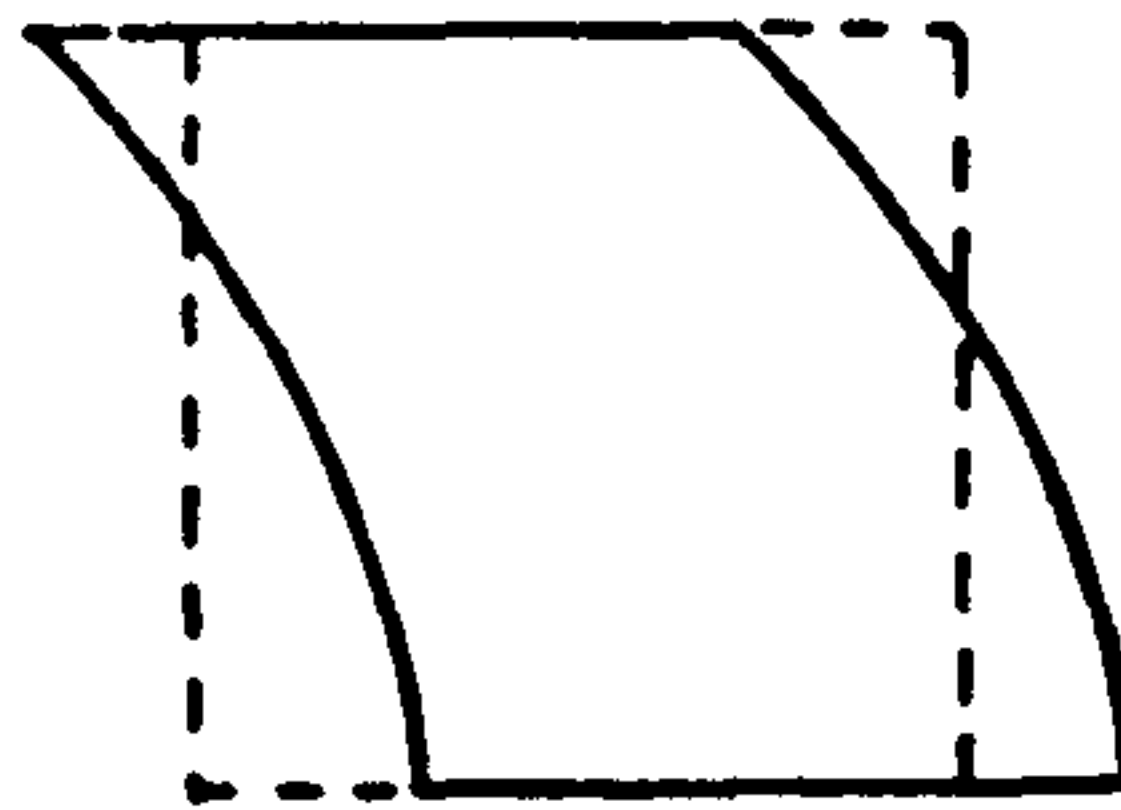
ALTITUDE VARIATION



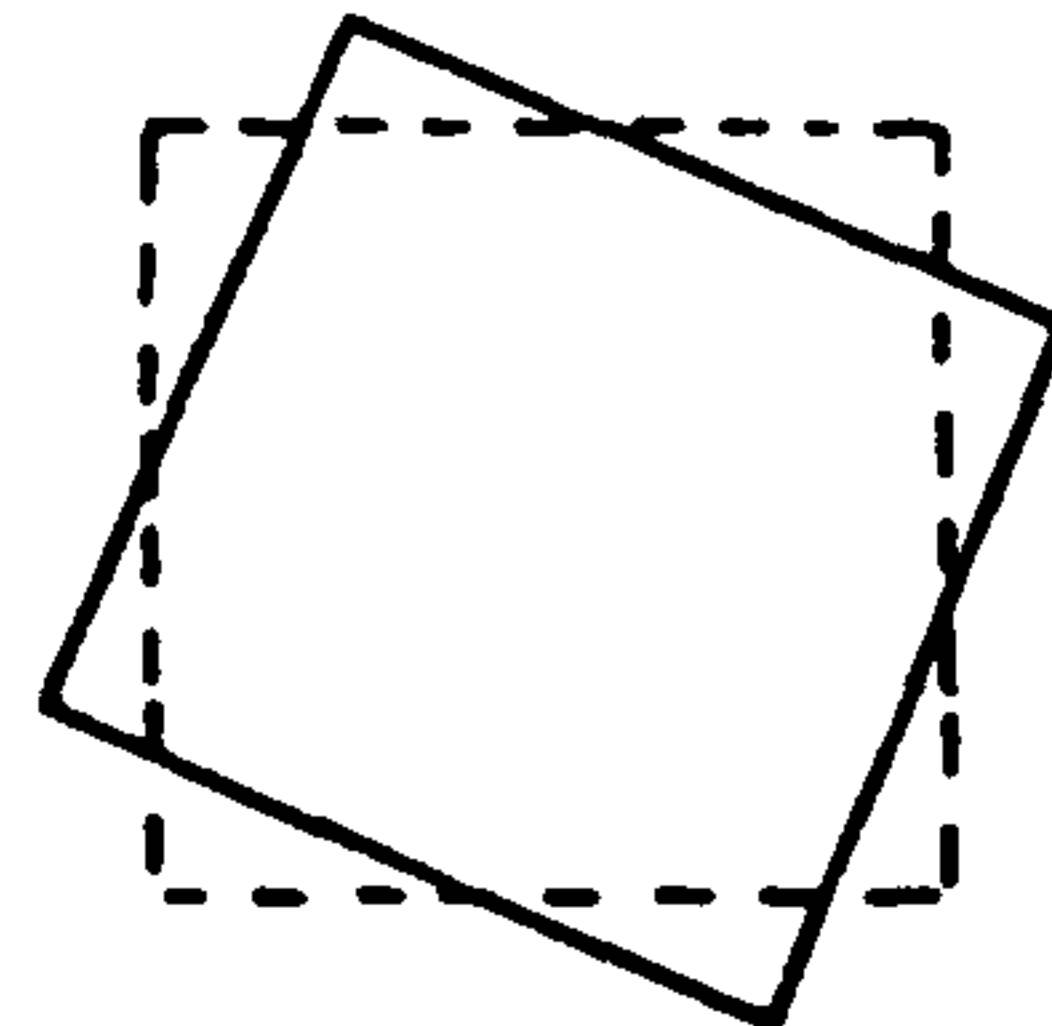
PITCH VARIATION



SPACECRAFT VELOCITY

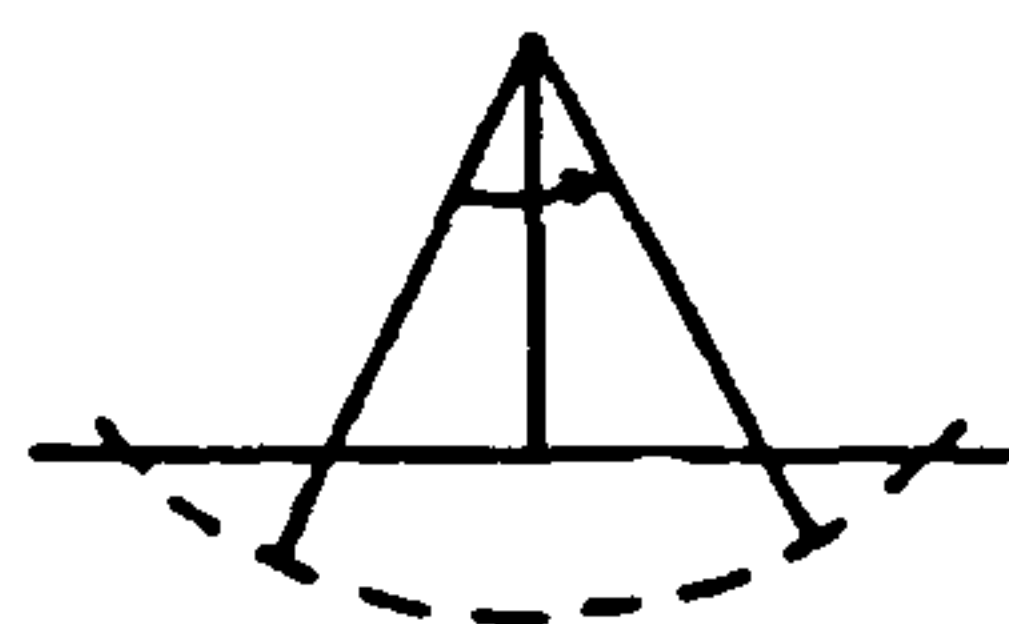


ROLL VARIATION

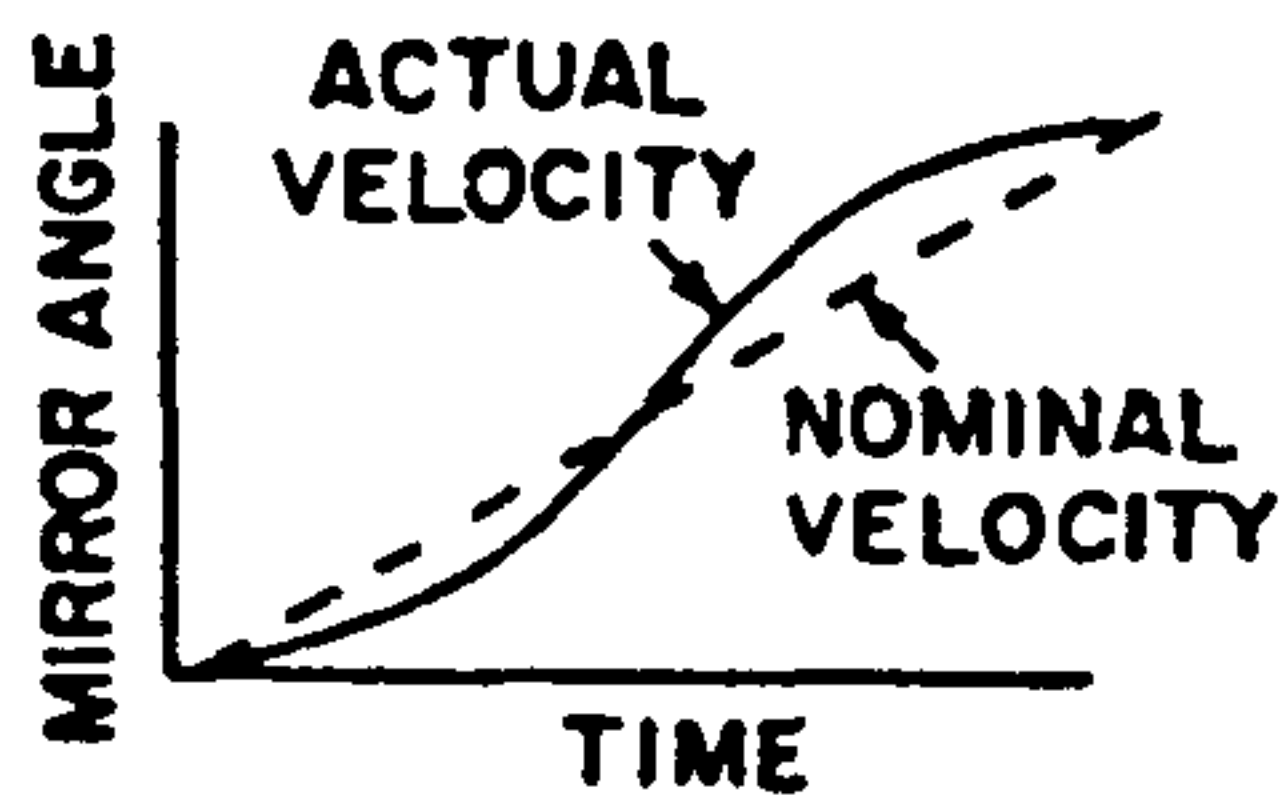


YAW VARIATION

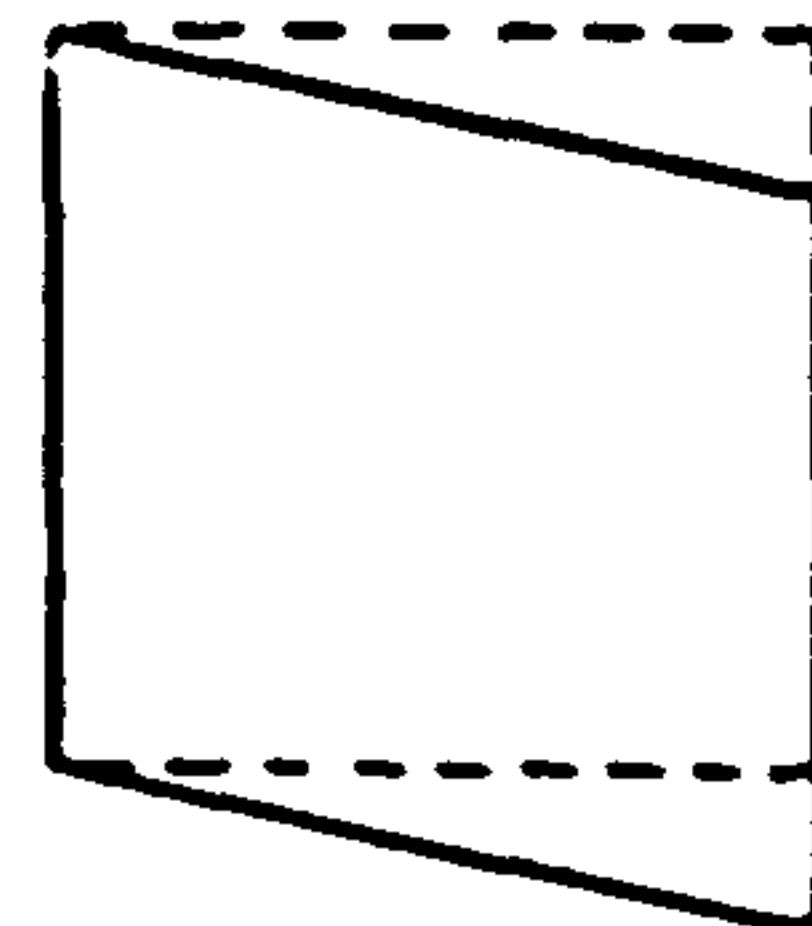
A. NON-SYSTEMATIC DISTORTIONS.



SCANNER DISTORTION



MIRROR VELOCITY VARIATION



SCAN SKEW

B. SYSTEMATIC DISTORTIONS.

Fig. 3. Distortion Parameters of Geometry.

2) Scene 보정 (지상기준점을 이용한 보정)

지상기준점(GCP: Ground Control Point)을 이용한 기하학적 보정은 Fig. 4에 표시한 것처럼 기하학적 왜곡을 갖고 있는 화상좌표계 U, V와 왜곡을 갖고 있지 않은 지도좌표계 X, Y 간의 좌표변환식에 의해 좌표변환을 행한다. 이때, 양좌표계에서 명확히 인지할 수 있는 점(GCP)의 선정이 기하학적 보정의 정도를 좌우하기 때문에 주의하여야 하며 본 연구에서는 GCP의 선정을 다음과 같이 행하였다.

GCP선정은 가능한 한 random하게, 어떤 특정한 지역에 치중하지 않고 화상 전체에서 골고루 선정하였는데, GCP의 개수는 좌표변환식을 결정하는 것에 필요한 수보다 많이 선정하여야 하는데 본 연구에서는 최종적으로 11개를 선택하였다.

본 연구에서는 연구지역의 대부분이 험준한 산악지형으로 있기때문에 GCP로 선정한 대상물로서는 학교 운동장, 도로의 교차점, 사찰, 계곡 등을 택하였다.

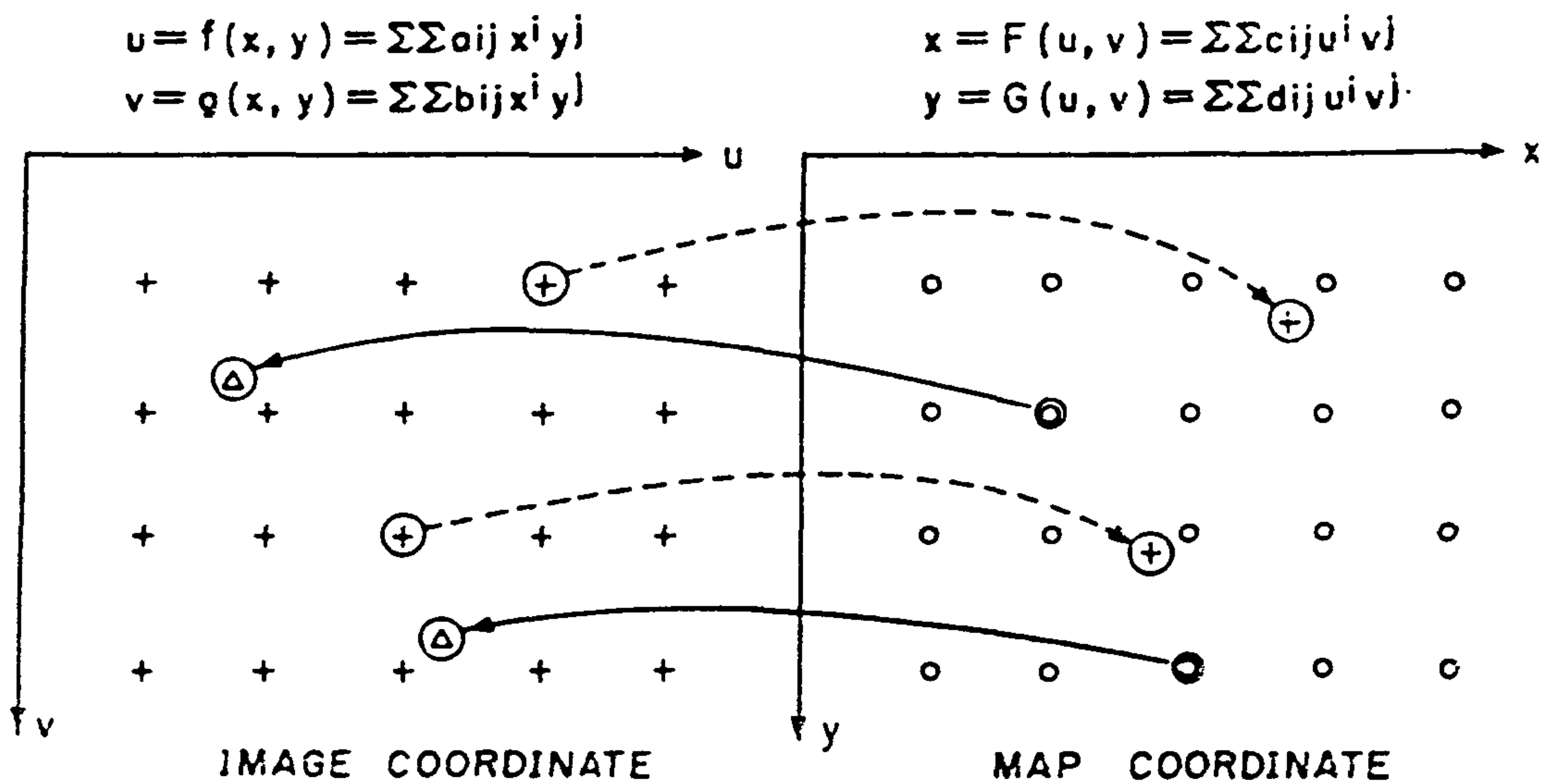


Fig. 4. Coordinate systems of Image and Map.

특히 GCP의 위치를 정확히 확인하기 위하여 단일 band의 화상보다는 false color image이나 line printer에 의한 gray map을 출력시켜 확인 하였다. 좌표 변환을 위해 최소자승법에 의한 affine 변환을 행한 결과, 각 GCP에 대한 error pixel은 0.5 - 1.4이며 중등오차는 1.2이다. 이러한 결과는 앞에서 언급한 것처럼 연구지역이 산악지형으로 되어 있어 많은 수의 GCP를 선정하지 못하였기때문으로 사료되나 본 연구에서 사용될 GIS data의 grid size를 30m 크기로 하기때문에 위성자료의 지상분해능으로 1 pixel인 오차는 통계적 평가 및 분석에 지장이 없다.

만약 GCP 주위의 잔차의 표준편차 S가 허용치보다 큰 경우에는 GCP 선정 및 좌표측정을 재검토하여야 하며, S의 허용치는 1 - 2 pixel정도이면 충분하다.

본 연구에서는 Fig. 5에 나타난 것처럼 출력하고자 하는 화상 data와 original 입력화상 data와는 일반적으로 일치하지 않는다. 그렇지만 출력하고자 하는 지도좌표계의 위치(X,Y)에 대응하는 화상좌표(U,V)에는 original 입력화상 data가 없는 것이 많기 때문에 인근의 입력화상으로 부터 다음과 같은 nearest neighbor 방법에 의해 그 점에 대응하는 화상 data를 내삽하였는데 이를 다시 GIS data의 지리적좌표와 일치 시키기 위해 E 128° 45' 10.4" - E 129° 00' 00", N 37° 00' - N 37° 15' 의 크기로 연구대상지역을 추출하였다.

$$Q = P_{k,l}$$

$$\text{여기에서 } k = \text{IFIX}(u + 0.5)$$

$$l = \text{IFIX}(v + 0.5)$$

이러한 방법은 original 화상 data에 손상을 입히지 않는 이점이 있으나 local geometric distortion이 생기는 단점도 있다.

그 이외의 대표적인 방법으로는 주위의 네점에 대하여 내삽하는 bilinear방법

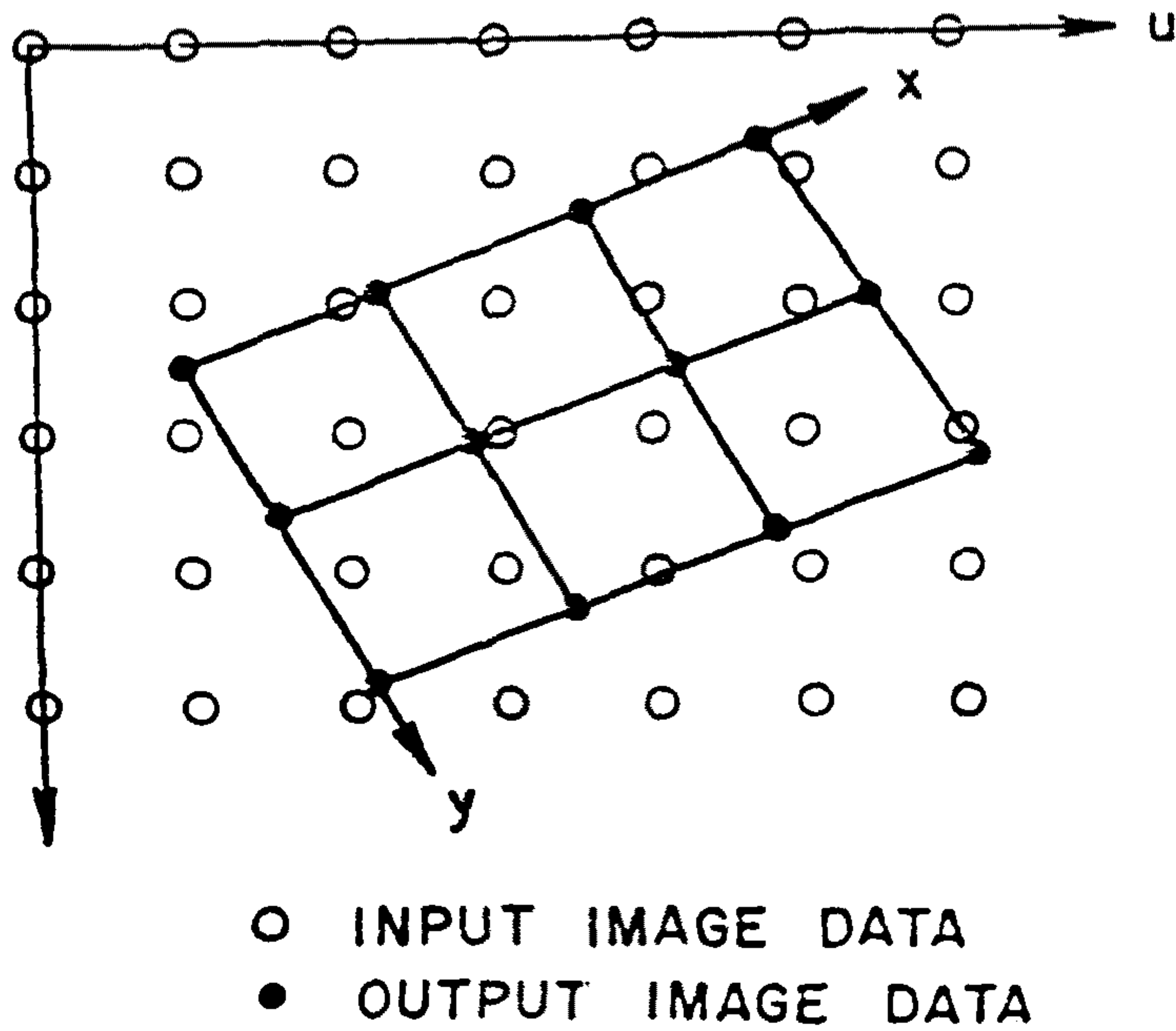


Fig. 5. Arrangement of Input and Output data.

과 16점에 대한 내삽을 하는 cubic convolution 방법이 있으나 이러한 방법은 data의 평균화가 생긴다.

(bilinear) :

$$Q = (1-u')(1-v')P_{KL} + (1-u')vP_{KL+1} + u'(1-v')P_{K+1,L} + u'v'P_{K+1,L+1}$$

(cubicconvolution):

$$Q = [f(y_1), f(y_2), f(y_3), f(y_4)] \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} & f(x_1) \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} & f(x_2) \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} & f(x_3) \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} & f(x_4) \end{matrix}$$

이와같은 방법에는 처리시간, 정도문제 등에 대해서 각기 다르기 때문에 연구대상지역의 지형, 연구목적 등에 따라서 적절한 방법을 선택해야 한다.

Fig. 6은 본 연구에서 기하학적 보정을 위해 사용한 flow chart이다.

또한 Fig. 7의 (A)는 연구지역의 original image 즉 system correction만이 되고 소위 기하학적 보정(scene correction)이 안된 화상이며, (B)는 GCP를 이용하여 (A)의 화상을 기하학적 보정을 하여 GIS data의 지리적좌표와 일치시켜 추출된 것이다. (A)와 (B)의 화상을 비교해 보면 연구지역을 흐르는 하천의 기울기가 크게 다름을 알 수 있다.

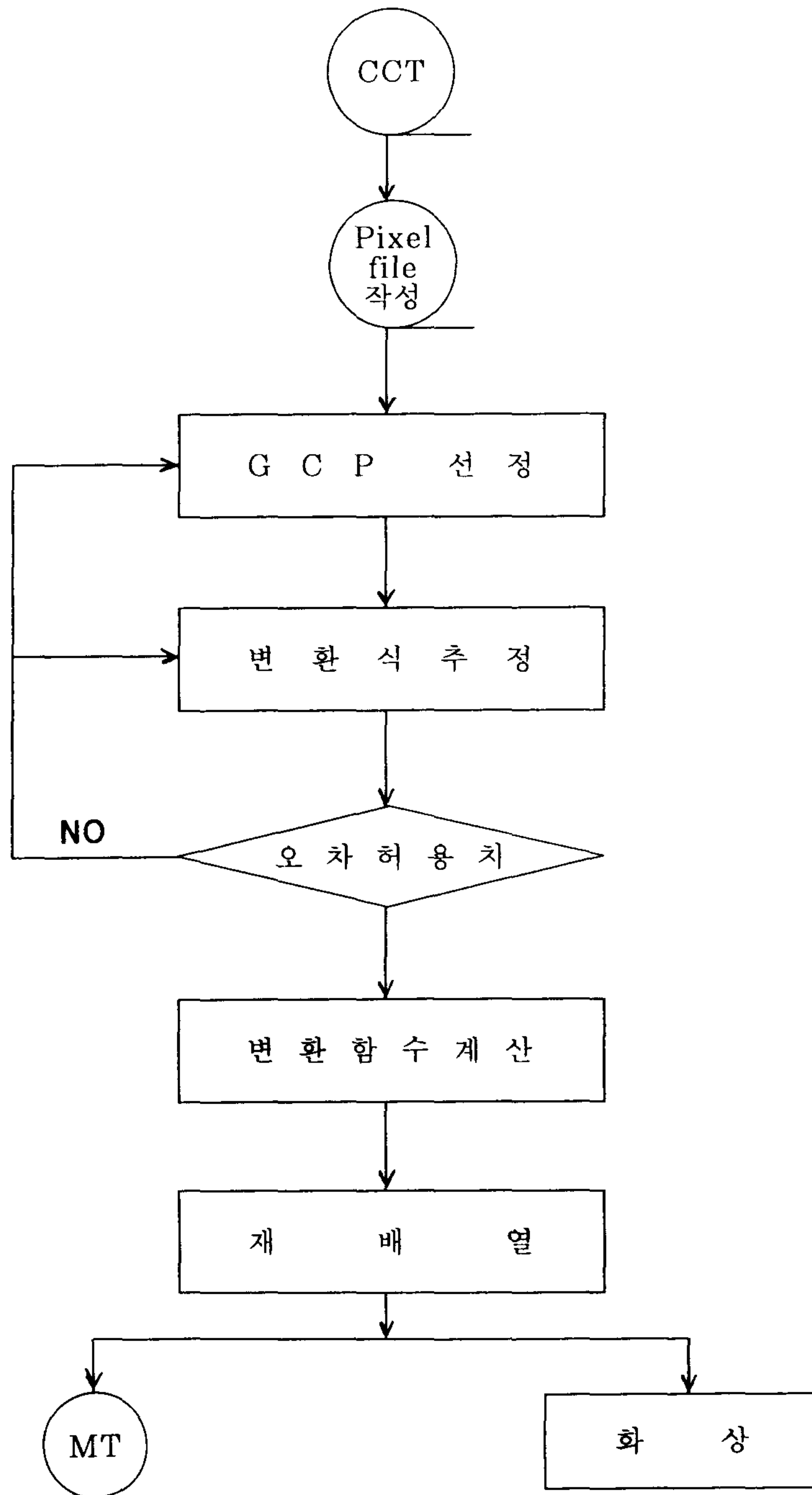


Fig. 6. Flow chart of Geometric Correction.

(A)



(B)



Fig. 7. Output of the Geometric Correction.

(A) System corrected Image.

(B) Geometric corrected Image.

5.2 Spectral Band의 선정과 False Color Image 작성

1) Spectral band의 선정

LANDSAT TM자료는 종래의 MSS(Multispectral Scanner)에 비해 지상 분해능이 80m에서 30m로 향상된 고해상력인 점과 파장대에 있어서 0.45~0.50 μm 의 가시광 파장대, 1.55~1.75 μm 의 근적외 파장대, 2.08~2.35 μm 의 중간적외 및 10.4~12.5 μm 의 열적외 파장대가 추가된 것이 큰 특징이다.

연구 대상지역에 대한 LANDSAT TM의 각 band의 특징은 다음과 같다.

- BAND 7 (2.08~2.35 μm) : 중간적외 파장대로서 일명 지질 band라 불린다. 특히 열수변질 작용을 받은 점토 광물에 유효하며, 식생이 dark tone으로 나타나며, 노두는 밝은 색으로 보인다. 전체적으로 lineament가 잘 나타나나, band 5에 비해 shadow영향이 조금 강해 texture 해석에 부적합하다.

- BAND 6 (10.4~12.50 μm) : 열적외 파장대로서 다른 band의 지상분해능과 다르게 120m의 해상력을 갖고 있으며, 주로 열분포 연구에 이용된다. 지질연구에는 특수한 경우를 제외하고는 사용하지 않는다.

- BAND 5 (1.55~1.75 μm) : 중간적외 파장대로서 LANDSAT TM에 처음으로 탑재되었다. 대부분 band 7과 동일하나 texture 해석에 있어서 우수하기 때문에 lineament 판독에 유효하다.

또한 soil moisture의 해석에 유효하기 때문에 texture와 더불어 수계분포 연구에도 이용될 수 있다. 철도, 도로, 소수로가 잘 보이며 도시내의 건물이 하얗게 나타난다.

- BAND 4 (0.76~0.90 μm) : 근적외 파장대로 band 5와 같이 수륙의 구분을 명확히 판독할 수 있기 때문에 저수지와 같은 surface water resources의 분포 및 현황을 파악할 수 있다. 또한 식생의 영향으로 전체적으로 밝게 보인다. 특

히 fine texture의 판독에는 다른 band보다 우수하나 암석의 구분에는 부적합하며 lineament의 추출에 있어서도 band 7이나 5에 비해 뒤떨어진다. 그 밖에 도로의 판독은 불분명하지만 밭의 구분은 명확히 할 수 있다.

- BAND 3 (0.63~0.69 μ m) : 가시광 파장대로서 MSS의 band 2에 해당된다. 전체적인 contrast가 band 2나 1처럼 낮고 식생이 dark tone으로 나타난다. 수계분포 판독에 이용할 수 있으며, texture도 잘 표시되어 있으나 lineament 판독에는 band 5보다 뒤떨어진다. 그러나 지형의 판독이 가능하며 도심지 내의 건물들은 다른 적외선 파장대보다 좀 더 분명하게 판독할 수 있다. 또한 texture의 판독에 의하여 암석의 구분도 가능하다.

- BAND 2 (0.52~0.60 μ m) : 가시광 파장대로서 band 3와 거의 동일하며 비포장 도로나 마을 등도 판독할 수 있다.

- BAND 1 (0.42~0.52 μ m) : 가시광 파장대로, TM에 처음으로 탑재된 것으로 파장이 짧아 대기의 영향을 많이 받는다. 지형 및 수계의 판독에도 이용할 수 있으나, 이 파장대는 산림의 구분이나 해양분야에서 더 많이 사용하고 있다.

상기에서 처럼 태백지역을 대상으로 하여 TM의 각 band중 본 연구의 주목적으로 있는 지질판독, lineament 추출에 가장 적합한 band를 검토한 결과, band 7, 5의 적외선 파장대와 band 3, 2의 가시광선 파장대를 선정하였다.

그 중에서 지질판독을 위하여 상기의 4개 band중 2개 혹은 3개의 band를 합성한 false color image를 작성하여야 하기 때문에 다음과 같이 검토하였다.

2) False Color Image 작성

LANDSAT TM은 종래의 MSS와 달리 1화소당 8bit의 정보를 갖고 있다. 이러한 정보량을 갖고 color합성을 하였을 때는 인간의 눈으로 판독할 수 없을 만큼 많은 정보량을 갖고 있기 때문에 일반적으로 화상처리장치의 color CRT

system에 표현될 수 있을 만큼의 정보량을 선택하여 사용하여야 한다. Additive color composite system에는 red, green, blue(RGB) 세가지의 기본 color를 갖고 있는데, 본 연구를 위하여 사용한 Intergraph workstation System의 출력장치 color display에 있는 3개의 refresh channel은 각각 8bit로 구성되어 있기 때문에, LANDSAT TM band 중 3개 band의 정보량을 표현하기에는 충분하다.

이처럼 화상의 정보를 색채를 이용해서 표현하는 것에는 pseudo color법과 false color법이 있으나 본 연구에서는 LANDSAT가 다파장대에 있고 지질판독에는 단파장대보다 다파장대 자료에 더 많은 정보를 갖고 있기 때문에 false color법을 사용하였다.

False color법은 화상간의 상대관계를 색의 변화로 변환하여 표현하는 것으로 화상의 종류에 대하여 특정한 색을 조합한다. 색의 선택에는 어떤 일정한 법칙은 없고 필히 적, 녹, 청의 삼원색을 이용할 필요도 없다. 단, 색의 선택에 있어서 특히 강조하고자 하는 대상물의 색이 변화하게끔 색을 선택할 필요가 있다.

일반적으로 false color표시는

$$\begin{aligned} \text{화상정보 } X &= (X_1, X_2 \dots\dots\dots, X_p) \\ I_R &= R(X_1, X_2 \dots\dots\dots, X_p) \\ I_G &= G(X_1, X_2 \dots\dots\dots, X_p) \\ I_B &= B(X_1, X_2 \dots\dots\dots, X_p) \end{aligned}$$

로 표현된다.

본 연구에서는 지질판독을 하기 위한 여러 종류의 false color image를 검토한 결과, 본 연구에서는 Fig. 8에 표시한 것처럼 false color image를 작성하여 광역 지질 판독에 이용하였다.

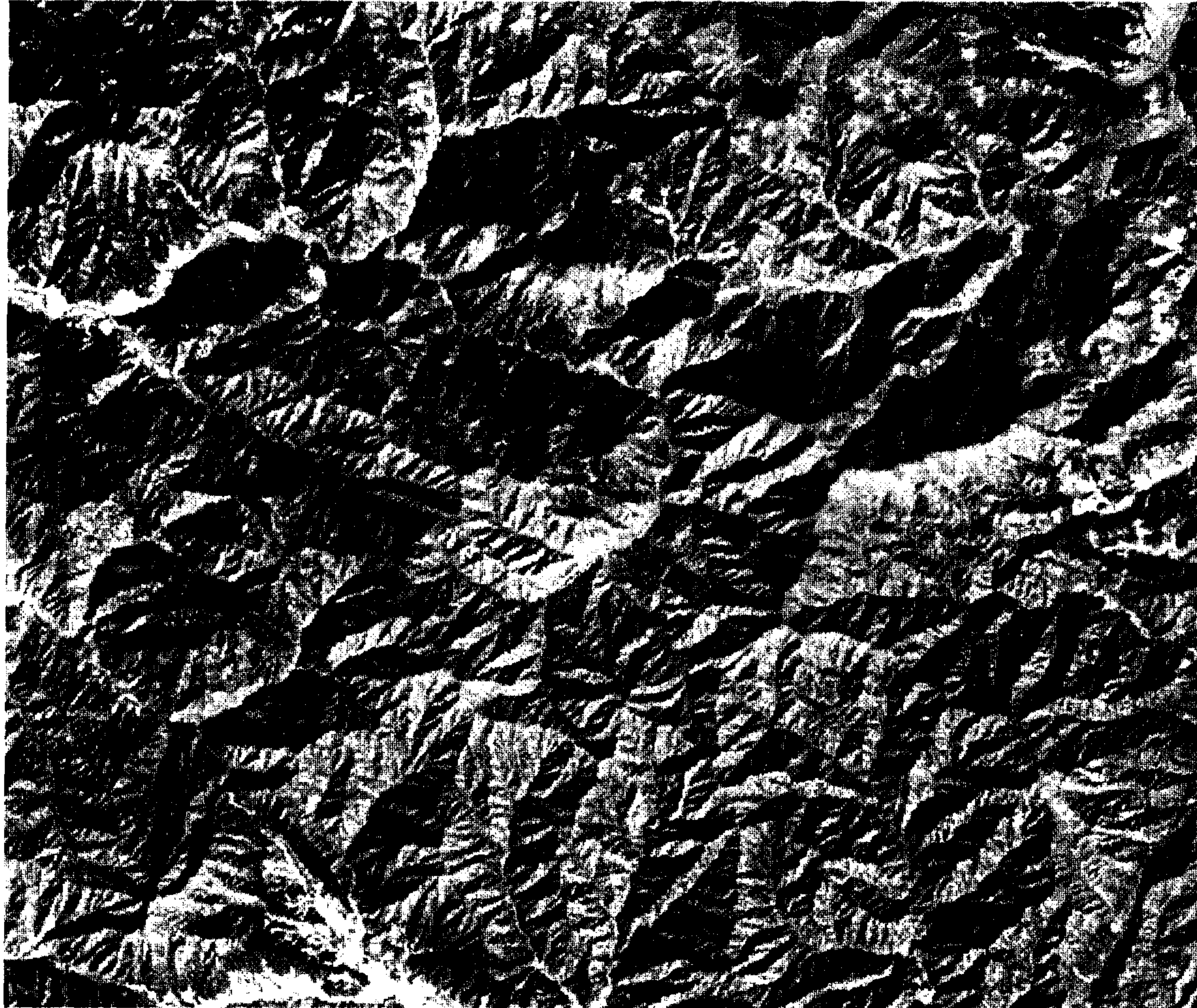


Fig. 8. False color imagery of the study area.

즉, LANDSAT TM의 7개 Band 중 Band 5, 3, 2에 각각 적, 녹, 청색 filter를 사용한 것으로 전체적인 contrast가 약간 어두운 면이 있으나 texture의 판독, 지형의 판독에 있어서 우수하며, 또한 일부의 암석을 color에 의해 구분할 수도 있다. 이러한 band는 앞에서 선택한 spectral band 7, 5 및 3, 2에 해당된다.

3) 농도 변환

LANDSAT 화상으로부터 어떤 특징을 추출하기 위하여는 화상 전체 혹은 특정 영역의 농도를 강조할 필요가 있다.

특히 LANDSAT TM화상은 8 bit로 있기 때문에 농도의 계조가 256 level이나 원화상은 그러하지 못하다. 즉, Fig. 9에 나타난 histogram 및 통계치에서도 나타난 것처럼 농도의 좁은 부분에 많은 화소가 집중하고 있기 때문에 화상내에서 미세한 변화가 보이지 않기때문에 지질판독에는 이용이 어렵다.

본 연구에서는 화상의 전체 contrast를 높이고 지질판독을 명확히 하기 위해 Intergraph workstation system 출력장치의 dynamic range를 full scale로 증폭시키는 contrast stretch기법을 사용하였다.

$$X' = \frac{X_{full}}{X_{max} - X_{min}} (X - X_{min})$$

contrast stretch 기법을 사용하여 출력된 false color image를 Fig. 10에 표시하였다.

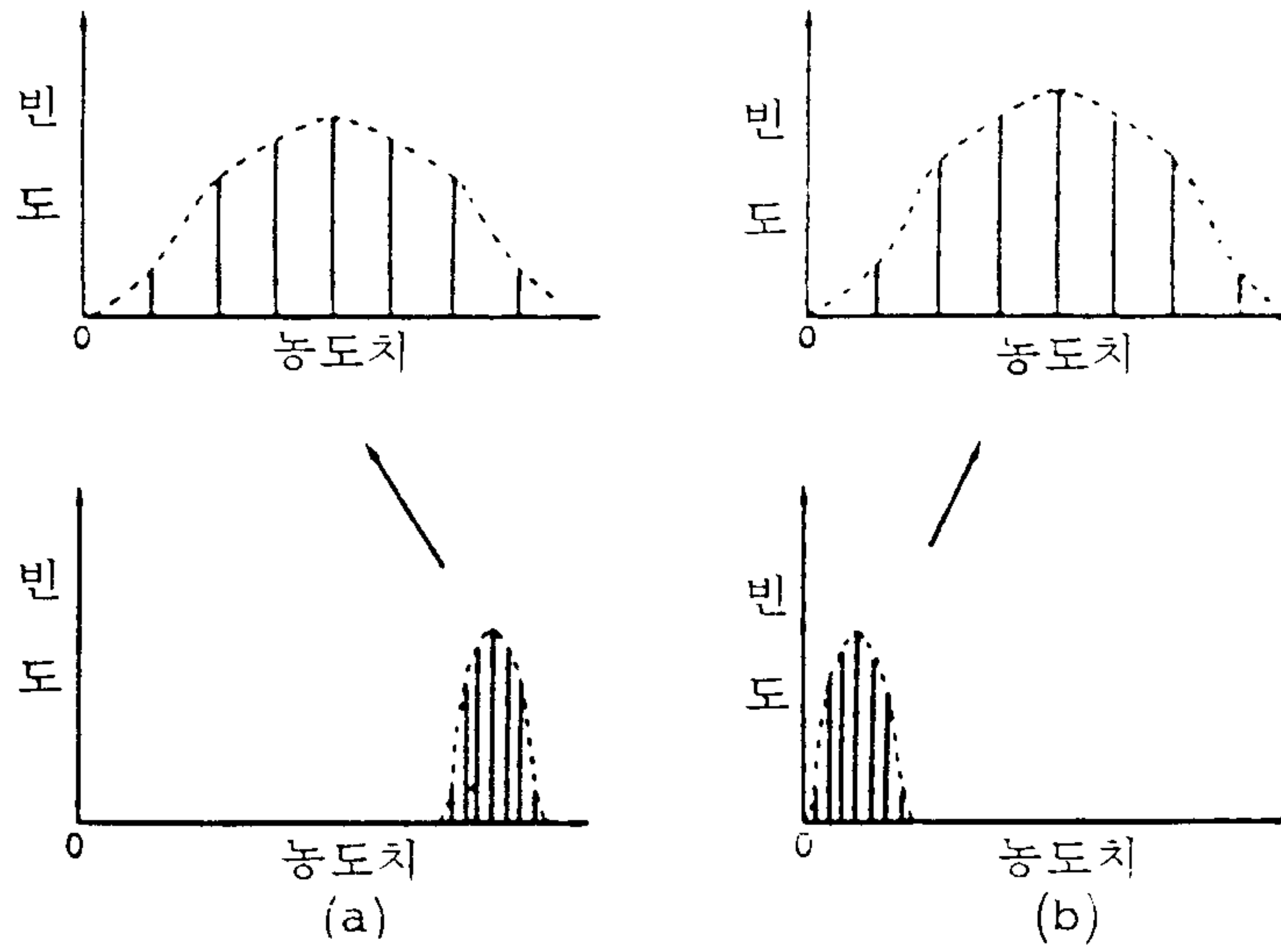


Fig. 9. Histogram of density value.

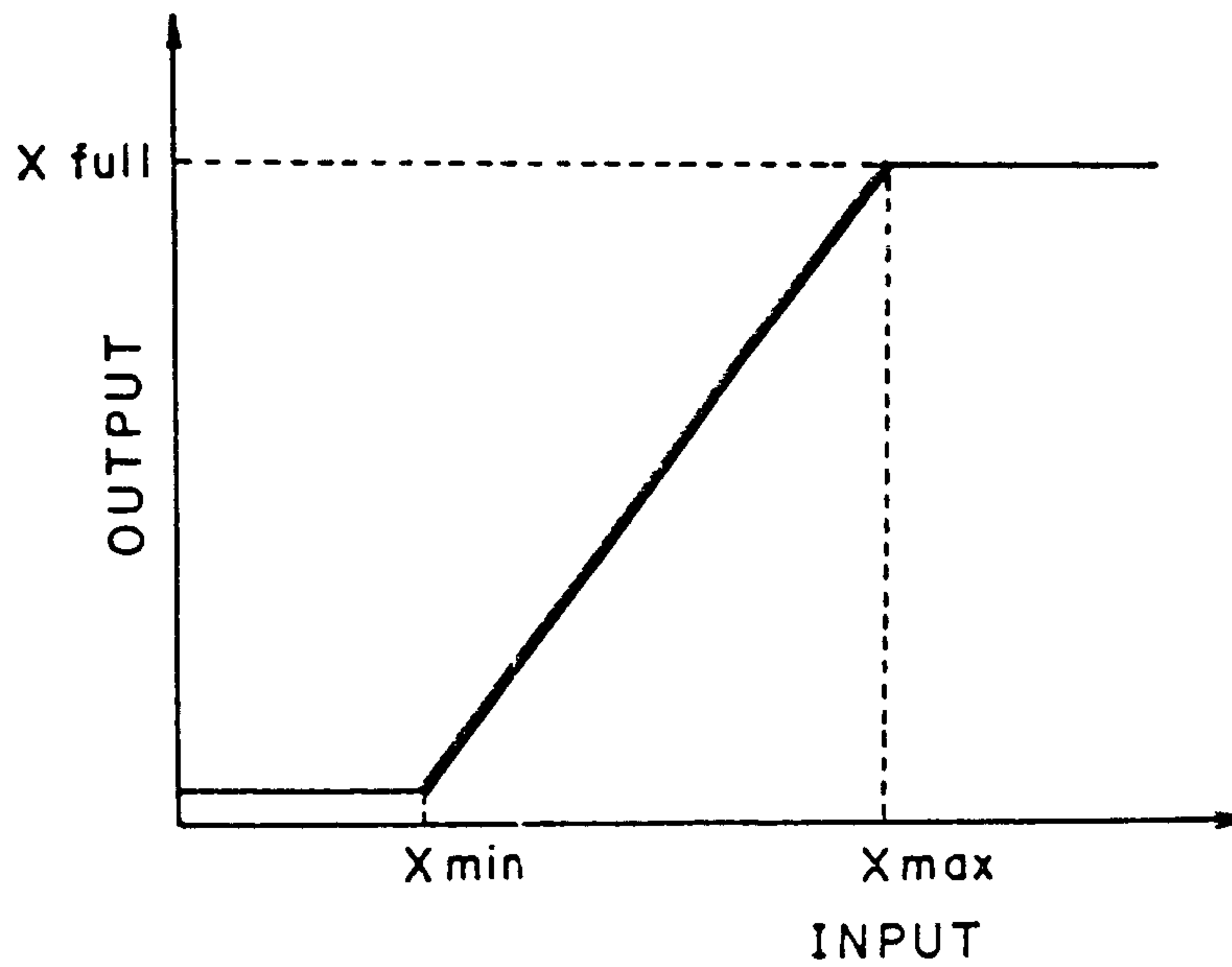


Fig. 10. Contrast stretch technique.

5.3 Lineament 추출을 위한 화상처리 기법

지질학에서는 선상구조를 나타내고 있는 것을 "lineament" 라고 부른다. 이러한 선상구조는 digital적으로 농도나 texture가 급격히 변화하는 불연속성을 edge라 부르고, 특히 농도의 불연속성을 선이라 하는데 이러한 것은 lineament의 일부 혹은 전부에 포함되며 edge와 선의 pattern을 Fig. 11과 같이 구분할 수 있다.

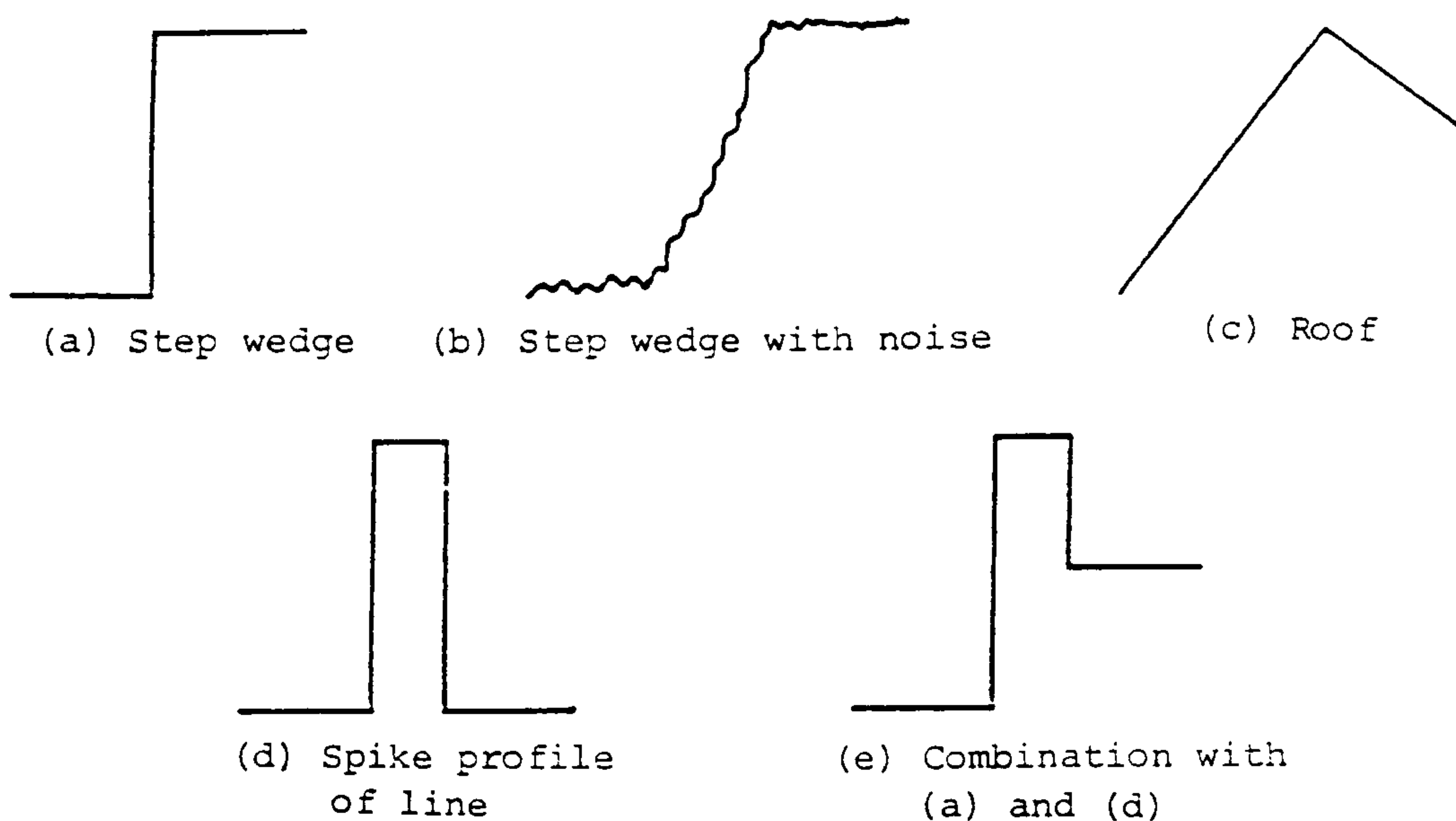


Fig. 11. Profile patterns of edge and line on the imagery.

(a)는 가장 일반적인 것으로 농도가 양지역에서 다르지만 각각의 지역내에서는 비교적 일정한 단면을 갖고 있다.

(b)는 잡음을 포함한 경사적 변화를 나타내며 (c)는 농도의 변화가 급격하고 (d)는 spike상의 단면을 갖고 있으며 선(d)와 edge(a)를 합한 것이 (e)와 같은 결과를 나타내게 하는 것이다.

이처럼 도로나 단층과 같은 선상구조, 수계등을 강조하기 위해 화상을 선예화하여야 한다.

화상의 농도가 급히 변화하는 부분을 강조하기 위한 화상처리에 주로 1차, 2차 미분이 있다.

$f(x,y)$ 의 1차미분은

$$\nabla f(x,y) = \frac{\partial f(x,y)}{\partial X} Vx + \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} Uy$$

이라는 vector로 표현되지만 화상처리에 있어서는 gradient 및 그 방향이 이용되고 있다.

2차미분은 화상 $f(x,y)$ 에 대해서

$$\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

이라는 scalar량으로 표시된다.

그러나 실제로 화상처리를 하기 위해서 일반적으로 미분 operator를 이용하는데, 본 연구에서도 gradient의 방향을 이용하여 8방향의 lineament를 추출하였으나, 이 화상상에서 많은 선예화 구조가 각 방향별로 나타나나 잡음이 지나치게 많아 수계의 분포라든가 lineament의 연장성에 대한 판독이 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 spatial filtering기법을 이용하여 본 연구지역의 지형에 적합한 lineament 추출기법을 다음과 같이 개발하였다.

$$g(x,y) = f(x,y) - C \cdot \nabla^2 f(x,y)$$

즉 원화상 $f(x,y)$ 으로 부터 laplacian $\nabla^2 f$ 의 정수배를 뺄 경우 edge양쪽에

overshoulder가 생겨 lineament 및 수계의 추출이 가능한 화상 $g(x,y)$ 가 생긴다.

여기에서 C의 값을 크게 하면 선예화 정도는 증가하지만 잡음이 크기 때문에 C의 값을 정하는 데는 많은 경험적 요소가 필요하며 또한, 연구대상지역의 지형 혹은 자연환경에 따라 다르다. 본 연구에서는 C의 값을 1/2로 정하는데 lineament의 대부분은 C가 1정도가 되어야 보다 많이 추출할 수 있으나 수계 및 잡음 제거를 위해 반감을 하였다. 그 결과를 Fig. 12에 표시하였는데, 이는 laplacian 화상이나 high pass filter 화상보다 선예화가 증가된 동시에 잡음은 감소되었다.

상기와 같은 각종 filtering 처리에 사용한 TM data로 band 5를 선택하였는데, 앞장에서 검토한 spectral band에서 나타난 것처럼 band 5에서는 다른 band보다 texture 및 지형의 판독에 유효하며, 특히 lineament와 수계의 관계를 해석하기 위해 moisture 관계가 중요하기 때문이다.



Fig. 12. Lineament image.

제 6 장 Lineament의 지질학적 분석

화상중에 선상 혹은 호상모양의 좁고 긴 선이 나타나는데 이를 lineament라 보통 부르고 있다. 이 lineament는 Fig. 13에 표시한 것처럼 보통 단층, 절리, 암맥, 지층과의 경계선과 관련되어 있으며 미를 가지고 있다.

Lineament에 대한 정의는 연구자에 따라 다소의 차가 있으나, 본 연구에서는 다음과 같이 O'Leary(1976)가 정의한 것을 채용하였다.

“A mappable simple or composite linear features of a surface, whose parts are aligned in a rectilinear or slightly curvilinear relationship and which differs distinctly from the pattern of adjacent features and presumably reflects a subsurface phenomenon”

본 연구에 의해서 개발된 lineament 추출기법에 의해 작성된 화상을 판독하여 Fig. 14에 lineament interpretation map을 표시하였다.

일반적으로 선상모양은 화상상에서 화소간 색조, 휘도의 차가 있는 구조가 직선 혹은 곡선상의 배열이 될 때 식별되어진다. 이러한 선상모양의 대부분은 지형이나 지질구조 등을 어떤 형태로 반영하고 있지만 그 중에는 어떤 관계도, 의미도 없는 구조도 포함하고 있다.

lineament 역시 선상모양으로 화소와 관련하여 색조 및 음영의 경계선, 암색의 선상모양, 화소군의 집합 등으로 보이는 것을 lineament로서 해석할 수 있다. 추출된 lineament의 성격을 분석하기 위하여 1: 50,000 축척의 기존 지질도상에 표시된 단층들과 비교해 보면 lineament와 대부분 일치하며 부분적으로도 일

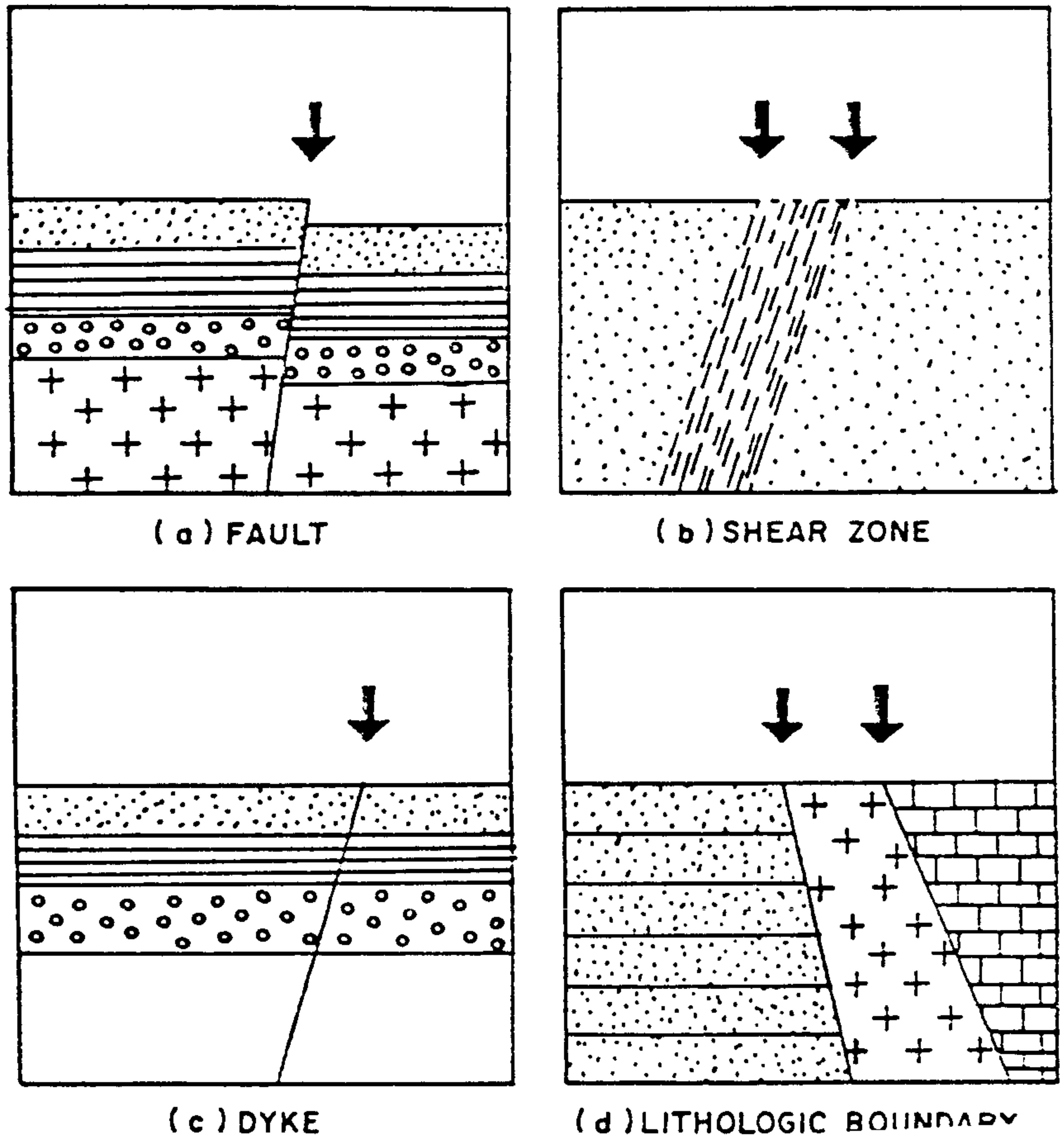


Fig. 13. The geological features which are shown as a lineament (\downarrow) on the surface.



Fig. 14. Lineament interpretation map.

치하는 것이 있는데, 이는 단층들의 연장성을 야외에서 확인하기가 어렵기 때문이며 또한 기존 지질도상에 표시된 단층의 수보다 lineament의 빈도수가 많은 것도 야외에서 단층으로 확인할 수 있는 증거가 불충분하기 때문이다.

이처럼 판독된 lineament를 빈도수 및 길이로 구분하여 각 방향별로 통계처리하여 Fig. 15와 같이 rose diagram으로 표시하였다. 본 연구지역에 분포하고 있는 lineament를 trend별로 보면 N 20°~40° E, N 0°~10° W, N 60°~90° E가 집합적으로 우세하며 그중에서도 N 30°~40° E의 lineament는 빈도수 및 길이가 가장 우세하게 나타나고 있다. N 40°~50° W의 lineament가 빈도수에 비하여 길이가 길게 나타나는데 이는 연장성이 있기 때문으로 분석되어진다.

또한 lineament와 기존의 광산과의 관계를 분석한 결과, Fig. 14에 나타난 것처럼 연구지역에 분포하고 있는 순경, 금정, 금당령, 응봉, 상동, 거도 및 각히 등 7개의 광산들이 lineament상에 위치하고 있음이 판명되었으며 이러한 사실은 광상의 생성원인과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

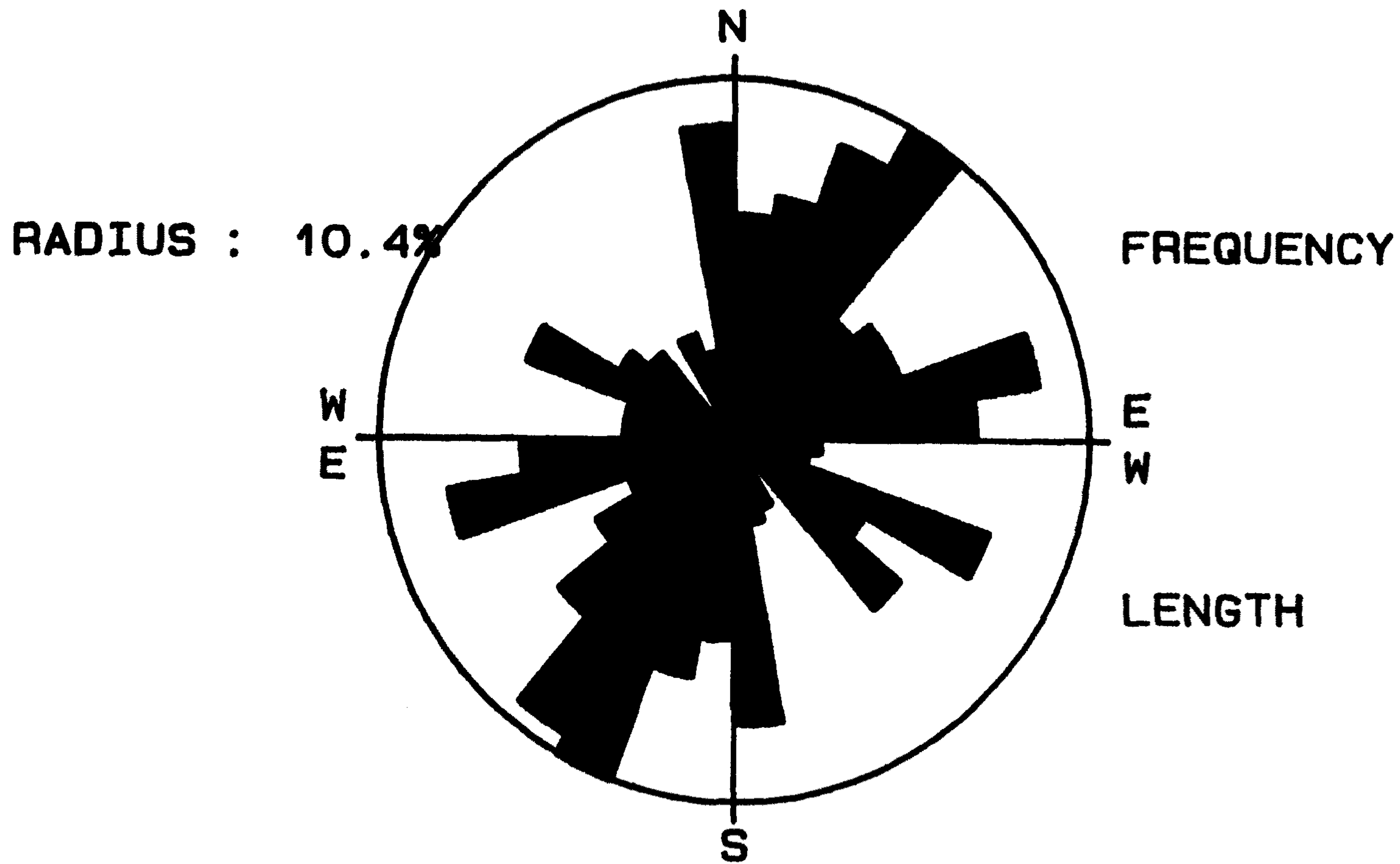


Fig. 15. Rose diagram of lineament.

제 7 장 Geographic Information System에 의한 주제도 작성

7.1 Geographic Information System

지리정보시스템(GIS)은 지역에 관계되는 자연 및 사회, 경제 등의 각종 정보를 지리적 공간 위치에 결합하여 도형의 상호관계, 도형의 속성정보 등을 저장, 검색, 분석, 처리하여 가공해 출력하는 도구로, 다목적에 이용되어지고 있다.

지리정보 data는 위치, 속성, 공간적인 상관관계를 갖는 정보를 의미한다. 그래서 지리정보시스템은 상기에서 언급한 것과 같은 정보 data를 수집 및 입력, 저장, 변환, 검색, 분석, 출력할 수 있는 시스템으로 구성되어져 있다. 그 구성도를 Fig. 16에 표시한다.

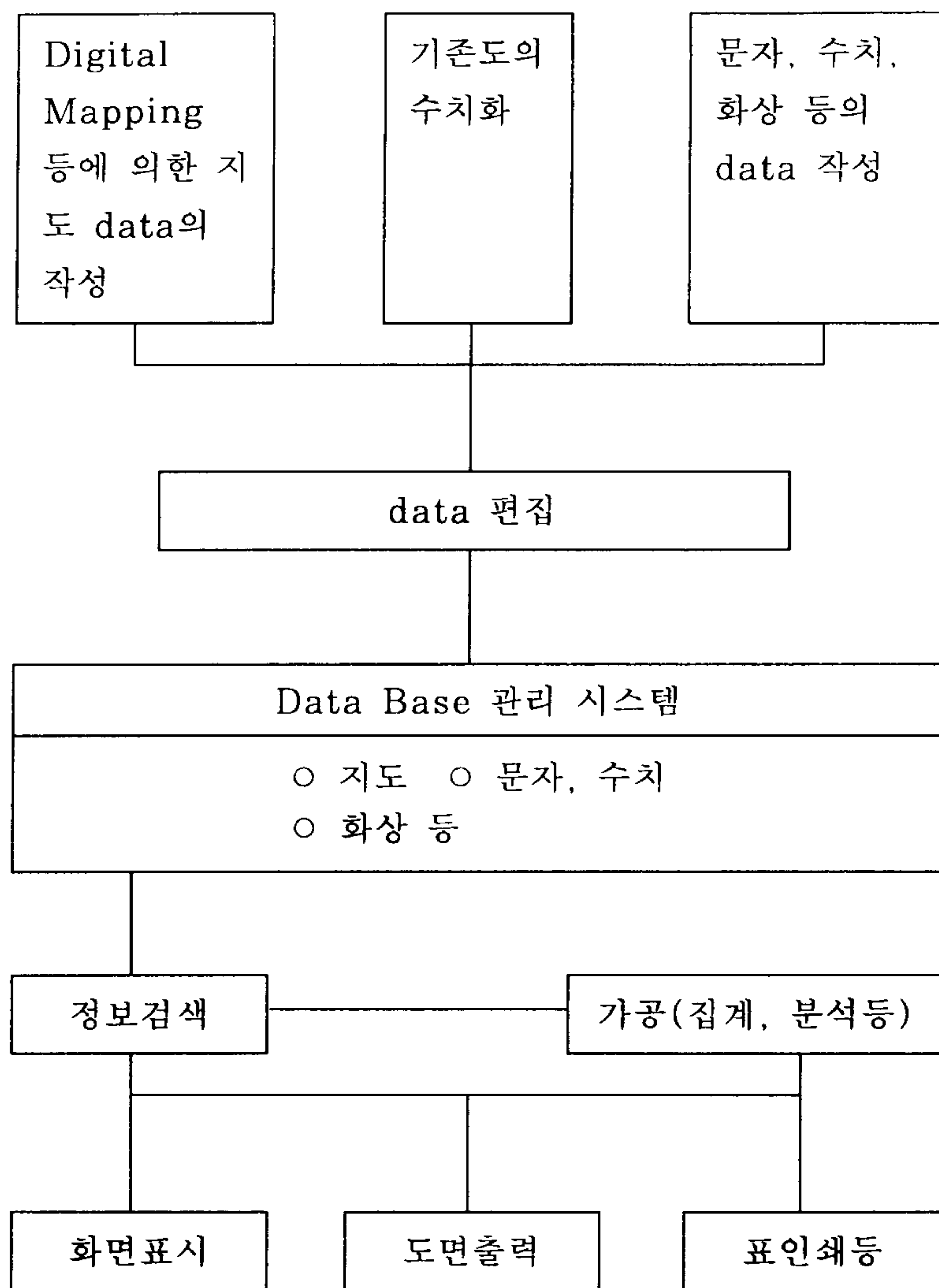


Fig. 16. Schematic diagram of Geographic Information System.

지리정보시스템에 입력할 수 있는 data의 형태는 지도, 현지조사 자료, 문자 수치자료, 통계자료, 항공사진, 인공위성 화상 등이 있다. 이러한 자료는 digitizer나 scanner에 의해 수치형태로 변환하여 입력된다. 입력한 data는 점, 선, 다각형으로 인식되어져 자기테이프 혹은 자기디스크에 수록되어져 저장한다. 저장대상은 도형과 비도형data로 구분하고있지만, 주제별로 구조화되어져 지리적인 data base로 계통적으로 보존되어진다. Data base은 보관, 검색, 갱신 등에 편리하게 조직되어져 있다.

Data의 변환은 입력한 data의 오차의 수정이나 기존 data의 수정 시에, 혹은 다른 data 형태와 그 구성방식을 합치시키기 위하여, 새로운 분석 방법에 맞추기 위하여 data의 배열과 그 구조를 변환할 시에 시행한다.

처리분석에 있어서 지리정보시스템 data는 공간분석, modeling에 의해 효율성을 제공하고 있고, 도형 및 속성정보의 분석과 주제별 data (Thematic Map)의 중첩에 의해 새로운 data를 작성하여, 본 연구의 목적으로 있는 광물자원 부존가는 지역의 추출이나 개발 적합지의 분석, 환경영향평가, 통계량의 계산 등에 이용할 수 있다.

7.2 Vector Data의 구조

지도를 computer에 입력하는 방법에는 vector 형식과 raster 형식이 있다. Vector 형식은 길이와 방향을 갖는 선분의 집합의 의미로 사용되어지고 있다.

Vector data에는 기본적으로 Fig. 17에 표시한 것 처럼 3개의 형태로 지리적 위치가 기술되어진다. Point의 인식형태은 단점, 문자, 기호, 절점 등의 심볼로 있다. Line은 면적은 갖고 있지 않지만 길이는 갖고 있다. 등고선 등은 line으로 표시할 수 있다. 또한 line을 구성하는 요소라 하여 위치를 결정하는 entity point, 동일 polygon내의 특성을 표현하고있는 area point, label point 등의 점이 있다. Polygon은 면적과 경계를 갖고 있다. Polygon은 독특한 형태와 크기를 갖고 있기때문에, 주로 도형의 표현에 사용하고 있으며, 본 연구에서 지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도를 입력할 시 주로 polygon 형태로 입력하였다. Polygon의 내부를 지정하는 일로 어느 공간적 영역을 결정할 수 있다. 지도는 이와같이 3개의 vector data의 형태로 표시되어지는 지형요소 (Feature)로 computer에 저장되어진다.

Vector data은 작은 단위의 도형정보도 표현가능하기 때문에 그 특성은 명확한 상관관계(즉, 연결성과 인접의 특성)를 갖고 기억되어진다. 또한 하나하나의 속성정보을 표현할 수 있는 구조도 갖고 있어, 면적, 경사, 특성 간의 관계 등을 table이나 report의 형태로 저장한다.

Vector data의 표현형식은 사상학적인 data구조의 제공이나 압축되어지는 data의 구조와 지도적 정보를 구성하는 각요소의 위치적 관계를 표시하는 Topology의 network 연결로 설명할 수 있다. vector data는 도형과 비도형 data의 수정 및 일반화가 가능한 장점이 있는 반면에, 복잡한 data의 구조, 고도 기술의 필요성, data의 출력에 비용이 드는 단점이 있다.

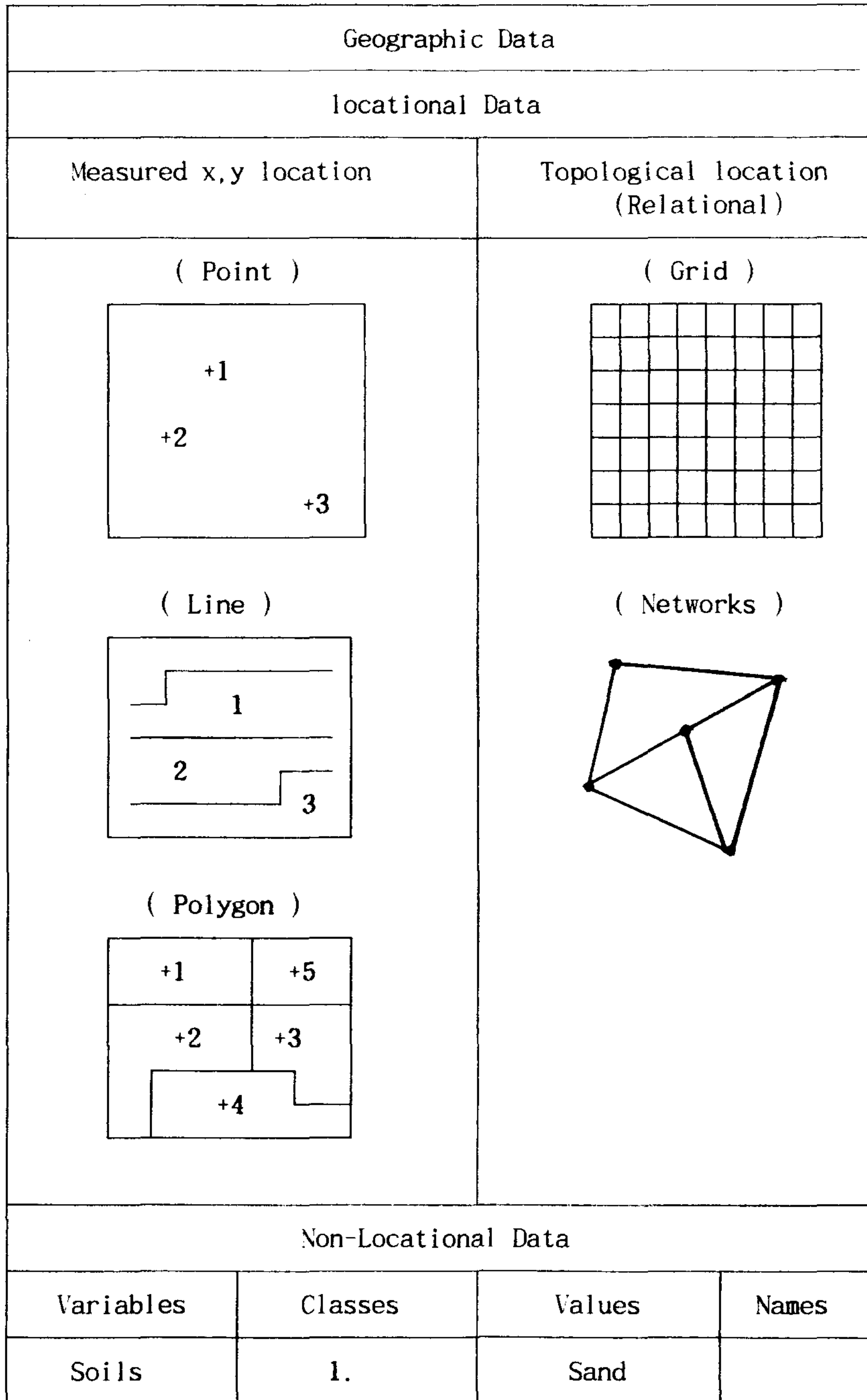


Fig. 17. Three conceptual components of a Geographic Based Information System.

7.3 주제도 작성

지도는 “지표의 지리적 사상을 일정의 약속에 따라서 표시한 것” 이라고 학술적으로 정의하고 있으나, 현재는 3차원에도 대응할 수 있게끔 “일정의 좌표계에서 표현되어진 도형 및 그것에 부속하는 정보 혹은 상호관계를 표현하는 것”이라 정의하고 있다. 그러나 최근에는 computer 기술 특히 computer graphics와 CAD(Computer Aided Design) 기술의 진보와 관련기기의 저가격화에 수치 지도에 대한 보급과 활용이 급속히 확산되고 있는데, 수치지도 (Digital Mapping)는 사진측량에 의해 지형, 지물 등에 관련된 지도정보를 digital 형식으로 측정하여, computer에 의해 체계적으로 정리된 기초적인 수치지도 정보를 말한다.

수치지도 data는 vector형 data와 raster형 data가 있는데, vector형 data은, raster형 data에 비해서 공간분석은 용이하지 않지만, 정확한 위치의 표현과 확인되어진 정보의 특성을 취급하기 때문에, 국가 기본도와 같은 지형도 제작에 있어서는 vector형 data을 주로 사용하고 있다. 본 연구에서 작성한 수치 지도는 vector형 data와 raster형 data로 구분할 수 있다.

즉 지형도는 여러layer중에서 본연구에 필요한 3차원화상 및 경사분포도를 작성하기위해 등고선 layer만을 사용하였는데, 등고선 원판을 scanner에 의해 입력한 raster형 data를 vector화 하였으며, 지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도와 같이 기존도가 있는것은 digitizer에 의해 vector형 data로 만들었다.

1) 지 형 도

vector data을 취득하는 방식에는 scanner에 의한 자동취득과 digitizer에 의한 수동취득이 있다. 대부분의 도면이나 상대적인 좌표를 요구하는 경우에는 자동취득을, 정확한 좌표의 취득과 정보를 추출할 시에는 수동방식을 선택하고 있지

만, 최근에는 신속하고 인위적인 오차를 감할 수 있는 scanner에 의한 자동취득 방식을 선택하고 있는데, 본 연구에서도 Fig. 18에 표시한 것처럼 지형도의 여러 layer중에서 등고선 layer만을 사용하였는데, 등고선 원판을 scanner에 의해 입력하여 raster형 data를 만든 후, 이를 vector화 하였다.

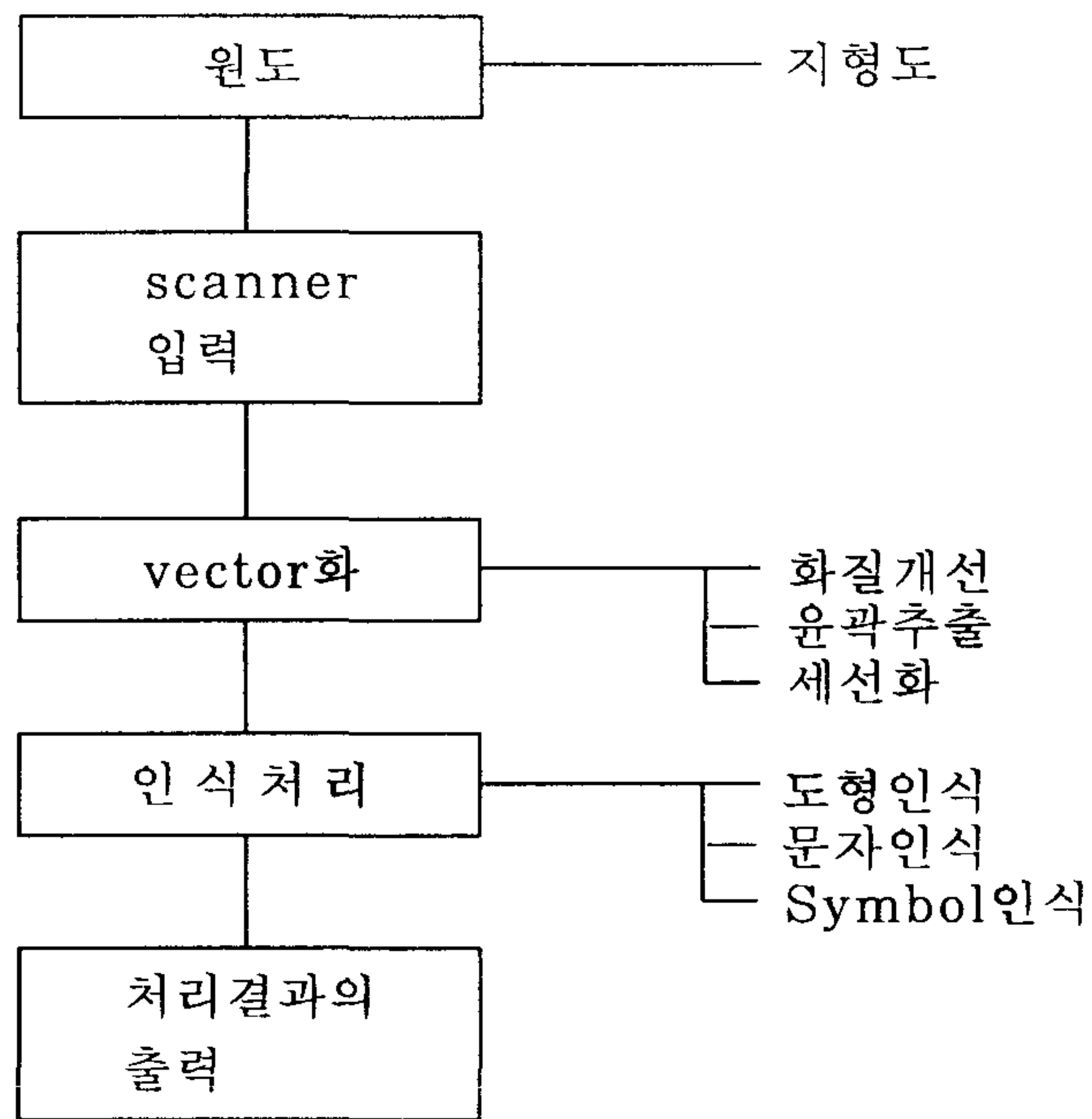


Fig. 18. Flow chart of the acquisition of vector data using scanner.

scanner에서 일괄 취득되어진 raster data는 계산처리에 의해 다음과 같이 세션화, segment 및 chain code 작업을 하여 vector화를 시킨다.

vector화 작업은 Raster 화상을 직선, 원, 사각원 등의 속성 정보를 갖는 성분으로 표현하는 것을 말하며 주로 시작점과 끝점등의 방향 성분을 갖는 직선으로 표시된다.

본 연구에서는 vector화 하기 위해 다음과 같이 3단계 작업을 행하였다.

- 1) 화상의 세선화
- 2) 세선화한 화상을 chain code로 변환하여 저장
- 3) chain code 정보를 이용하여 수치화할 수 있는 성분으로 vector화한다.

vector화한 후 직선으로 표현된 곡면을 호나 원으로 나타내는 작업을 추가적으로 실행하므로 데이터양을 줄일 수 있다.

Fig. 19 (A)는 scannig data이며 (B)는 세선화한 결과이다. 끊어진 선을 하나의 Segment단위로 chain code화한 후 이 정보를 이용하여 vector화를 실행하였다. chain code의 특성상 각각의 값들이 단위 vector 역할을 하므로 한선의 시작 방향 성분을 2 또는 3개의 단위 vector의 평균값으로 설정하고 이값을 기준으로 추가된 i번째의 평균vector와 단위vector의 차가 설정된 임계치 대신일 때 까지를 하나의 직선으로 표현된다.

한 segment내에 직선의 수를 줄이기 위해 고정 임계치 대신 가변 임계치를 이용하여 vector화를 수행하여 vector결과 보완작업을 통해 vector 데이터양을 줄이면서 보다 정확한 표현을 구현할 수 있다.

Fig. 20은 연구 대상지역의 지형도를 scanning한 자료를 상기의 방법과 식을 사용하여 vector화한 것이다.

2) 지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도

지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도와 같이 통계적 분석을 위한 주제도는 scanning에 의해 vector data를 얻는것 보다 digitizer를 이용하여 좌표치를 득취하여 vector data를 취득하는 방법을 사용하였는데, 수순을 크게 requirements analysis, preprocessing, digitizing, editing 등으로 나눌 수 있다.

Feasibility and requirements analysis는 digital mapping의 성과의 형태 등에 관한 것을 검토하여 작업방법 등의 계획, 계획에 기초로 한 기술자의 수배, 사용기재, 작업환경, 지도정보의 level, data의 layer, data 항목, 좌표계, 관리data, 속성정보 등의 준비를 의미하며, 이러한 준비가 끝난 후, digitizer에 의해 data를 입력하기 전에 전처리를 행한다.

또한 digitizer에 의한 digitizing 작업은 먼저 raw digital file를 작성하기 위하여 source document, digitizing, transfer로 크게 3단계로 구분할 수 있는데, digitizing하기 전에 좌표변환의 기준이 되는 도곽의 사우 및 GCP (Ground Control Point)의 좌표치를 취득하여, 각각에 대응하는 분류번호를 부여하여 지물의 좌표치를 취득한다.

입력자료의 선형화는 등고수치나 Noise 로 인해 끊어져 있는 등고선을 연결하는 Linering 부분과 몇개의 Line 또는 Line string으로 나누어져 있는 등고선을 하나의 Polygon 으로 연결하는 polygonizing 부분으로 이루어져 있다.

Linearing routine은 불연속점에 존재하는 영역을 정의하는 range establish, 서로 연결되어야 할 좌표를 정렬시키는 point establish, 그리고 실제 연결하는 edge matching 의 세부분으로 나누어져 구성되어 있다.

본 연구에서 상기의 자료를 위해 수행한 Polygonizing routine은 임의의 Vertex를 가지는 Line, Line string을 Line string의 최대점을 갖는 Element로 변환하는 optimise line string, 몇개의 element 로 구성된 등고선을 재 구성하는 construct polygon 및 재저장 routine 인 write polygon으로 구성된다.

이와같은 방법으로 작성된 지질도, 지화학도, 항공물리탐사도를 Fig. 21, Fig. 22, Fig. 23에 표시하였다.

(A)



(B)

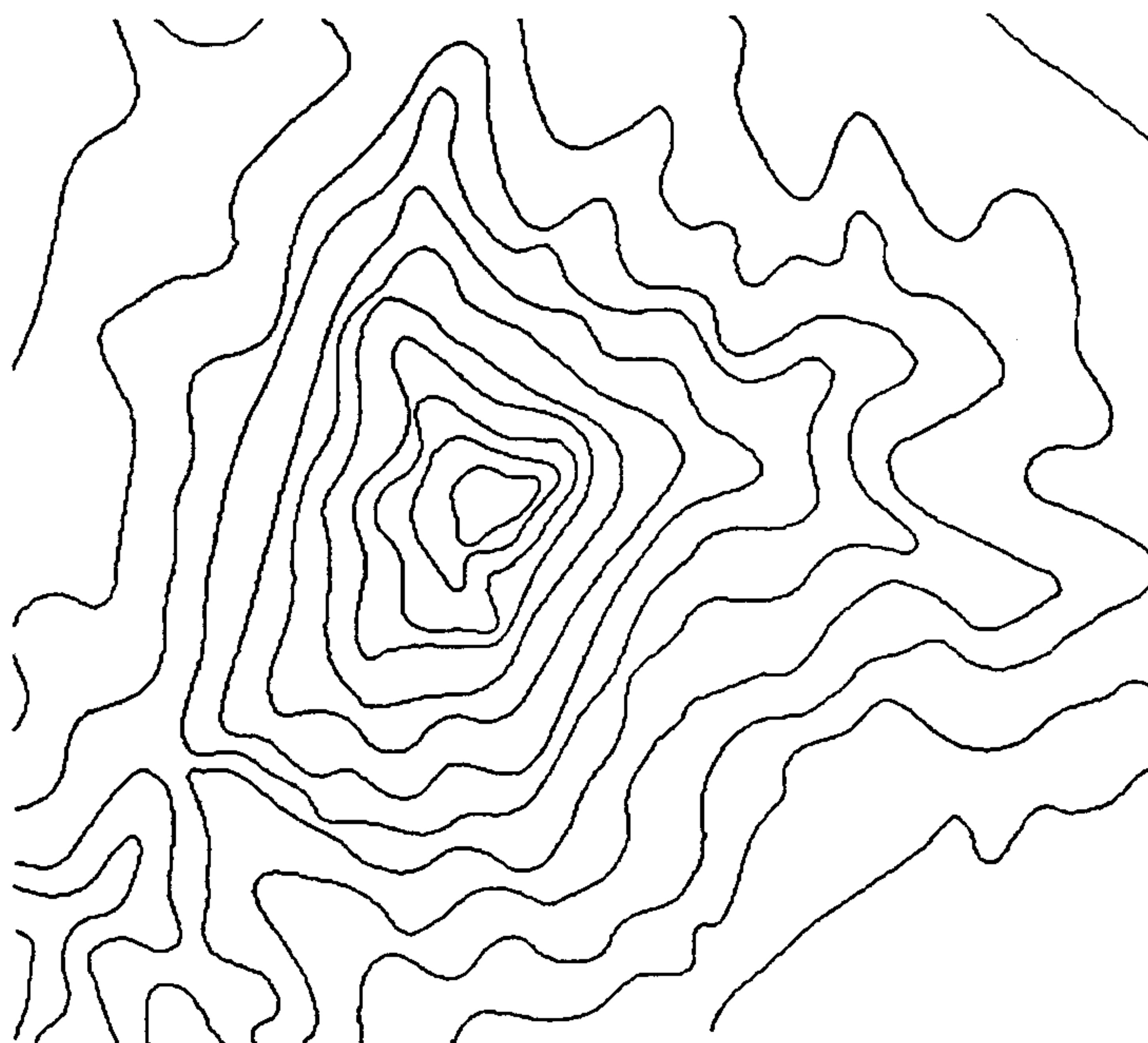


Fig. 19. Scanning contour data.

(A) Scanned line

(B) edited line

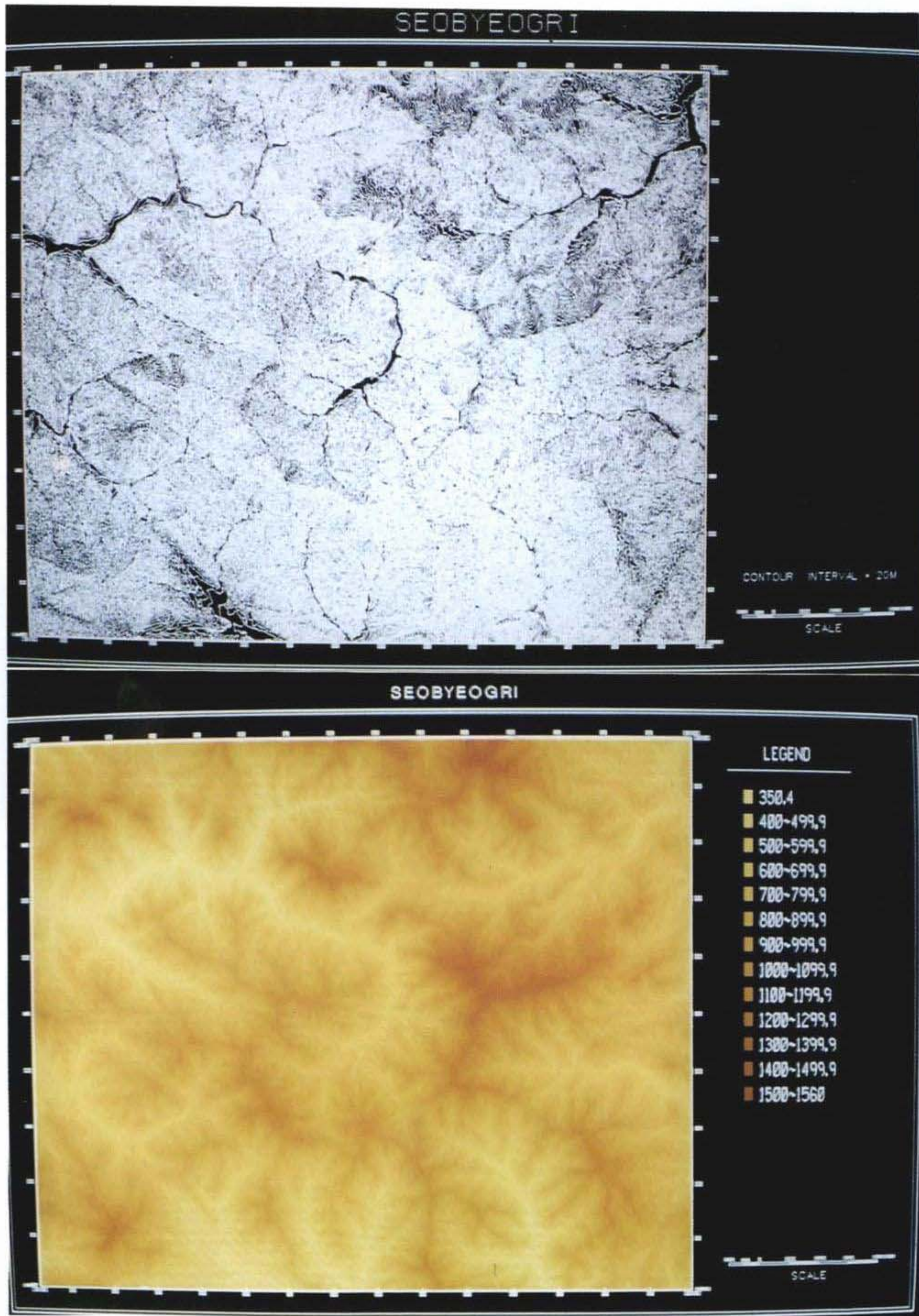


Fig. 20. Contour map for the study area.
 (A) Vector type (B) Raster type

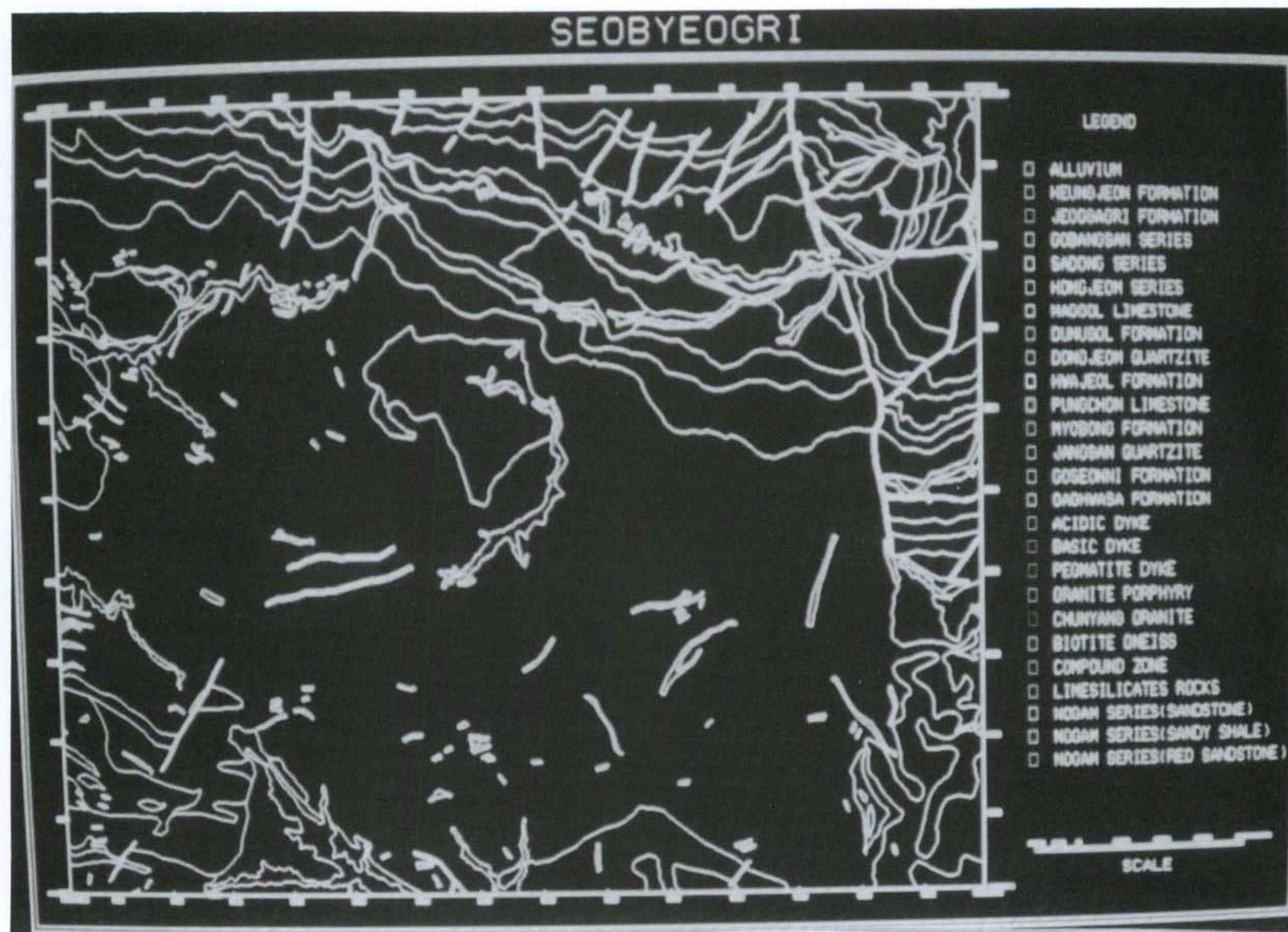


Fig. 21. Vector Geologic map.

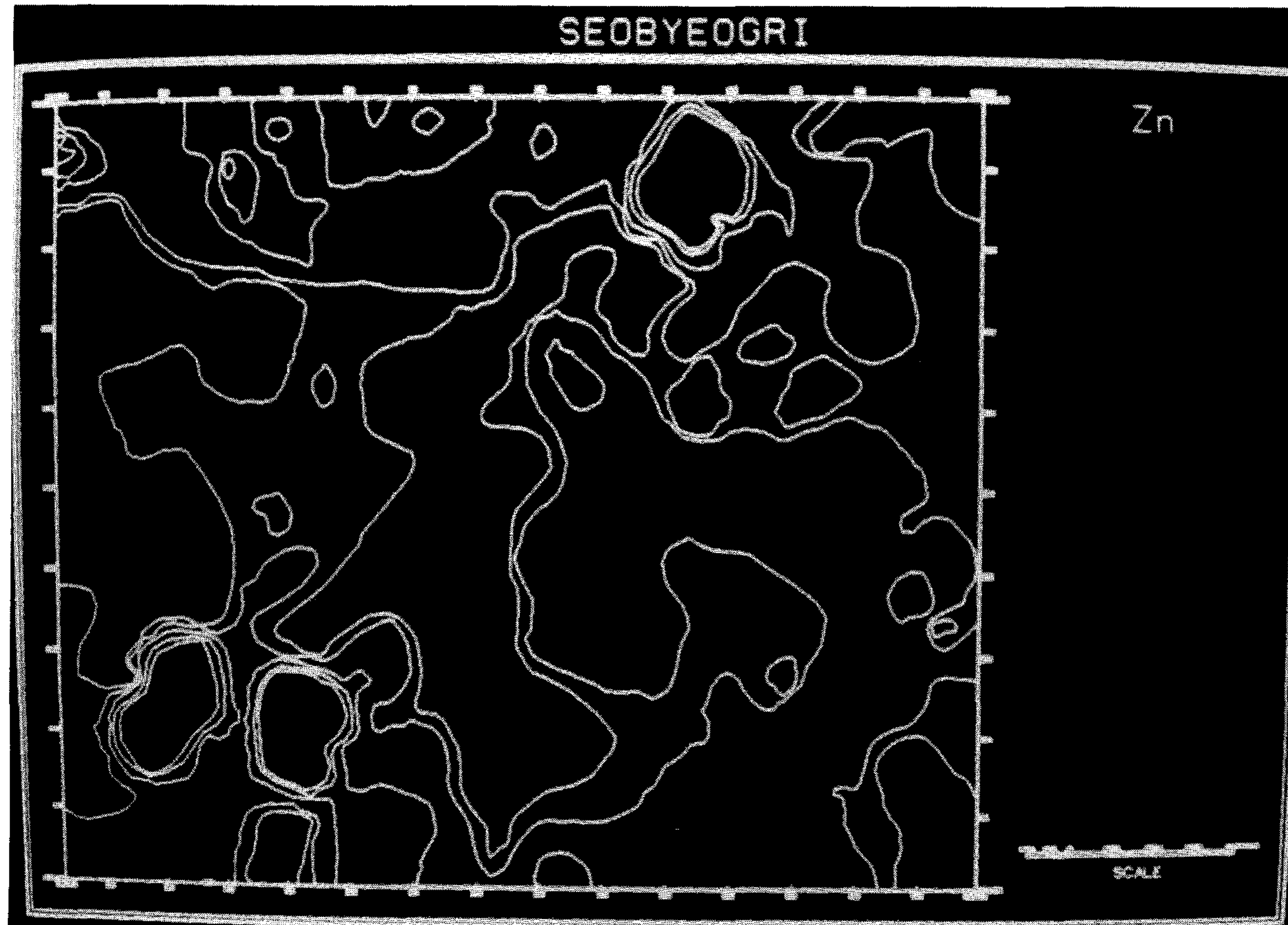


Fig. 22. Vector Geochemical map (Zn).

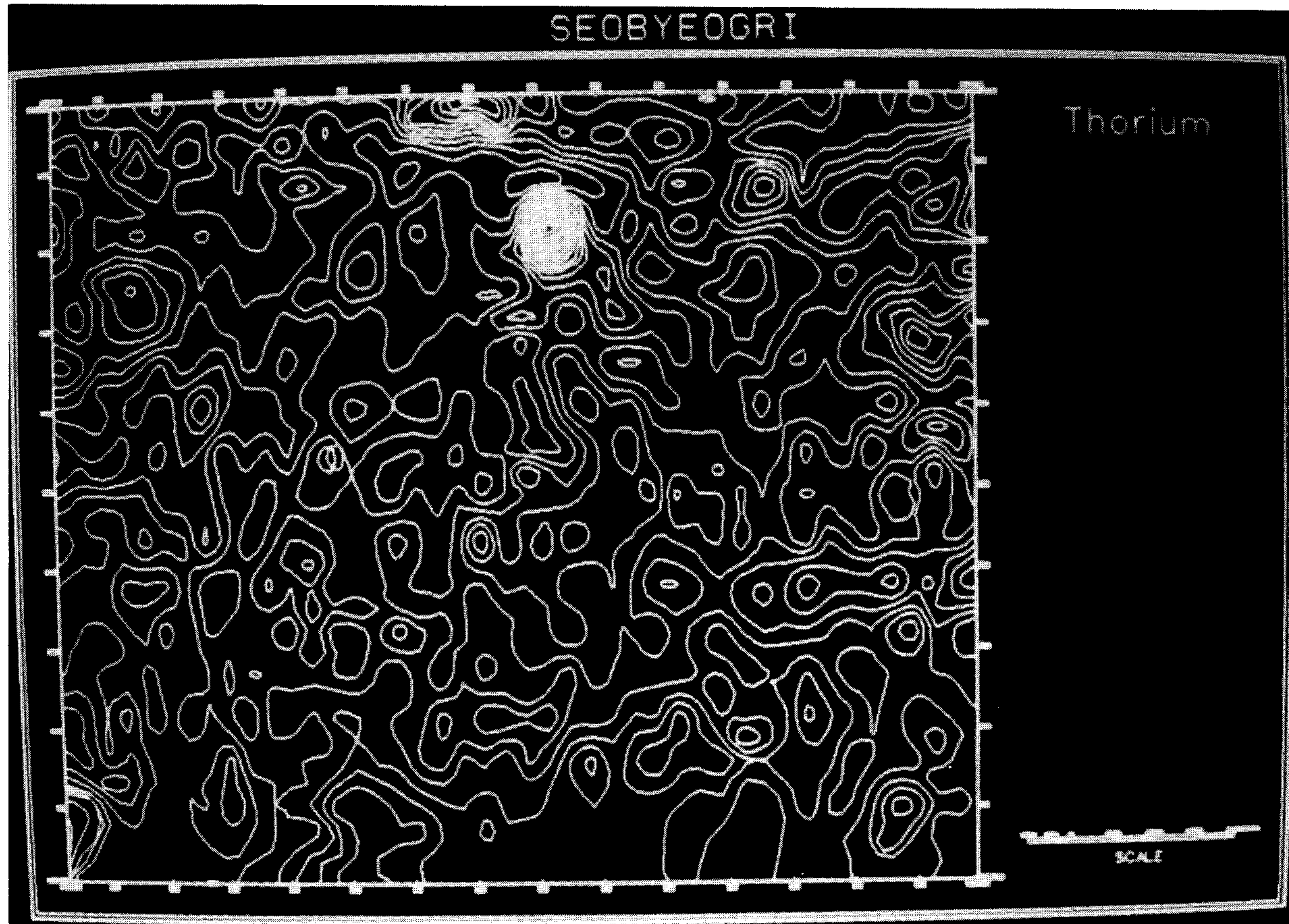


Fig. 23. Vector Geophysical map (Thorium).

3) 3차원 화상

수치 지형 모델 작성에는 정규격자 (regular grid) 형으로 수집되거나 정리된 고도자료를 활용하는 방법과 불규칙하게 획득된 고도자료를 불규칙 삼각망 (Irregular triangulation)을 사용하는 방법이 있는데, 본 연구에서는 불규칙 삼각망(Triangular Irregular Network : TIN)을 이용하여 3차원 지형 모델링을 구축하였다.

TIN은 매측정된 데이터 Point 를 직접 사용될수 있다는 장점이 있는 것으로, 즉 평면 좌표는 각각의 Vertices 간에 삼각망이 구성되므로 상호간의 연관성을 부여할 수가 있게되며 추가의 점에 대해서는 고도값을 보간하므로써 얻게되는 것으로서, 이 방법을 사용할 경우 격자망과는 달리 Break-Line 또는 Fault line 등을 직접처리 할수 있다.

삼각망의 구성 방법에는 여러 형태의 방법을 고려할 수 있으나 일반적으로 다음과 같이 2가지 형태의 기본적인 알고리즘을 주로 사용하고 있는데, 본 연구에서는 Thiessen 다각형과 밀접한 연관을 지니고 있는 Delaunay 삼각망을 사용하여 Fig. 24와 Fig. 25에 표시된 것처럼 LANDSAT TM자료와 지질도를 3차원 화상으로 작성하였다.

Fig. 24의 LANDSAT 3차원 화상은 전체적으로 지형의 분석, lineament 및 지질구조의 해석에 유효하며, Fig. 25의 지질도 3차원 화상은 지질분포와 지형의 관계를 해석하는데 유효하다. Fig. 25에 나타난것처럼 본 연구지역의 북동부의 대단층에 의해 지층이 offset되어 지형, 지질 및 단층선의 관계를 명확히 분석할 수 있다.

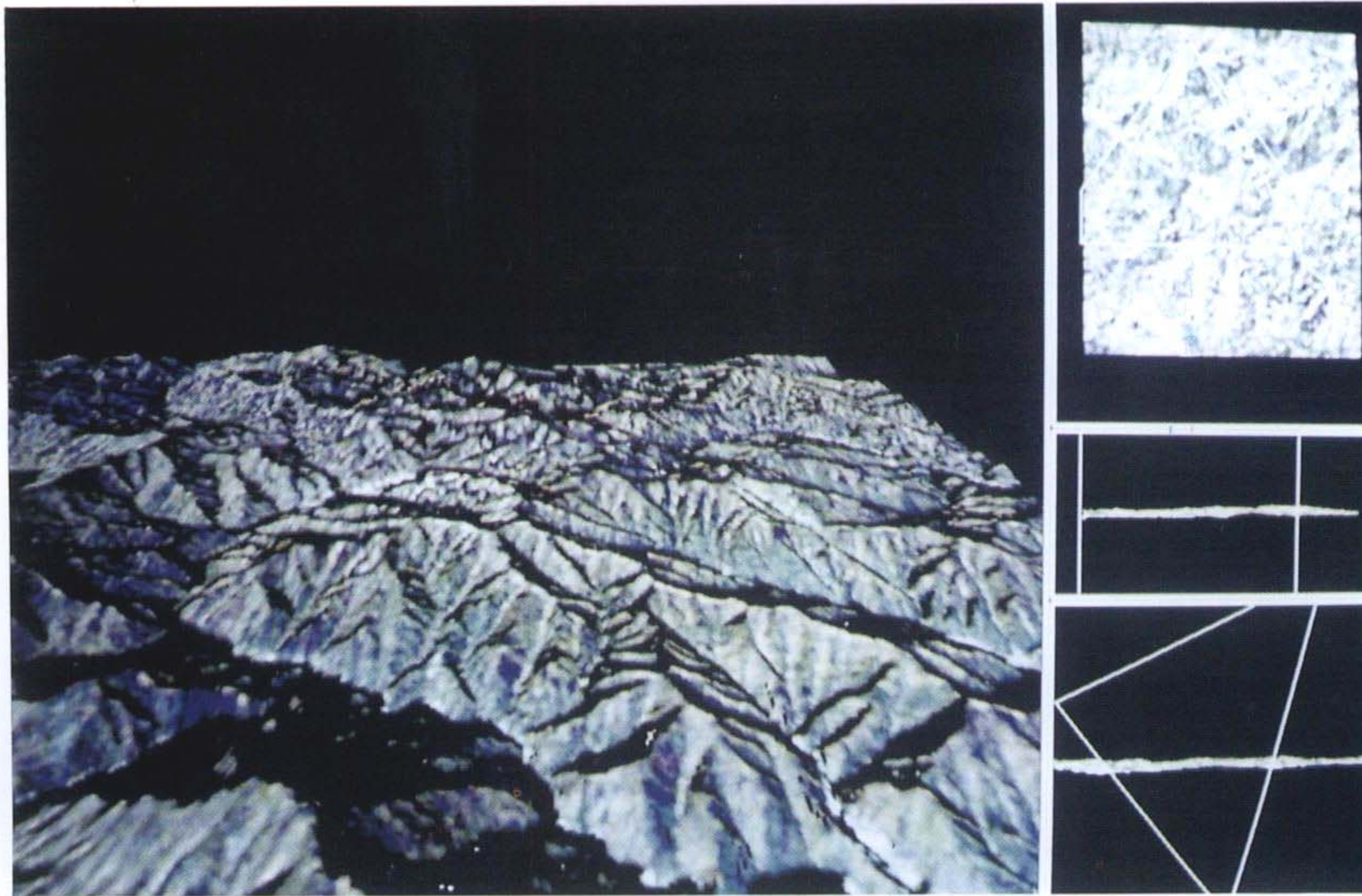


Fig. 24. Three Dimensional image of Landsat TM data.



Fig. 25. Three Dimensional image of geologic map.

제 8 장 Potentiality Map 작성

원격탐사 자료중 LANDSAT TM의 band 5를 사용하여 본 연구지역의 지형에 적합한 lineament 추출기법을 개발하여 lineament와 기존의 광산과의 관계를 분석한 결과, 연구지역에 분포하고 있는 순경, 금정, 금당령, 응봉, 상동, 거도및 각히 등 7개의 광산들이 lineament상에 위치하고 있음이 판명되었으며 이러한 사실은 광상의 생성원인과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

광물자원 부존 가능지역을 추출하기 위해 상기의 주제도중 공간자료로서 주로 지질도와 지화학도를 사용하였으며, 속성자료로 Fig. 26의 Raster 지질도중 고선리층, pegmatite dyke, 화강반암, 묘봉층, 풍촌화강암, 화절층 및 춘양화강암의 순으로 가중치를 10-6을 주었으며, 지화학도중 Cu, Pb, Zn, Mo, W, Ag, Sb, Sn에 대한 원소 주제도를 Fig. 27과 같이 Raster data로 변환하여 각 원소에 가중치를 각각 5를 주어 중첩한 결과를 Fig. 28에 표시하였다.

Fig. 28의 potentiality map을 분석한 결과, 금정, 각히, 응봉광산과 같은 vein type은 map index value가 15-17의 범위에 속해 기존의 광산들과 일치하고 있으나, 상동, 거도같은 skarn type의 광산과는 일치하고 있지 않는데 상동광산의 map index value는 27-29이며 거도광산은 18-20이다. 그러나 같은 vein type의 순경광산의 map index value는 30-32로 상당히 높은치를 나타내고 있다.

대체로 vein type이 potentiality map에서 기존의 광산과 일치되는 것은 lineament의 분석과 일치됨을 알 수 있다.

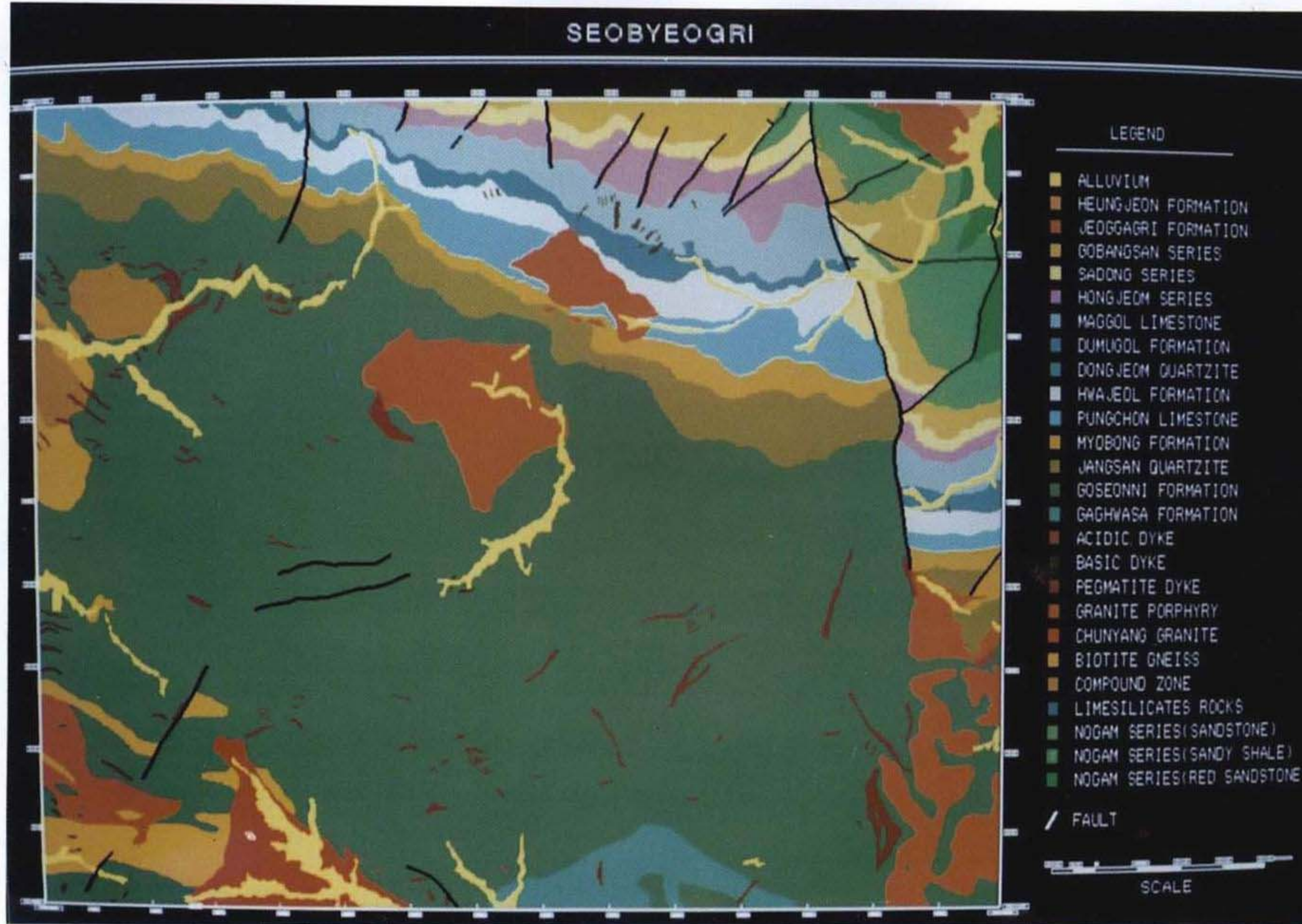


Fig. 26. Raster geologic map.

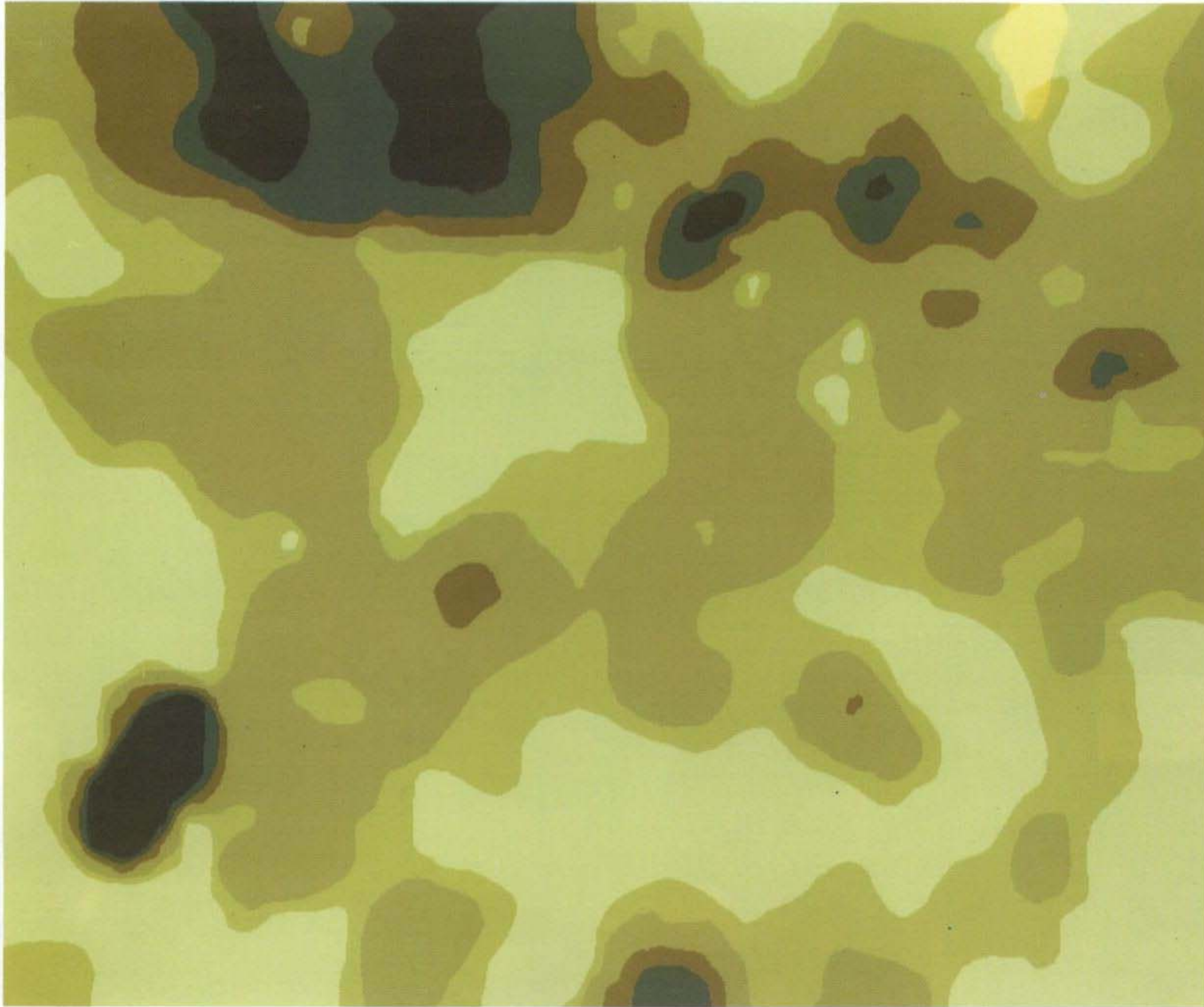


Fig. 27. Raster Geochemistry map (Cu).

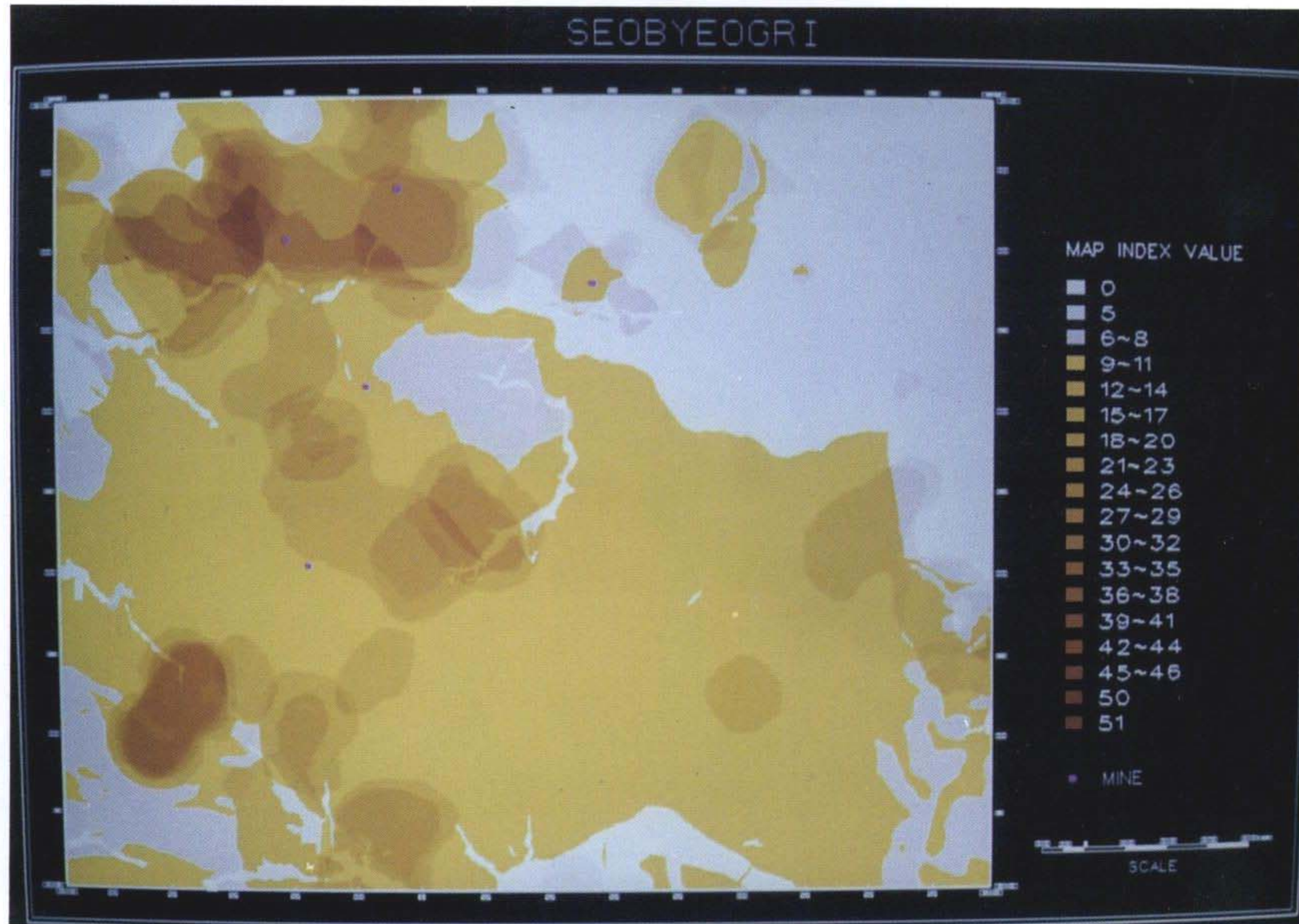


Fig. 28. Potentialty map.

제 9 장 결론 및 문제점

그동안 국내에서 수행되어온 자원탐사는 천부의 탐사에 국한되어 왔고, 광화대 조사를 위해 지질조사, 지화학 탐사, 항공물리탐사 등의 여러 방법에 의해 수행되어온 자료가 체계적으로 종합, 분석되어오지 않은 문제점이 있어 최근 새롭게 개발된 GIS기술을 이용하여 기존에 조사된 광물자원 관련자료를 통계적 평가 방법에 의해 분석하여 광물부존 가능 지역을 추출하고자 하였다.

사용된 주제도는 지질도와 LANDSAT 위성 자료의 3차원 화상을 작성하기 위한 지형도, 광상과 지질과의 관계해석을 위한 지질도, 주요 광물자원의 13개 지시 원소에 대한 지화학적 분석 방법에 의해 광화대 지역을 추출하는 지화학도 및 광역 항공물리탐사도 등 22개의 주제도이다.

통계적 분석에 사용된 주제도중 등고선 layer만을 사용하여 scanner에 의해 입력한 raster형 data를 vector화 하였으며, 지질도, 지화학도 및 항공물리탐사도와 같이 기존도가 있는것은 digitizer에 의해 vector형 data로 만들었다. 또한 작성된 주제도를 중첩하여 통계 분석하기 위하여 다시 grid data로 변환하였는데, grid size는 LANDSAT TM data와 같은 30m로 하였다.

광물자원 부존 가능지역을 추출하기 위해 상기의 주제도중 공간자료로서 주로 지질도와 지화학도를 사용하였으며, 속성자료로 지질도중 고선리층, pegmatite dyke, 화강반암, 묘봉층, 풍촌화강암, 화질층 및 춘양화강암의 순으로, 지화학도는 전부 같은 가중치를 주었으며 사용된 원소 주제도는 Cu, Pb, Zn, Mo, W, Ag, Sb, Sn 이다.

1. 본 연구에서는 LANDSAT TM의 band 5 data를 spatial filtering기법

을 이용하여 본 연구지역의 지형에 적합한 lineament 추출기법을 개발하여 lineament와 기존의 광산과의 관계를 분석한 결과, 연구지역에 분포하고 있는 순경, 금정, 금당령, 응봉, 상동, 거도및 각히 등 7개의 광산들이 lineament상에 위치하고 있음이 판명되었으며 이러한 사실은 광상의 생성원인과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

2. 3차원 지질도를 작성하므로써 지형,지질 및 구조선의 관계를 명확히 분석할 수 있는 기법을 개발하였다.

3. 지질, 지화학탐사, 항공물리탐사 등의 자료의 통계적 평가 방법에 의해 이를 분석하여 광물부존 potentiality가 높은 지역을 추출하여 potentiality map을 작성한 결과, 금정, 각히, 응봉광산과 같은 vein type은 map index value가 15-17의 범위에 속해 기존의 광산들과 일치하고 있으나, 상동, 거도같은 skarn type의 광산과는 일치하고 있지 않다.

이를 위하여 새로운 통계분석 방법의 개발이나 전처리가 필요할 것으로 사료되며, 이러한 방법을 이용하므로써 광물자원 탐사에 대한 새로운 이론의 개발과 인력, 시간, 비용의 경제적 효과를 얻을 수 있을것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 태백산지구 지하자원 조사단, 1962 : 태백산지구 지질도, 대한지질학회
2. 李東雨, 金相旭, 1965 : 한국지질도, 서벽리도폭(1:50,000), 국립지질조사소.
3. 이진수, 윤현수, 진명식, 김성재, 이지영, 1983:한국지화학도, 서벽리 도폭 (1:50,000), 한국동력자원연구소.
4. 구자학, 박영수, 이희일, 서상용, 1983 : 항공방사능 및 자력도, 태백 (1:50,000), 한국동력자원연구소.
5. 김유동, 오민수 외 9명, 1992 : 太白山 多重金屬鑛床探查研究, 한국자원연구소 KR-92-1C-1, 110p.
6. 智 光薰, 1989 : Geographic Information System 技術에 의한 Thematic Map 作成 研究(Ⅰ), 科學技術處 KR-89-(B)-9, 65 p.
7. 智 光薰, 1990 : Geographic Information System 技術에 의한 Thematic Map 作成 研究(Ⅱ), 科學技術處 KR-90-(B)-9, 81 p.
8. 智 光薰, 1990 : 遠隔探查試驗研究(Ⅲ), 農漁村振興公社 90-06-16, 125 p.
9. 智 光薰, 1991 : 遠隔探查試驗研究(Ⅳ), 農漁村振興公社 91-05-21, 95 p.
10. 智 光薰, 1992 : 地下水 賦存 可能地域의 抽出을 위한 LANDSAT TM 資料 와 GIS의 統合(Ⅰ), 大韓遠隔探查學會誌, 7卷, 1號, 29-43 p.
11. 智 光薰, 1992 : 地下水 賦存 可能地域의 抽出을 위한 LANDSAT TM 資料 와 GIS의 統合(Ⅱ), 大韓遠隔探查學會誌, 8卷, 1號, 45-58 P.
12. 智 光薰, 徐 在榮, 1992 : IBM PC VGA用 畫像處理 소프트웨어 (IMAPRO), 大韓遠隔探查學會誌, 8卷, 1號, 59-69 P.

13. 한국 소프트웨어 개발 연구조합, 1992 : 3차원 DTM용 software 개발(Ⅲ), 과학기술처, 219 p.
14. 智 光薰, 徐 在榮, 1993 : GIS에 의한 Dispatch Management System 構築 技法 研究, 三星産業, 30 P.
15. 智 光薰, 土屋 清, 1993 : 岩盤地下水の存在可能域の抽出のためのリモートセンシングデータ処理法に関する研究, 地學雜誌, 102 卷, 5號, p. 537-548.
16. 智 光薰, 徐 在榮, 1994 : 地圖情報 管理 시스템 開發 研究, 三星産業, 52 P.
17. Marble, D. F., H. W. Calkins and D. J. Peuquet,
1984 : Geographic Information Systems, SPAD Systems,
p. 1-1 to 6-44.
18. Burrough, P. A., 1986 : Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment, Clarendon Press Oxford.
19. Tomlin, C. D., 1990 : Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Prentice Hall, Inc., 249 p.
20. Star, J. and J. Estes, 1990 : Geographic Information System, Prentice Hall, 303 p.