

지리정보체계에 기초한 광물자원평가에서 모호론리법과 기하평균법의 적용

김연호, 최광우, 리승혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《전망탐사부문에서는 아직 개발되지 않은 지대에 대한 탐사에 힘을 넣어 새 개발후 보지를 더 많이 찾아내며 탐사지역에 있는 모든 지하자원을 종합적으로 탐사하여 합리적으로 개발하기 위한 옳은 대책을 세워야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 501페이지)

지리정보체계에 기초한 광물자원의 전망성평가에서는 여러개의 지질공간징후들을 하나의 평가모형으로 결합하는데 많은 방법들이 리용되고있다.[1, 3-5]

론문에서는 모호론리법과 기하평균법을 적용하여 어느 한 지역의 광물자원전망성을 평가하고 그 결과를 비교하였다.

1. 공간징후선택

연구지역에서는 신시생대 랑림층군의 화강편마암과 련화산암군 화강암, 고원생대의 마천령군층 암석들과 리원암군의 화강암들이 기반구조층을 이루고있으며 중원생대 장봉주층과 중생대 련무주층과 장파주층, 제4기 쇄설암과 보천층 분출암들이 상부구조층을 이루고있다.

연구지역에서 함광층은 고원생대층이다. 연구지역에 분포된 광상은 렬하층진교대형 동류화물광상이다.[2]

연구지역에서의 광화작용은 중생대 관입작용과 관련된 열수용액이 광화작용이전단계에 형성된 단층을 통로로 하여 이동하다가 단층내부와 단층교차부, 광화단계에 생기는 렬하들에서 진행되였다. 그러므로 광체분포는 단층 및 단층교차부, 고원생대지층의 편암과 고회암의 경계 등과 밀접한 공간적련관을 가진다.

광상의 주광종원소는 동이며 부광물에서 연, 아연원소의 함량도 높다.

연구지역 동류화물광상에 대한 전망성을 평가하기 위하여 5개의 공간징후들(단층, 항공자력탐사자료, 동, 연, 아연원소함량측정자료)을 선택하였다.

공간징후들을 선택한데 기초하여 먼저 지질도에서 북동, 북서방향의 단층들을 비롯한 여러개의 단층들을 추출하였다. 그리고 단층에 대한 유클리드거리지도를 작성한 다음 역거리지도로 변환하였다.

다음으로 축척 1 : 200 000 항공자력탐사자료에서 심부에 놓인 화강암을 반영하는 자기이상자료를 추출하였다. 자기이상의 위치를 정확히 반영할수 있도록 항공자력탐사자료에 대한 극환산을 진행하였다. 이때 N 41°, E 128°에서 북각과 편각을 각각 56.8°, -8.3°로 설정하였다. 다음 1 000m 우로해석연장하여 심부에 놓인 화강암과 렬관된 대역이상을 강조하고 국부이상을 억제하였다. 그리고 세포크기 30m×30m, 최소곡률법을 리용하여 자기이상

자료를 보간하였다.

다음으로 금속함량측정자료에서 광화작용과 관련된 3개의 원소들(동, 연, 아연)을 선택하여 동류화물광상과 련관된 3개의 지구화학징후도들을 작성하였다. 그리고 세포크기 30m×30m, 역거리법을 리용하여 지구화학원소함량자료를 보간하였다.

2. 모호론리법과 기하평균법의 적용

1) 모호론리법

3개의 지구화학징후도와 단층징후도를 무게화하기 위하여 다음과 같은 모호성원함수를 리용하였다.

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + e^{-s(x-i)}}$$

여기서 i 와 s 는 각각 모호성원함수의 변화특성을 결정하는 파라메터, x 는 공간징후값이다.

우의 식에서 2개의 파라메터들을 조절하여 서로 다른 값범위의 자료들을 0~1사이의 값으로 변환하였다.

자기이상징후도를 무게화하는데 다음과 같은 모호가우스함수를 리용하였다.

$$\mu(x) = e^{-f_1 \cdot (x-f_2)^2}$$

여기서 f_1 과 f_2 는 모호가우스함수곡선의 경사도를 비롯한 특성을 규정하는 파라메터들이다.

론문에서는 자기이상징후도의 특성을 고찰한데 기초하여 이 파라메터값을 각각 30, 0.001로 설정하였다.

무게화된 공간징후도들을 결합하기 위하여 모호적연산과 모호감마연산을 적용하였다.[3]

먼저 동, 연, 아연지구화학징후도를 모호적연산을 적용하여 중간지도를 얻었다. 다음 모호감마연산을 적용하여 중간지도와 자기이상징후도, 단층징후도를 결합하였다. 모호감마연산을 적용할 때 감마값은 0.85로 설정하였다.

2) 기하평균법

기하평균법은 정수값들에만 적용할수 있는데 앞단계의 모호론리모형화에서 이미 5개의 공간징후도들을 0~1사이의 값으로 무게화하였으므로 기하평균법을 그대로 적용할수 있다. 무게화된 징후들에 대한 기하평균함수는 다음과 같이 표시할수 있다.

$$G_A(F_1, F_2, F_3, F_4, F_5) = \left(\prod_{i=1}^5 F_i \right)^{1/5} = \sqrt[5]{F_1 F_2 F_3 F_4 F_5}$$

여기서 F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 는 각각 모호론리모형화에서 해당하는 모호성원함수를 리용하여 계산한 단층, 자기이상, 동, 연, 아연원소지구화학징후들에 대한 모호성원함수값이다.

3) 연구결과비교

모호론리법과 기하평균법을 적용하여 얻은 연구지역의 광물자원평가를 위한 전망성 지도는 그림 1과 같다.

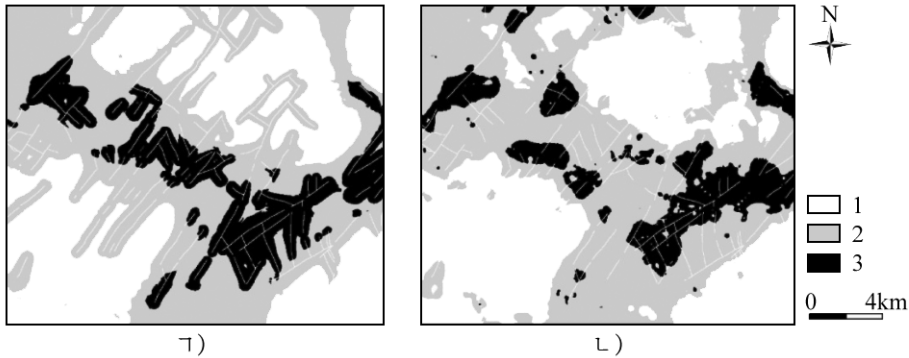


그림 1. 광물자원평가를 위한 전망성지도
 ㉠) 모호론리법 ㉡) 기하평균법; 1-전망성이 전혀 없는 구역,
 2-전망성이 있는 구역, 3-전망성이 높은 구역

그림 1에서 보는바와 같이 모호론리법을 적용한 결과 전망성이 높은 구역은 연구지역 전체 면적의 15%를 차지하며 전체 알려진 광물로두점들의 약 78%가 포함되어있다. 또한 기하평균법을 적용한 결과 전망성이 높은 구역은 연구지역 전체 면적의 13%를 차지하지만 전체 알려진 광물로두점들의 약 93%가 포함되어있다. 이로부터 모호론리법과 기하평균법은 지리정보체계에 기초한 광물자원평가에서 효과적이라는것을 알수 있다.

ROC(Receiver operating characteristics)곡선법[3]을 적용하여 광물자원평가에 리용된 두가지 방법의 결과를 비교하였다.

ROC곡선법에서는 이미 알려진 광상들의 위치와 얻어진 광물자원전망구역사이의 공간관계에 기초하여 곡선을 작도하고 그 곡선아래의 면적(AUC)을 계산한다. 그러므로 연구지역에서는 이미 알려진 14개의 광물로두점과 동류화물광상과 성인적으로 연계되지 않는 구역에서 우연적으로 선택한 32개의 점, 동류화물광상과 성인형이 다른 13개의 광물로두점을 리용하여 ROC곡선을 작도하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 모호론리법과 기하평균법에 의하여 얻어진 AUC값은 각각 0.9, 0.93으로서 우연적으로 얻어진 값인 0.5보다 크므로 두가지 방법은 지리정보체계에 기초한 광물자원평가에서 효과적이며 특히 기하평균법이 연구지역에 대한 광물자원전망성평가에서 더 우월하다는것을 알수 있다.

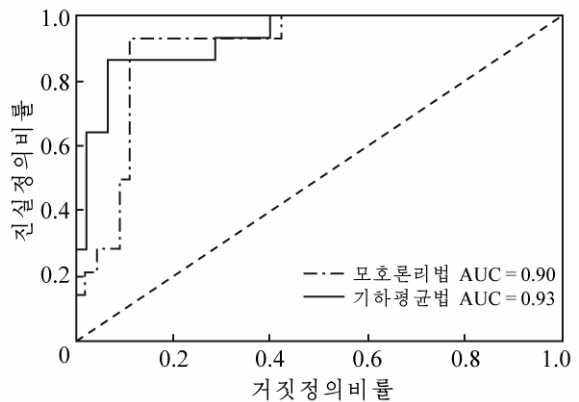


그림 2. ROC곡선

맺 는 말

1) 모호론리법과 기하평균법은 동류화물광상에 대한 광물자원의 전망성을 평가하는데 효과적인 방법들이다.

2) 두 방법을 적용하여 얻은 결과를 ROC곡선법에 의하여 비교한데 의하면 기하평균법이 연구지역에 대한 광물자원의 전망성을 평가하는데서 모호론리법보다 더 우월하다.

참 고 문 헌

- [1] 한창익 등; 지질 및 지리과학, 3, 14, 주체106(2017).
- [2] 최병숙 등; 조선지질총서 6, 공업출판사, 291~305, 주체100(2011).
- [3] Nykänen et al.; Ore Geology Reviews, 71, 853, 2015.
- [4] M. Yousefi et al.; Computers & Geosciences, 83, 72, 2015.
- [5] Y. Gao et al.; Ore Geology Reviews, 75, 16, 2016.

주체108(2019)년 4월 5일 원고접수

Application of Fuzzy Logic Approaches and Geometric Average for GIS-based Mineral Resources Assessment

Kim Yon Ho, Choe Kwang U and Ri Sung Hyok

In this paper we integrate 5 fuzzified thematic maps, namely Cu, Zn, Pb evidential map, faults pattern map and aeromagnetic map, using two methods: fuzzy logic and geometric average, and compare the result and conclude that geometric average method outperforms fuzzy logic.

Key words: geometric average, fuzzy logic, mineral potential mapping