

# 징후무계법을 리용한 위성화상정보중첩분석에 대한 연구

고 남 혁

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)

위성화상에는 토양 및 식물의 분포, 수산자원과 산림자원, 기상조건 등과 같은 지구환경조건을 평가하고 화산 및 지진작용, 지질구성해명과 지하자원탐사에 리용할수 있는 많은 정보들이 포함되어있다.[1] 이로부터 정보지질학분야에서는 위성화상정보에 대한 분류해석을 진행하여 얻은 지질공간정보들을 비롯한 여러가지 지질정보들을 종합분석하여 광상에 축의 믿음성을 더 높이기 위한 연구[2-4]가 널리 진행되고있다. 지리정보체계(GIS)가 출현하고 그 공간분석기능이 강화됨에 따라 컴퓨터에 의한 광상예측은 공간분석의 한 분과인 중첩분석의 방향으로 발전하고있다. 징후무계법은 해석결과의 믿음성이 담보되는것으로 하여 광상예측을 비롯한 중첩분석에 널리 리용되고있다.

이로부터 논문에서는 L 지역 위성화상정보중첩분석에 징후무계법을 리용하고 그 결과의 믿음성을 평가하는 과정에 대하여 서술하였다.

## 1. 징후무계법을 리용한 위성화상정보중첩분석방법

지질정보들은 위성화상에 대한 보정과 변환, 분류 및 통계적해석, 초스펙트르화상처리 과정에 얻어지게 되며 광상예측대상으로 되는 지역의 지질구성과 광상들의 특징을 반영하는 징후로 선택되어 중첩분석에 리용된다. 위성화상과 연구지역의 지질도, 유용광물도 등으로부터 선택된 징후자료들은 ArcGIS에서 수자화과정을 거쳐 입력되게 되며 입력된 자료와 해당 지역의 광상존재와의 호상관계를 반영하여 보간을 진행하거나 완충구역분석을 진행하여 2값징후자료를 창조한다. 이 2값징후자료와 해당 지역에 이미 알려져있는 광체자료들사이의 호상련관성을 고려하여 대조도분석을 진행한다. 이때 해당 지역에 이미 알려져있는 광체자료들가운데서 일부 광체자료들은 광상예측의 믿음성을 평가하는데 리용하기 위하여 대조도분석에 리용하지 않는다. 대조도분석을 통하여 완성된 2값징후자료들에 대한 조건부독립성검정을 진행한다. ArcGIS에서 징후무계법에 의한 징후자료들의 중첩분석을 진행하여 광상예측을 실현하기 위한 방법은 다음과 같다.

① ArcGIS에 중첩대상으로 되는 각이한 도면자료들을 입력한다.

② ArcGIS의 편집(Editor)도구를 리용하여 도면자료에 대한 도면정향과 수자화를 진행하여 목적하는 징후자료들과 광체자료를 추출한다.

③ ArcGIS의 공간분석(Spatial Analyst)도구를 리용하여 징후자료들과 광체자료를 라스터화한다.

④ ArcGIS공간분석도구의 재분류(Reclassify)차림표를 리용하여 징후자료들을 징후무게법의 요구에 맞게 재분류하여 2값징후도들을 얻는다.

⑤ 재분류된 2값징후도들에 대하여 ArcGIS공간분석도구의 라스터계산기(Raster Calculator)기능을 리용하여 2값징후도들과 광채분포도사이의 무게결정을 위한 파라미터들을 계산한다.

⑥ 계산된 파라미터들로부터 2값징후도들과 광채분포도사이의 무게를 결정한다.

⑦ 결정된 무게결수들을 리용하여 대조도를 계산하고 대조도가 최대인 2값징후도들을 징후자료별로 선택한다.

⑧ 선택된 임의의 두 2값징후도들에 대하여 쌍검정방법으로 전체 2값징후도들사이의 조건부독립성검정을 진행한다.

⑨ ArcGIS의 라스터계산기(Raster Calculator)기능을 리용하여 계산된 무게값들을 가지고 2값징후도들을 결합하여 하나의 종합적인 무게분포도를 얻는다.

⑩ 무게분포도로부터 광상예측도(사후확률도)를 얻어 중첩분석을 완료한다.

광상예측도에서 사후확률값이 큰 구역을 광상이 존재할 확률이 큰 구역으로 평가한다.

## 2. 징후무게법을 리용한 위성화상정보중첩분석결과의 믿음성평가

ㄴ 지역의 위성화상으로부터 징후자료들을 선택추출하고 조건부독립성검정을 진행하였으며 징후무게법을 리용한 중첩분석을 진행하여 금광상예측을 실현하였다.

ㄴ 지역에는 시생초대 랑림층군의 암석들과 원생초대 중원생대 직현군층, 현생초대 하부고생대 법동군층, 황주군층의 암석들이 분포되어있으며 이 지역의 면적은 189.06km<sup>2</sup>이다.

ㄴ 지역에는 시생초대 련화산암군과 안돌암군, 중생대 단천암군과 신생대 학무산암군의 암석들이 분포되어있다. ㄴ 지역에 발달하는 대표적인 단렬 및 단층구조들은 어음령단층과 대동강심부단렬대들이다.

ㄴ 지역의 광체는 구조적측면에서 대동강심부단렬대와 련관된 수반단층들, 대동강심부단렬대와 어음령단층의 사검부를 따라 분포된다. 암석학적측면에서 ㄴ 지역의 광체는 련화산암군의 흑운모화강암과 반상변정흑운모화강암, 단천암군 향라봉관입암체의 화강섬록암 분포구역에 매장되어있다.

논문에서는 이 지역에 대한 주체89(2000)년 5월 6일 Landsat ETM+화상을 리용하였다.

ㄴ 지역의 위성화상처리에 의한 선구조강조와 육안해석에 의한 선구조해석, 스펙트르해석에 의한 광화이상정보의 강조를 통하여 단층분포자료, 석영이상자료, 황철광이상자료, 변질대 1자료, 변질대 2자료를 금광상예측을 위한 징후자료로 선택하였다.

선택된 징후자료들에 대하여 ArcGIS의 공간분석도구의 재분류차림표를 리용하여 2값징후자료들을 창조하고 대조도분석을 진행하였다. 이때 ㄴ 지역의 금광체분포자료를 라스터 변환하여 대조도분석에 리용하였다. 단층분포자료는 대조도가 최대가 되도록 계산실험을 진행하여 150m의 완충구역을 징후구역으로 설정하였다. 석영이상자료에 대한 대조도분석을 통하여 턱값을 0.8로 설정하였으며 이때 대조도값이 0.904 8로서 최대로 되었다. 황철광이상자료, 변질대 1자료와 변질대 2자료에 대한 대조도분석을 통하여 턱값을 0.25로 설정하였으며 이때 대조도값이 각각 1.573 3, 1.356 7, 0.606 4로서 최대로 되었다.

선택된 2값징후자료들에 대한 조건부독립성검정을 진행하였다. 여기서 검정값이 3.24보다 작은 경우 징후자료들사이의 조건부독립성이 만족되는것으로 평가하는데 검정결과 모든 징후자료들사이에 조건부독립성이 만족되었다.(표 1) 따라서 위성화상으로부터 선택추출된 단층분포자료, 석영이상분포자료, 황철광이상분포자료, 변질대 1자료와 변질대 2자료를 그대로 징후무게법을 리용한 중첩분석에 리용할수 있게 되었다.

표 1. 징후들사이의 조건부독립성검정결과

No.	징후이름	석영	황철광	변질대 1	변질대 2
1	단층	3.165	2.014	0.997	2.059
2	석영		0.224	0.988	3.239
3	황철광			2.899	3.166
4	변질대 1				0.768

용하여 징후자료들을 결합하였다. 이때 무게분포도가 창조되는데 이 무게분포도로부터 광상예측도(사후확률도)를 얻는다.

징후무게법을 리용한 위성화상중첩분석결과의 믿음성을 검증하기 위하여 L지역의 같은 징후자료들에 대하여 모호론리중첩방법을 리용한 중첩분석을 진행하고

대조도분석으로부터 징후무게법에 의한 중첩분석에 리용되는 개별적인 징후자료들의 결합무게( $W^+$ ,  $W^-$ )와 대조도( $C$ )는 표 2와 같다. 계산된 무게값들을 가지고 ArcGIS공간분석도구의 라스터계산기능을 리

표 2. 징후자료들의 결합무게와 대조도

No.	징후이름	$W^+$	$W^-$	$C$
1	단층	0.619 9	-0.992 7	1.612 6
2	석영	0.493 7	-0.411 1	0.904 8
3	황철광	0.372 3	-1.201 0	1.573 3
4	변질대 1	0.982 1	-0.374 6	1.356 7
5	변질대 2	0.031 8	-0.574 6	0.606 4

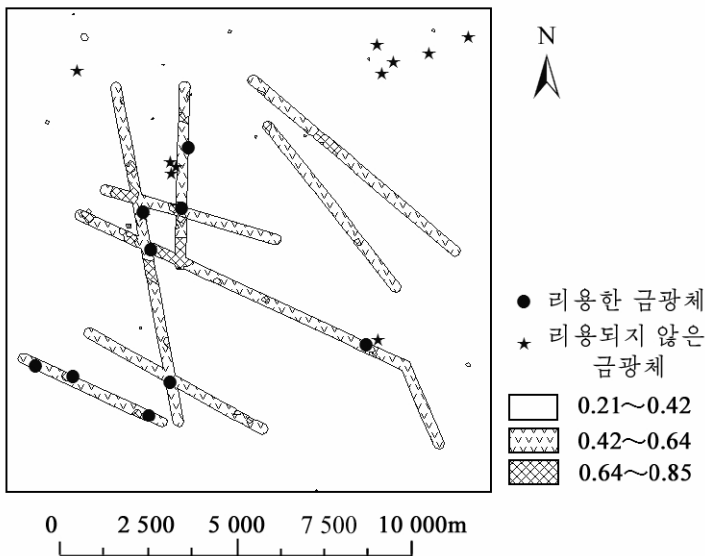


그림 1. 모호론리중첩방법을 리용한 금광상예측도와 실지금광체분포

에 의한 중첩분석결과들과 L지역의 금광체분포자료를 비교하였다.(그림 1, 2) 그림 1과 2에는 중첩분석에서 대조도분석에 리용하였던 금광체들과 중첩분석결과의 믿음성검증을 위하여 대조도분석에는 리용하지 않았던 금광체들이 모두 제시되어있다.

그림 1과 2를 통하여 알수 있는것처럼 모호론리중첩방법에 의한 중첩분석결과에는 징후무게법에 의한 중첩분석결과에 비하여 광상존재확률이 높은 구역들가운데서 L지역에 존

그 결과와 비교하였다. 모호론리중첩방법은 지질정보에 반영되어 있는 모호성을 고려한 중첩분석방법으로서 광상예측을 비롯한 지질정보해석분야에서 널리 리용되는 방법의 하나이다. 모호론리중첩방법에 의한 지질정보중첩분석에서 중요한 문제는 모호중첩연산자의 선택에 따라 중첩분석결과의 믿음성이 크게 차이나는 것이다. 이로부터 논문에서는 여러가지 계산실험을 진행하여 L지역의 징후자료들을 중첩하는데 모호감마연산을 리용하는것이 합리적이라는것을 밝히고 감마값을 0.85로 설정하였다. 다음 두 방법

재하는 금광체분포와 일치하지 않는 구역들이 많다.

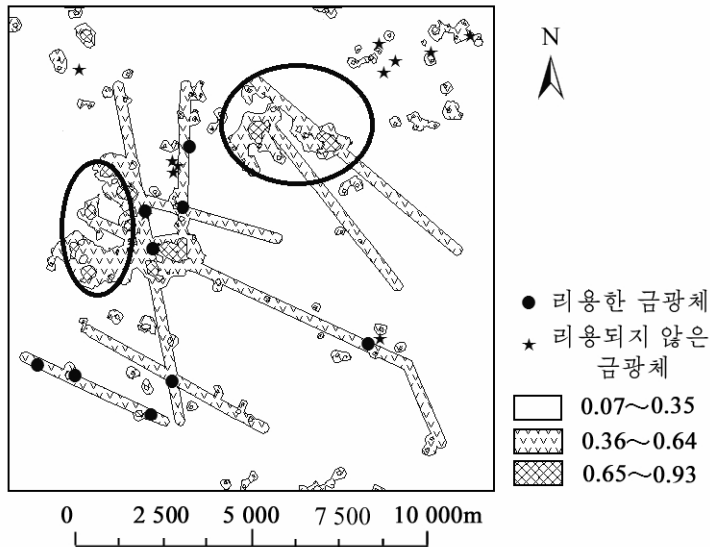


그림 2. 징후무게법을 리용한 금광상에 측도와  
실지금광체분포

또한 모호론리중첩방법에 의한 중첩분석결과에는 L 지역의 금광상형성에 미치는 여러 가지 지질학적인가운데서 단층구조만을 중시하고 다른 인자들은 고려하지 않은 부족점이 있으며 이것은 L 지역 금광체들의 분포가 단층구조뿐만아니라 편화산암군을 비롯한 여러가지 관입암들과도 연관되어있다는 선행조사자료와도 부합되지 않는다. 이로부터 징후무게법을 리용한 위성화상정보중첩분석결과가 모호론리중첩방법을 리용한 중첩분석결과에 비하여 보다 높은 믿음성을 담보한다는것을 알수 있다. 그림 2에서 광상존재확률값이 높은 구역들가운데는 이미 알려진 금광체들의 분포구역들과 일치하지 않는 구역들이 존재하는데 이 구역들은 L 지역의 금광상형성에 유리한 지질학적인가들이 결합되어있는 구역들이다. 그러므로 이 구역들에 대한 구체적인 탐사를 진행하는것이 필요하다고 본다.

## 맺는 말

징후무게법을 리용한 L 지역의 위성화상정보중첩분석결과는 위성화상정보중첩분석에 징후무게법을 리용하는것이 합리적이라는것을 보여준다.

## 참고 문헌

- [1] J. Kporfor et al.; Geo-spatial Information Science, 8, 3, 230, 2005.
- [2] A. Sorichetta et al.; Computers & Geosciences, 48, 199, 2012.
- [3] M. Yousefi et al.; Computer & Geoscience, 74, 97, 2015.
- [4] 张生元 等; 地球科学, 34, 2, 281, 2009.

## **Satellite Image Information Overlay Analysis by using Weights of Evidence Method**

*Ko Nam Hyok*

We conclude that it is reasonable to use weights of evidence for satellite image information overlay analysis with the satellite image information overlay analysis result of “ㄴ” area by using weights of evidence.

Key words: weights of evidence, satellite image information, overlay analysis