

## 패턴분해방법에 의한 초스펙트르화상자료의 모의

박 은 성

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《컴퓨터에 의한 탐사자료의 처리와 해석, 위성화상자료해석기술을 새롭게 연구도입하고 여러가지 응용프로그램들을 개발하여 지질탐사사업에 널리 리용하여야 합니다.》

초스펙트르화상자료는 다중스펙트르화상자료보다 스펙트르분해능이 높은것으로 하여 보다 많은 정보를 제공한다. 초스펙트르화상자료를 리용하면 단파적외선대역에서 열수광상과 련관된 점토광물들을 쉽게 식별할수 있다. 그러나 초스펙트르화상에 반영되는 지면 조사면적이 다중스펙트르화상에 반영되는 지면조사면적보다 작고 시간분해능이 낮은것으로 하여 그 적용에서 많은 제한을 받고있다.[2, 3]

론문에서는 패턴분해방법에 의하여 초스펙트르화상자료를 모의하고 모의한 초스펙트르화상자료에 의하여 대표적인 점토광물의 하나인 고령석의 스펙트르를 추출하고 서고스펙트르와 비교하여 방법의 믿음성을 검증하였다.

### 1. 패턴분해방법의 원리

일반적으로 지물의 스펙트르는 파장의 함수로서 반사률이 크게 변하지 않는 부분(완만한 부분)과 급격히 변하는 부분으로 분해할수 있다. 실례로 물과 토양, 쿱크리트의 스펙트르는 반사률변화가 대단히 완만한 부분들로 이루어지지만 식물이나 광물의 스펙트르는 반사률변화가 완만한 부분과 급격히 변화되는 부분으로 이루어져있다. 이런것으로 하여 지물의 스펙트르는 물과 토양, 식물의 스펙트르들에 의하여 표시할수 있다.

패턴분해방법은 스펙트르의 재구성방법으로서 표준화된 스펙트르패턴을 리용한다. 이 방법은 각이한 위성수감기들을 리용하여 얻은 화상자료들에 적용할수 있는데 같은 표본에 대한 스펙트르패턴이 위성수감기의 종류에 관계없이 같을것을 요구한다.[2]

$$R_i = C_w P_{iw} + C_v P_{iv} + C_s P_{is} + C_4 P_{i4} \quad (1)$$

여기서  $R_i$ 는 위성수감기에 의하여 측정된  $i$ 번째 대역의 반사률,  $C_w$ ,  $C_v$ ,  $C_s$ 는 각각 물, 식물피복, 토양에 대한 스펙트르분해결수,  $C_4$ 는 보충형태의 스펙트르분해결수이다. 그리고 매 대역에서 물, 식물피복, 토양에 대한 표준스펙트르형태  $P_{iw}$ ,  $P_{iv}$ ,  $P_{is}$ 는 다음의 식으로 계산한다.

$$P_{ik} = \frac{\int_{\lambda_1(i)}^{\lambda_2(i)} P_k(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1(i)}^{\lambda_2(i)} d\lambda} \quad (k = w, v, s) \quad (2)$$

여기서  $\lambda_1(i)$ 와  $\lambda_2(i)$ 는  $i$ 번째 대역의 시작과 끝파장이고  $P_k(\lambda)$ 는 임의의 위성수감기에 의

하여 얻은 화상자료에 적용할수 있는 표준스펙트르형태로서 다음과 같이 정의된다.

$$P_k(\lambda) = \frac{\int d\lambda}{\int |R_k(\lambda)| d\lambda} R_k(\lambda) \quad (k = w, v, s) \quad (3)$$

여기서  $R_k(\lambda)$  는 표준대상들(물, 식물피복, 토양)의 반사스펙트르형태이다.

일반적으로  $P_k(\lambda)$  는 다음의 방정식을 만족시킨다.

$$\int |P_k(\lambda)| d\lambda = \int d\lambda \quad (k = w, v, s)$$

$P_4(\lambda)$  는 다음과 같이 정의한다.

$$P_4(\lambda) = \frac{\int d\lambda}{\int |r_4(\lambda)| d\lambda} r_4(\lambda)$$

$$r_4(\lambda) = R_4(\lambda) - \{C_w P_w(\lambda) + C_v P_v(\lambda) + C_s P_s(\lambda)\}$$

$P_4(\lambda)$  를 위의 식으로 결정하면  $P_4$  는 식 (2)에 의하여 계산할수 있다. 그러면 패턴분해방법을 다음과 같이 행렬형식으로 표시할수 있다.

$$\begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{1w} & P_{1v} & P_{1s} & P_{14} \\ P_{2w} & P_{2v} & P_{2s} & P_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{nw} & P_{nv} & P_{ns} & P_{n4} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_w \\ C_v \\ C_s \\ C_4 \end{pmatrix} \quad (4)$$

여기서  $R = [R_1, R_2, \dots, R_n]^T$  는 관측벡터,  $n$  은 위성수감기의 파장대역의 수이다.

우에서 서술한 방법에서는 위성수감기의 스펙트르감도를 고려하지 못하는 부족점이 있다. 스펙트르감도는 위성수감기의 특성을 반영하는 중요한 인자이며 그것은 스펙트르응답함수로서 표시된다.

패턴분해방법에 의한 초스펙트르화상자료모의에서 위성수감기의 류형에 따르는 스펙트르응답함수들의 영향을 고려하기 위하여 식 (2)에 다중스펙트르와 초스펙트르위성수감기의 응답함수를 추가하였다. 이때 식 (2)에서의 적분항들을 합렬형태로 바꾸고 합렬계산에서의 결음값을 주어진 위성수감기에 해당하는 스펙트르응답함수의 가장 작은 파장간격으로 취하였다.

$$P_{ik} = \frac{\sum_{\lambda_1(i)}^{\lambda_2(i)} P_k(\lambda) S_i(\lambda)}{\sum_{\lambda_1(i)}^{\lambda_2(i)} S_i(\lambda)} \quad (k = w, v, s) \quad (5)$$

여기서  $S_i(\lambda)$  는  $i$  번째 대역에서 위성수감기의 스펙트르응답함수이다.

## 2. 초스펙트르화상자료모의와 점토광물스펙트르추출

연구지역은 지체구조적으로 랑림지괴 해산-리원요곡지에 위치하고있다.

연구지역에는 마천령군층 남대천주층 퇴적변성암류와 중생대 장파주층 력암들, 신생대 퇴적암들이 분포되어있으며 고원생대, 중생대 관입암류와 맥암들도 분포되어있다.

광체는 고원생대 마천령군층의 남대천주층안에 들어있으며 남대천주층은 삼일관입암체의 작용으로 변질작용을 받았다. 변질대의 너비는 수백m정도이다.[1]

우리는 삼일관입압체와 연관된 변질대에 존재하는 점토광물중의 하나인 고령석의 스펙트르를 추출하여 다중스펙트르화상자료에 기초한 초스펙트르화상자료모의의 정확성을 평가하였다. 리용한 EO-1 Hyperion자료와 Landsat 8 OLI화상자료의 특징은 표와 같다.

표. EO-1 Hyperion자료와 Landsat 8 OLI화상자료의 특징

화일이름	수집날자	자료준위	태양고도/(°)	태양방위/(°)
LC81160312014150LGN00	2013. 10. 18.	L1T	36.883 101 06	160.896 151 02
EO1H1160312003048110PZ	2003. 2. 17.	L1GST	150.338 33	31.917 48

식 (5)를 리용하여 OLI와 Hyperion위성수감기에 해당하는 표준스펙트르형태를 얻기 위하여서는 OLI와 Hyperion위성수감기의 스펙트르응답함수를 결정하여야 한다. 그런데 OLI 위성수감기의 스펙트르응답함수는 주어져있으므로 Hyperion위성수감기의 스펙트르응답함수만을 가우스함수를 리용하여 결정한다.[3]

중심파장과 대역너비의 함수인 가우스함수  $g(\bar{\lambda}_i, \sigma_i)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$g(\bar{\lambda}_i, \sigma_i) = e^{(\bar{\lambda}_i - \lambda)^2 / (2\sigma^2)}$$

$$\sigma_i = \frac{W}{2\sqrt{2\ln 2}}$$

여기서  $\bar{\lambda}_i$ 는  $i$ 번째 대역의 중심파장,  $\sigma_i$ 는 대역의 너비,  $W$ 는 위성수감기에 대응하여 주어지는 변수이다.

2개 위성수감기의 스펙트르응답함수들을 얻은 다음 표준스펙트르형태행렬을 식 (5)에 의하여 계산한다.

식 (4)를 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$R_A = P_A C_A$$

$$C_A = (P_A^T P_A)^{-1} P_A^T R_A \quad (6)$$

$$R_H = P_H C_H = P_H C_A = P_H (P_A^T P_A)^{-1} P_A^T R_A \quad (7)$$

여기서  $P_A$ 는 OLI의 표준형태행렬,  $P_H$ 는 Hyperion의 표준형태행렬이다.

패턴분해방법을 OLI화상자료에 적용하여 스펙트르분해결수벡토르  $C_A$ 를 얻고 이것을 Hyperion화상자료를 모의할 때 리용한다.

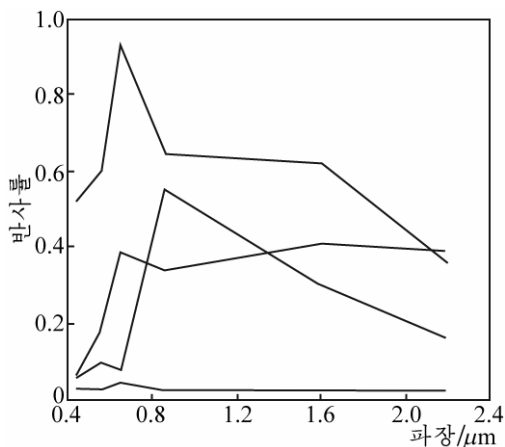


그림 1. OLI위성수감기에 대응하는 표준스펙트르형태

점토광물의 스펙트르를 모의하기 위하여 대표적인 점토광물들인 고령석과 백운모, 몬모릴론석의 단파적외선대역에서 서고스펙트르의 특징들을 조사하였다. 이미 알려진것처럼 점토광물들은 2 200nm근방에서 흡수스펙트르특징이 나타난다. 이러한 흡수스펙트르특징을 모의하기 위하여 반사률이 비교적 완만하게 변화되는 부분과 급격히 변화되는 부분으로 이루어지는 고령석의 스펙트르형태를 보충성분으로 취하였다.

식 (5)를 리용하여 얻은 OLI위성수감기에 대응하는 표준스펙트르형태는 그림 1과 같다.

식 (6)을 리용하여 스펙트르분해결수  $C_A$ 를 결정한 다음 식 (7)에 의하여 초스펙트르화상자료를 모의하였다.(그림 2)

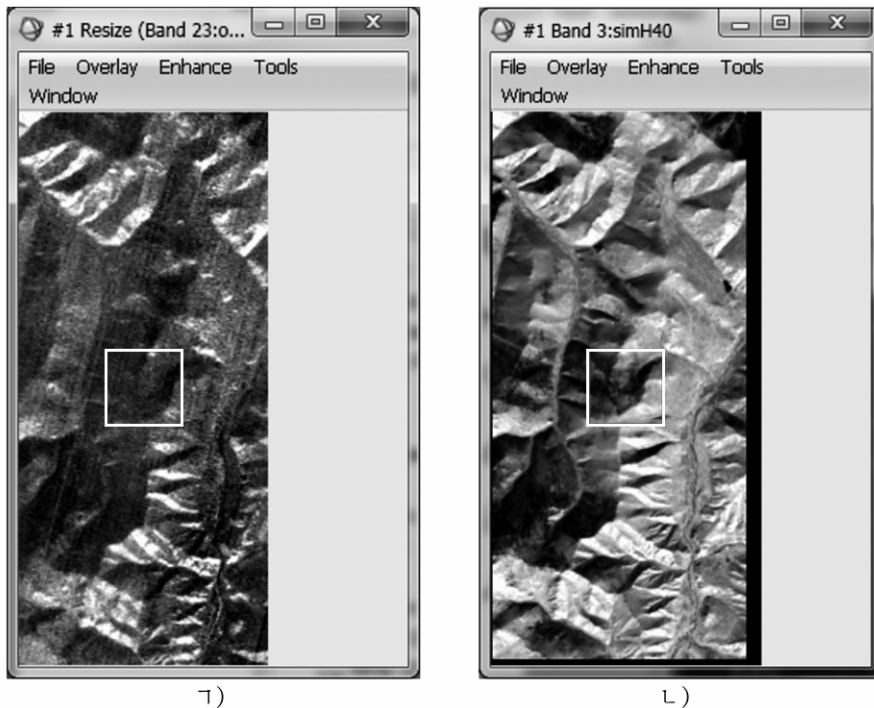


그림 2. 초스펙트르화상자료(204대역, 파장 2 193.73nm)

ㄱ) 초기화상, ㄴ) 모의화상

그림 2에서 보는바와 같이 단파적외선대역의 초기화상에는 줄무늬제거처리를 하였지만 아직 잡음이 남아있다. 그러나 모의화상에는 줄무늬잡음이 전혀 없다.

모의한 초스펙트르화상에서 고령석의 스펙트르를 추출하여 서고스펙트르와 비교하였다. 이때 ENVI5.3을 리용하여 점토광물의 스펙트르를 추출하였다.(그림 3)

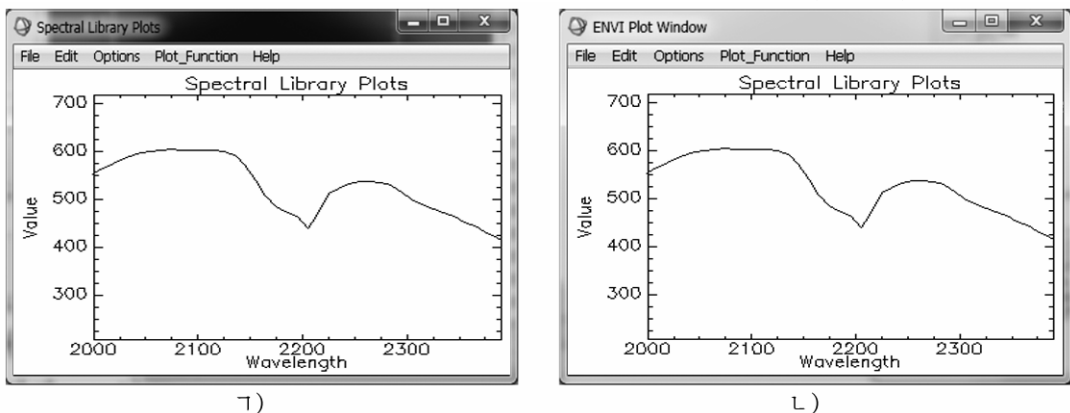


그림 3. 고령석의 스펙트르비교

ㄱ) 서고스펙트르, ㄴ) 모의화상에서 추출한 스펙트르

그림 3에서 보는바와 같이 서고스펙트르와 고령석의 스펙트르형태는 거의 비슷하며 2 200nm근방에서 흡수스펙트르특징이 명백히 나타난다. ENVI5.3의 Spectral Analyst를 리용하여 결정한 2개 스펙트르의 류사성결수는 0.885로서 두 스펙트르는 거의 같은것으로 평가할수 있다.

## 맺 는 말

패턴분해방법에 의하여 다중스펙트르화상자료로부터 초스펙트르화상자료를 모의하면 다중스펙트르화상자료에서 식별할수 없는 점토광물의 스펙트르를 추출할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 최병숙 등; 조선지질총서 6, 공업출판사, 316~322, 주체100(2011).
- [2] Nguyen Tien; Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 133, 157, 2017.
- [3] Bo Liu et al.; Sensors, 9, 3090, 2009.

주체110(2021)년 1월 5일 원고접수

## **Simulation of Hyperspectral Image Data Using Pattern Decomposition Method**

*Pak Un Song*

This paper proposes a method to simulate hyperspectral image data using pattern decomposition method.

By applying this method, simulating hyperspectral image data from multispectral imaging data can extract the spectrum of clay minerals in distinguishable from the multispectral imaging data.

Keywords: hyperspectral data, simulation, pattern decomposition