

**СПЕКТРАЛНИ ОТРАЖАТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НА СКАЛИ, ПОЧВИ И РАСТИТЕЛНОСТ  
КАТО СМЕСЕН КЛАС ОБЕКТИ**

**Деница Борисова, Румяна Кънчева**

ЦЛСЗВ – БАН София 1113, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 3  
E-mail: dborisova@stil.bas.bg; rumik@abv.bg

**ROCK, SOIL AND VEGETATION REFLECTANCE DATA ANALYSIS  
FOR SPECTRAL MIXTURE DECOMPOSITION**

**Denitsa Borisova, Rumiana Kancheva**

Solar–Terrestrial Influences Laboratory – BAS  
Bulgaria Sofia 1113, Acad. G. Bonchev St., bl. 3  
E-mail: dborisova@stil.bas.bg; rumik@abv.bg

**Keywords: remote sensing, rock-soil-vegetation reflectance, spectral unmixing**

**Abstract** - Spectral mixture analysis is one of the basic issues in remotely sensed data interpretation. Spectrometric measurements as a part of remote sensing are used for obtaining information about various biophysical features of the studied objects. As land covers are usually mixtures of materials with different spectral properties the theory of mixed classes is an efficient tool in data processing. The goal of the paper is to study rock-soil-vegetation mixture reflectance and to evaluate the possibility of using spectral mixture decomposition in relation to their type and proportion determination. For this purpose laboratory multispectral measurements of rocks, soils and vegetation have been carried out in the visible and near infrared bands with a multi-channel radiometer.

Един основен въпрос при дистанционните изследвания на обекти върху земната повърхност е въпросът за смесените класове. Важността му се обуславя от неговия общ характер, доколкото касае както болшинството получавани данни, така и същността на голяма част от решаваните задачи. В основата на обработката и интерпретацията на данните лежи разделянето на спектрални смеси, целящо извличане на информация относно вида и интересоващи ни параметри на обектите. Настоящата работа има за цел да изследва спектралните отражателни характеристики на различни скали, частично покрити от почва или растителност, както и да оцени възможността и условията за разделяне на отделните компоненти по отношение на техния вид и пропорции в смесения клас.

Дистанционните изследвания са свързани с измерване на различни количествени параметри на електромагнитното поле на излъчване на природните

образувания. Интерес за настоящето изследване представляват характеристиките на отразената слънчева радиация, които имат специфично спектрално и енергетично разпределение за различните класове обекти. Целта в случая е да се изследват спектралните отражателни характеристики на скали (на примера на гранити), частично покрити от почва (представени са два типа) и/или растителност, а също и да се оцени възможността и условията за разделяне на отделните компоненти по отношение на техния вид и пропорции в смесения клас.

Смесен клас се нарича пикселът, в който попадат повече от едни клас обекти [1,2]. Как се формират спектралните отражателни характеристики на смесен клас от два обекта? Площта на всеки изследван пиксел представлява сума от площите, заети от двата наблюдавани обекта:

$$(1) \quad S=S_1+S_2,$$

където  $S_1$  площта, заемана от обект 1, а  $S_2$  – от обект 2, при което площта на пиксела е  $S=100\%$ .

Каква част от общата площ е заета от единия и каква от другия обект се определя чрез коефициента на проективно покритие, представляващ относителния дял на заеманата от обекта площ в рамките на пиксела :

$$(2) \quad \begin{aligned} p_1 &= S_1/(S_1+S_2); \\ p_2 &= S_2/(S_1+S_2); \\ p_1+p_2 &= 1. \end{aligned}$$

Общият (резултантен) коефициент на отражение на разглеждания смесен клас, прилагайки принципа за адитивност на отразената радиация, се дава с израза:

$$(3) \quad r_{\Sigma}(\lambda_i)=p_1r_1(\lambda_i)+p_2r_2(\lambda_i),$$

чрез който по измереното интегрално отражение на смесения клас  $r_{\Sigma}(\lambda_i)$  може да бъде определено участието на двата класа във формирането на общата отражателна характеристика, т.е. да се определи  $p_1$  и  $p_2$ .

$$(4) \quad \begin{aligned} r_{\Sigma}(\lambda_i) &= p_1r_1(\lambda_i)+(1-p_1)r_2(\lambda_i), \\ p_1 &= [r_{\Sigma}(\lambda_i)-r_2(\lambda_i)]/[r_1(\lambda_i)-r_2(\lambda_i)] \\ p_2 &= 1-p_1 \end{aligned}$$

При всяка комбинация на двата обекта, т.е. на  $p_1$  и  $p_2$ , сумарният спектрален коефициент на отражение  $r_{\Sigma}(\lambda_i)$  се намира в областта, наречена зона на определеност и дефинирана от израза:

$$(5) \quad \Delta r(\lambda_i)=r_1(\lambda_i) - r_2(\lambda_i).$$

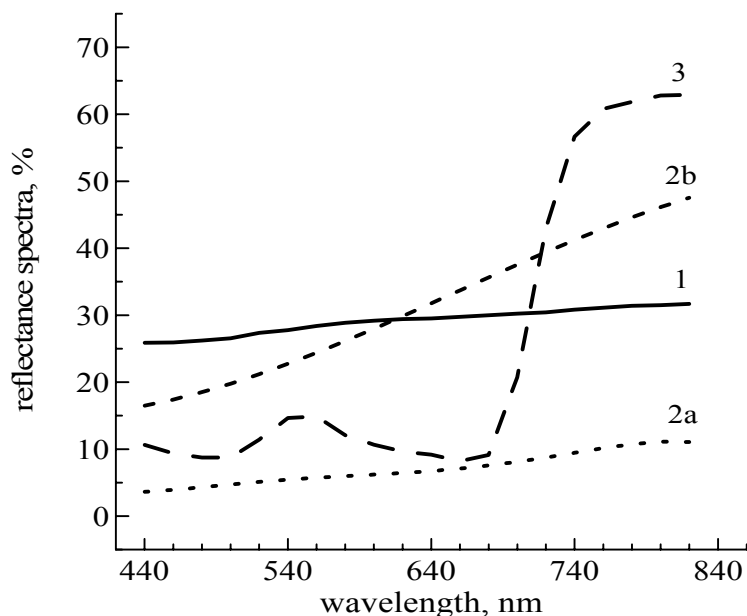
В случая на три природни формирования в изследвания пиксел спектралният коефициент на отражение ще бъде представен от израза:

$$(6) \quad \begin{aligned} r_{\Sigma}(\lambda_i) &= p_1r_1(\lambda_i)+p_2r_2(\lambda_i)+p_3r_3(\lambda_i)=\sum_{j=1}^3 p_j r_j(\lambda_i), \text{ където} \\ p_1+p_2+p_3 &= \sum_{j=1}^3 p_j = 1. \end{aligned}$$

Резултантната спектрална характеристика зависи от отражателните свойства на всеки от компонентите в смесения клас и дяловото му участие, тоест от заеманата относителна площ в рамките на пиксела.

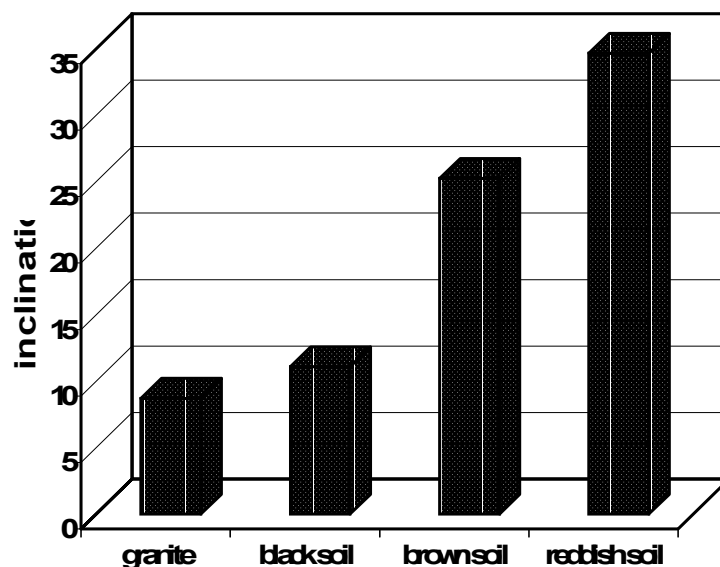
За целта на изследванията са измерени спектралните отражателни характеристики на различни видове скали, типове почви и зелена растителност. Измерванията са извършени в лабораторни условия при постоянно изкуствено осветление с многоканален спектрометър във видимия и близкия инфрачервен диапазон (400 - 820 nm) със стъпка  $\Delta\lambda = 10$  nm. Спектралните отражателни характеристики на смесените класове са получени чрез числено моделиране на данните за отделните класове обекти.

На Фиг.1 са показани спектралните характеристики на избраните като пример "чисти" класове егранити (1), почви (чернозем-2a и чернозем-2b) и зелена растителност (3).



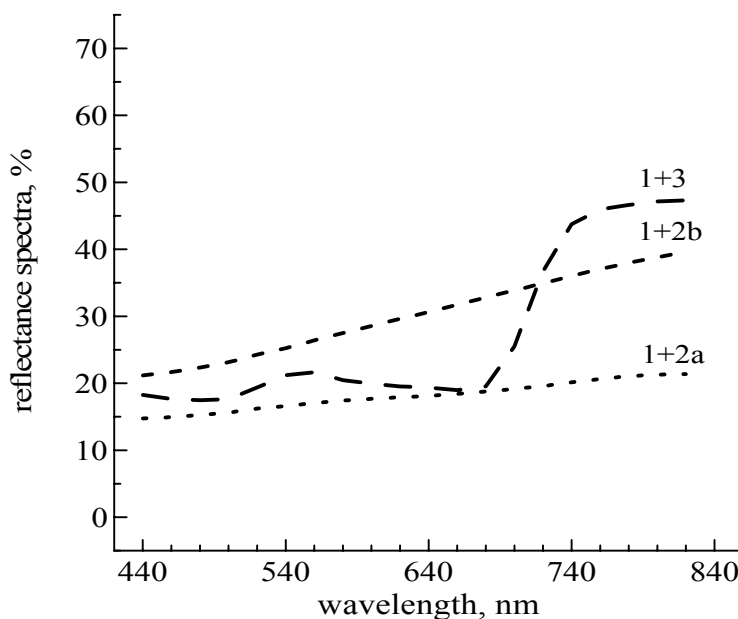
Фиг.1 Спектрални отражателни характеристики на гранити (1), почви (чернозем-2a и чернозем-2b) и растителност (3)

Отражателните характеристики на изследваните скали и почви имат типичен спектрален ход, изразяващ се в монотонно нарастване на отражението при увеличаване на дължината на вълната в разглеждания спектрален диапазон, където могат да бъдат апроксимирани с права линия. Отличителен признак е наклонът на правата, който, наред със стойностите на коефициентите на отражение, се явява информационен признак на обектите. Фиг. 2 дава представа за различията в ъгъла на наклона за гранитите и три вида почви (чернозем, кафява почва и чернозем). Черноземните почви се характеризират с най-голям наклон, което се дължи на рязкото повишение на отражателната способност в дълговълновата област. При гранитите и черноземите се наблюдават близки стойности за ъгъла на наклона, но съществено се отличават по спектралните коефициенти на отражение (Фиг.1).



Фиг.2 Ъгъл на наклона на спектралните отражателни характеристики на гранити, чернозем, кафява почва и червенозем

На Фиг.3 са представени спектралните отражателни характеристики на смесени класове от гранити (50% участие в спектралната смес) с чернозем (1+2a), с червенозем (1+2b) и с растителност (1+3).



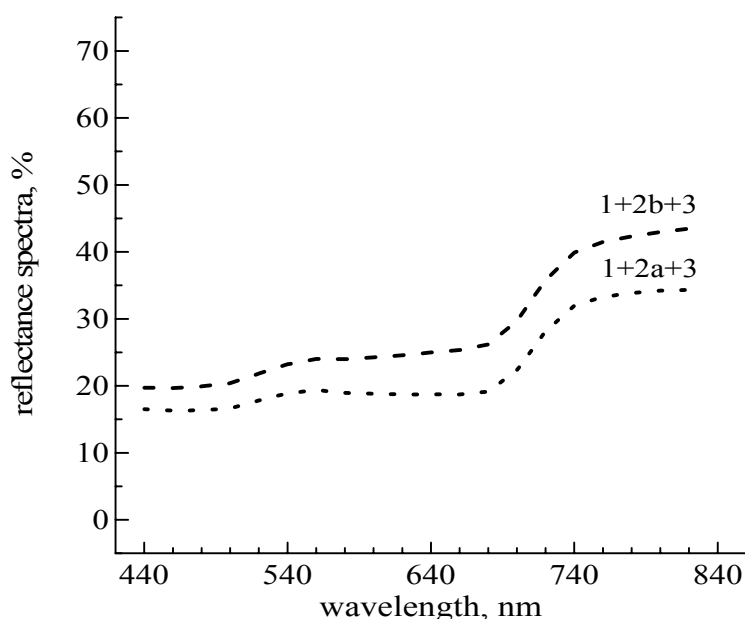
Фиг.3 Спектрални отражателни характеристики на смесени класове от гранити с различни почви и гранити с растителност

Наблюдава се следното:

- При смесен клас гранит-тъмна почва, където спектралните характеристики на двата обекта имат твърде подобен ход, измененията касаят главно стойностите на спектралното отражение в целия диапазон. Тези стойности зависят от пропорциите  $p_i$ , с които чистите класове участват в смесения клас (3), като в случая  $p_1 = p_2 = 1/2$  и:

$$(7) \quad r_{\Sigma}(\lambda_i) = [r_1(\lambda_i) + r_{2a}(\lambda_i)] / 2.$$

- При смесването на гранити с червеноземни почви, характеризиращи се с рязко повишение на отражателната способност на почвата в дълговълновата област и съответно с по-голям наклон на спектралната крива, се наблюдава значително намаляване на наклона на резултантната отражателна характеристика вследствие включването на слабо селективното в спектрално отношение отражение на гранитите.
- Спектралното поведение на смесения клас растителност-скала е аналогично на смесения клас растителност-почва, а именно - съществено се снижават стойностите на спектралните коефициенти на отражение в близката инфрачервена област, като същевременно по-слабо изявиени стават характерните за растителността области на хлорофилно поглъщане и отражение в червения и зеления спектрален диапазон. Подобни изменения (в степен, зависеща от дяловото участие на компонентите) се наблюдават при смесването на трите разглеждани обекта (Фиг.4).

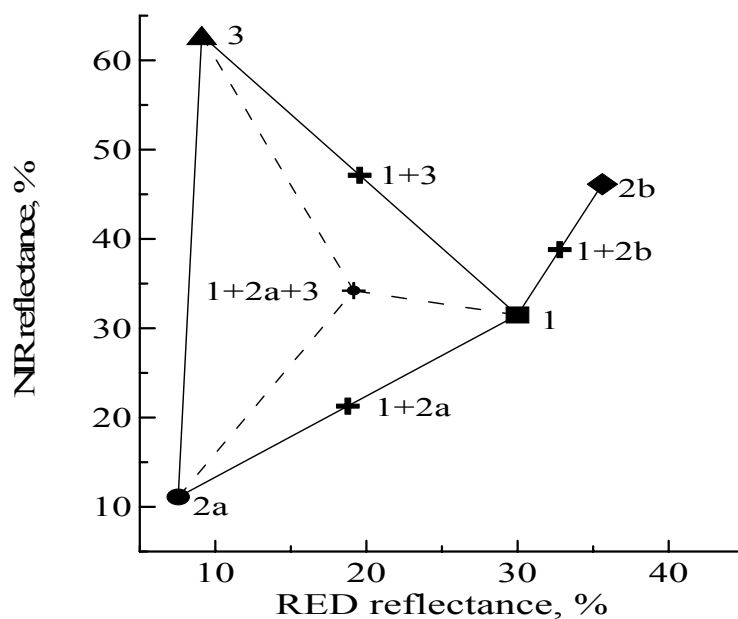


Фиг.4 Спектрални отражателни характеристики на смесени класове от гранити(50% ), почва (25%) и растителност (25%)

Добра нагледност дава представянето на обектите в координатна система от различни дължини на вълните. На Фиг.5 е показано местоположението на разглежданите обекти и техни комбинации (т.е. смесени класове) в двумерната координатна система в червената и близката инфрачервена област NIR-R. Вижда се, че:

- Координатите на зелена растителност (3) значително се отличават от тези на скали (1) и почви (2a, 2b).
- Координатите на различните почвени типове формират т.нар. “почвена линия” [3] или базовата “скално-почвена линия” [4].
- Координатите на смесен клас от два класа обекти попадат на линията, свързваща съответните чисти класове (1 ↔ 2a, 1 ↔ 3, 2a ↔ 3 и т.н.)
- Местоположението на смесения клас върху съответната линия е пропорционално на процентното участие на всеки от чистите класове.

Например, при 50% участие на два чисти класа координатите на смесения клас разделят свързващата линия на две равни части съгласно (7).



Фиг.5 Граници, почви, растителност и техни смеси в координатна система NIR-R

- Координатите на смесен клас от три обекта се разполагат в триъгълник, образуван от линиите, свързващите трите чисти класа (за смесен клас от граници, чернозем и растителност е представен пример с точката  $(1+2a+3)$ , попадаща в триъгълник с върхове, определяни от NIR-R координатите на чистите класове 1, 2a и 3.

Подобни изследвания са полезни за интерпретацията на спектрометрични данни, свързана с класификацията на обекти, разделянето на смесени класове и определяне на пропорциите на отделните компоненти. Такава задача се решава в болшинството приложения на дистанционните изследвания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Мишев, Т.Добрев, Л.Гугов, 1987. Дистанционни методи в геофизиката и геологията. изд. Техника, София, 272.
2. D.Mishev, 1991. Spectral characteristics of mixed classes of natural formations. Acta Astronautica, vol.25, N8-9, 443-446.
3. Т.Н.Чимитдоржиев, В.В.Ефременко, 1998. Об използвании различных индексов вегетации в дистанционном зондировании экосистем. Исследование Земли из космоса, N3, 49-56.
4. C.Elvidge, R.Lyon, 1985. Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass. Rem. Sen. Env., vol.17, 265-279.