

## ТЕХНИКИ ЗА СЕГМЕНТИРАНЕ НА ОТКРИТИ РУДНИЦИ И КАРИЕРИ

**Деница Борисова<sup>1</sup>, Христо Николов<sup>1</sup>, Бануш Банушев<sup>2</sup>, Дойно Петков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт по слънчево-земни въздействия, Българска академия на науките, 1113 София; dborisova@stil.bas.bg

<sup>2</sup>Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; banushev@mgu.bg

**РЕЗЮМЕ.** В тази работа е приложен метод за анализиране на спектрални данни при сегментирането на открити рудници и кариери. Идеята е да се използват множеството възможности, предлагани от многоспектрални изображения със средна резолюция като TM на борда на Landsat 5. Чрез методът, който прилагаме, се търсят стабилни статистически зависимости между полевите многоспектрални данни и данните от изображенията, получени от сензори на борда на летящи апарати. След коректно разпознаване на съответните пиксели последващото сегментиране на изследваната наземна форма може да се определи като надеждно. Полевите измервания са извършени на кариера за трошен камък близо до с. Смолско. За района са обработени съответните изображения от спътника Landsat 5 от различни дати. Проведени са геоложки наблюдения, петрографски изследвания, фотодокументация и in-situ спектрометрични измервания.

### TECHNIQUES FOR SEGMENTATION OF OPEN PIT AND STONE MINES

**Denitsa Borisova<sup>1</sup>, Hristo Nikolov<sup>1</sup>, Banush Banushev<sup>2</sup>, Doyno Petkov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Influences Laboratory, Bulgarian Academy of Science, 1113 Sofia; dborisova@stil.bas.bg

<sup>2</sup>University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; banushev@mgu.bg

**ABSTRACT.** In this paper a statistical method has been applied in the segmentation of human made land covers as open pit and stone mines. The idea is to exploit to larger extent the possibilities offered by multispectral imagers having mid spatial resolution such as TM onboard Landsat 5. The method has been applied in the framework of our research is to find consistent statistical dependencies between multispectral data gathered in-situ and the corresponding ones in images offered by airborne-based sensors. After correct identification of the pixels the subsequent segmentation forming the shape of the artificial feature is determined much more reliable. This especially holds true for objects with relatively narrow structure for example two-lane roads for which the spatial resolution of one pixel is larger than the object itself. We have been combined ground spectrometry of stone-pit near Smolsko village, Landsat images of region of interest (RoI), and in-situ condition surveys for assessment of stone pit area. Geological observations, petrographical investigations, photo documentation and in-situ spectrometric measurements have been performed.

### Въведение

В настоящата работа е приложен статистически метод за анализиране на спектрални данни при сегментирането на открити рудници и кариери. По този начин се използват множеството възможности, които се предлагат от многоспектрални изображения със средна резолюция от сензори като TM на борда на Landsat 5. Чрез методът, който прилагаме, се търсят стабилни статистически зависимости между полевите многоспектрални данни и цифровите данни от изображенията, получени от сензори на борда на летящи апарати. След коректно разпознаване на съответните пиксели последващото сегментиране на изучаваната наземна форма може да се определи като надеждно. Полевите измервания са извършени на кариера за трошен камък близо до с. Смолско. За района са обработени съответните изображения от спътника Landsat 5 от различни дати. Проведени са in-situ спектрометрични измервания, за което е използван полеви спектрометър TOMS, разработен и конструиран в ИСЗВ-БАН (Petkov, 2005). Проведени са геоложки наблюдения, петрографски изследвания и фотодокументация на кариерата.

### Материали и методи

Извършени са теренни изследвания и опробване на карбонатни скали (доломити) от района на с. Смолско за периода 2000-2010 г. Изследван е състава, текстурните и структурните особености на доломитите. Образците са изследвани макроскопски и с бинокулярна лупа Olympus. С помощта на оптичката микроскопия (микроскопи Amplival и Leitz Orthoplan-Pol) са определени състава и структурните особености на скалите. Химичните анализи са извършени с Атомно-емисионен спектрометър с източник на възбуждане индуктивно свързана плазма (AES ICP) (апарат SPECTRO Analytical instruments, Germany) в МГУ "Св. Иван Рилски".

Полевите спектрометрични измервания на доломитите от кариерата са осъществени между 2008 и 2010 г. За репер при разпознаването на изучаваната кариера на спътникови изображения може да се използва наличието на вода, поради което са проведени и спектрометрични измервания на водната площ през 2010 г. Основното измерително устройство на полевия спектрометър TOMS е USB2000 (фиг. 1). Предварителната обработка за въвеждане на корекции на получените данни е проведена

със софтуера на полевия спектрометър. Направена е стандартна статистическа обработка на получените данни.



Фиг. 1. Измерителната част на спектрометъра

В Таблица 1 е представена необходимата допълнителна информация (Kancheva, 1999) за атмосферните условия на измерване при полевите експерименти, времето за провеждане на едно измерване ( $t_i$ ), брой усреднени спектри ( $\lambda_n$ ) и разстояние от обекта до обектива ( $H_{\infty}$ ).

Таблица 1

Допълнителна информация за всеки експеримент

Обект на измерване	Атмосферни условия	$t_i$ , ms	$\lambda_n$	$H_{\infty}$ , cm
Черен доломит	Ясно, сянка	10	100	10
Сив доломит	Ясно, сянка	10	100	10
Вода (3 см)	Ясно, сянка	10	100	10
Вода (7 см)	Ясно, сянка	10	100	10

Спътниковите изображения от ТМ, които са използвани в настоящата работа, са от 1987, 1999 и 2003 години. Обработката и анализът на цифровите данни от изображенията са направени с програмата Multispec.

## Геоложка обстановка

В структурно отношение районът се отнася към Централното Средногорие. Той се характеризира с разнообразни горнокредни и триаски скали, вместени сред докамбрийски високометаморфни скали. Районът около с. Смолско е изграден основно от горнокредните материали на Чуговишката и Мирковската свити. Чуговишката свита (въведена от Моев, Антонов, 1976, 1977) е изградена от ритмично редуващи се пясъчници, слабо варовити алевролити и алевритни варовици. Характерна особеност за скалите е наличието на пирокластика – кристалокласти от биотит и плагиоклази, витрокласти и литокласти от средни по състав вулканити (Приставова, Банушев, 2007). В състава на Мирковската свита (Моев, Антонов, 1976, 1977) участват глинести варовици с прослойки от мергели. Нови данни за строежа на Мирковската свита публикуват Ajdanlijsky et al. (2008). С по-ограничено разпространение в района са пясъчниковата и въгленосната задруга. В югоизточна посока материалите на Чуговишката и Мирковската свити намаляват, а се увеличава делът на

Челопешката свита, в състава на която участват кластолави, туфи, туфити, тefроидни скали, разливи и силове от андезити (Кацков, Илиев, 1993). В южните и северни части на горнокредната вулканогенна ивица се разполагат триаски наслаги, представени от червени, пъстри кварцови пясъчници, конгломерати, алевролити и аргилити (Петроханска теригенна група) и доломити (Боснекска свита). Горнокредните и триаски материали са вместени сред докамбрийски високометаморфни скали на Арденската група (двуслюдени мигматизирани ивичести и очни гнайси, с прослойки от амфиболити, биотитови, мусковитови и амфибол-биотитови гнайси и гнайсошисти) и Ботурченската група (дребнозърнести биотитови до амфибол-биотитови гнайси с прослойки от аплитоидни гнайси и гранитогнайси). В Централното Средногорие скалите на Ботурченската група се описват като Копривщенска група (Dabovski, 1988). Сред докамбрийските метаморфити в южните части на района е внедрен Поибренския плутон, отнасящ се към т. н. Южнобългарски гранитоиди.

## Резултати и дискусия

### Петрографска характеристика

Обект на изследване са карбонатни скали (доломити) на Боснекска свита, разкриващи се в изкуствено разкритие – кариера за трошен камък северозападно от с. Смолско. Доломитите са сиви, на места с розов оттенък с пачки от черни доломити. В резултат на изветрителни процеси черните изсветляват до тъмносиви. Текстурата им е среднослоеста, а структурата – микрозърнеста. В състава им участва микрозърнест доломит, с размери на кристалите 0.001-0.003 mm, примеси от калцит и кластичен кварц. Биоморфният компонент е представен от прерези на остракоди и фораминифери. В химичен аспект главните петрогенни оксиди се обвързват добре с литературните данни. Съдържанието на CaO е между 22 и 26%, а на MgO – 18-20% (Приставова, Банушев, 2007).

На фигури 2 и 3 са представени снимки на изучаваната кариера от две години – 2005 и 2010. Снимковият материал е избран с оглед на съвместното анализиране на спътниковите и полевите данни.

На фигура 4 ясно се вижда контактът между сивите и черни доломити, от които е изградена кариерата.



Фиг. 2. Кариера „Смолско“, общ изглед, май 2005 г.



Фиг. 3. Кариера "Смолско", общ изглед, юни 2010



Фиг. 4. Кариера "Смолско", контакт между сиви и черни доломити

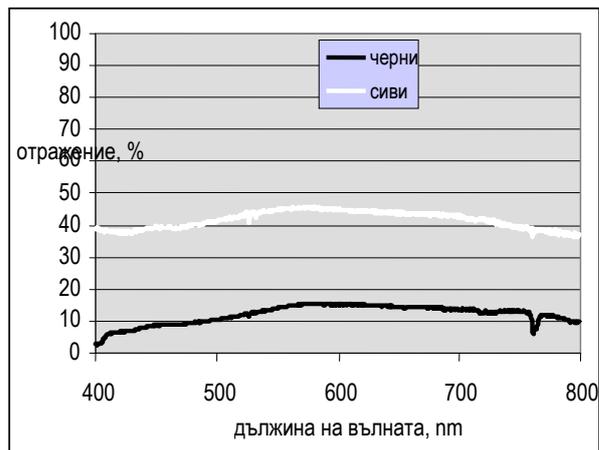
От проведените теренни наблюдения и изследвания е установено, че на дъното на кариерата има водна площ с дълбочина до 20-30 см.

### Спектрометрични измервания

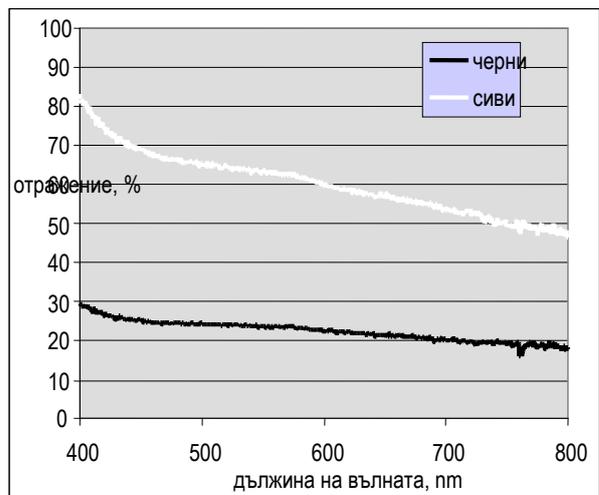
Направена е статистическа обработка на получените спектрални данни. Усреднените стойности на спектрите на двата вида доломити от кариерата са показани на фиг. 5а и фиг. 5б. Спектралното отражение от черните и сивите доломити се различава по стойност, но характерният вид на кривата се запазва. По-тъмните черни доломити имат съответно по-ниска стойност на спектралното отражение (20-30%), а по-светлите сиви – по-високо (40-60%).

При сравнение на данните от 2008 и 2010 години и като се отчете, че от 2009 година кариерата работи по-интензивно, то може да се каже, че разликата в отражателните спектри се дължи на различната свежест на измерваните доломити.

При анализа на хода на спектралната отражателна характеристика на доломитите се наблюдава типичен минимум на дължина на вълната 760 nm. Той е ясно видим, както и при черните и сиви доломити, така и при по-изветрелите и по-свежи образци (съответно 2008 и 2010 г.) (фиг. 5а,б).

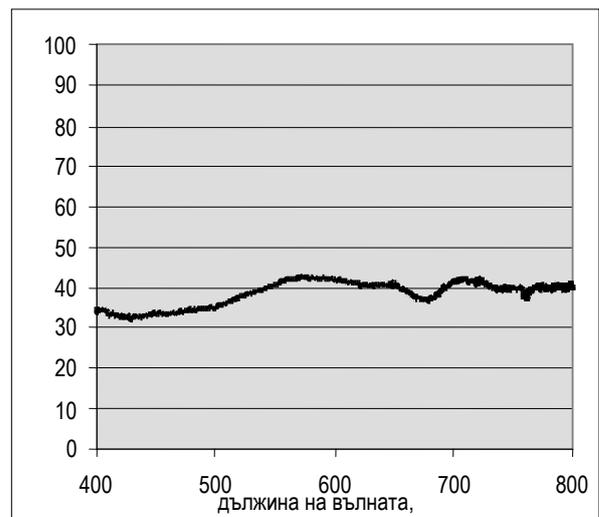


Фиг. 5а. Отражателни спектри на сиви и черни доломити, май 2008

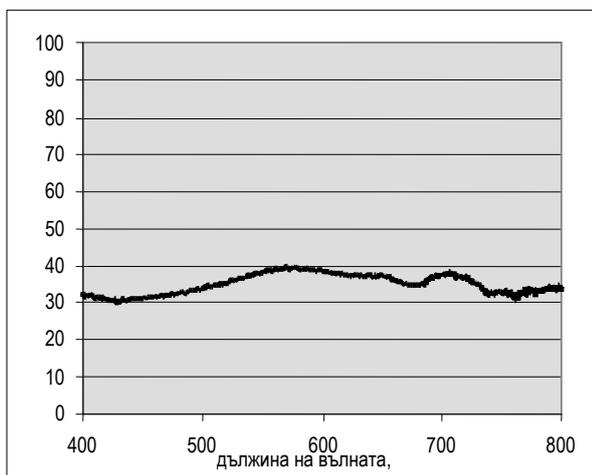


Фиг. 5б. Отражателни спектри на сиви и черни доломити, юни 2010

На фигури 6а и 6б са представени отражателните спектри на водната площ в кариерата, съответно на участъци с дълбочина 3 см и 7 см.



Фиг. 6а. Спектрално отражение на вода с дълбочина 3 см



Фиг. 66. Спектрално отражение на вода с дълбочина 7 cm

При сравняване на спектрите се вижда как дъното на водния участък се отразява на получените данни. Получената отражателна спектрална характеристика силно се различава от същата на чиста вода (Мишев и др., 1987). Характерният минимум на 760 nm, който ясно се вижда при отражателните спектри на доломитите (фиг. 5а,б), може да бъде забелязан при вода с дълбочина 3 cm (фиг. 6а). За спектралното отражение отново на 760 nm от водата с дълбочина 7 cm влиянието на дъното, съставено от доломитите от кариерата и покрито с тънък слой тиня, вече е силно редуцирано.

#### Спътникови изображения

Данните от сензора ТМ (Thematic Mapper), монтиран на борда на спътника Landsat 5, за канали от 1 до 7 без 6 за 1987, 1999 и 2003 години за района на кариера “Смолско” са обработени статистически. Изчислени са средната стойност на цифровите данни (digital numbers – DN) и стандартното им отклонение. Резултатите са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Статистика на изследваната кариера “Смолско”

	1987	1999	2003
Брой пиксели	40	28	14
Средно на DN			
Канал 1	90,25	84,50	68,93
Канал 2	42,88	71,54	60,07
Канал 3	49,84	77,64	69,86
Канал 4	51,19	69,43	57,79
Канал 5	78,38	80,36	72,93
Канал 7	45,50	68,36	66,21
Ст. отклонение на DN			
Канал 1	7,56	8,90	6,13
Канал 2	4,51	10,73	7,84
Канал 3	6,25	14,77	11,68
Канал 4	6,28	11,83	9,53
Канал 5	12,96	19,16	16,53
Канал 7	7,99	15,84	12,77

По спътниковите данни се забелязва, че само скалната площ на изучаваната кариера намалява от 1987 до 2003 г. Площта е представена като брой пиксели.

#### Заклучение

Получените в резултат на проведените комплексни полеви измервания данни са (доколкото е известно на колектива) едни от малкото у нас. Те позволяват да бъде използвана отражателната способност на скалите като отличителен признак за тяхното разграничаване в многоспектрални изображения от дистанционни изследвания на земната повърхност.

Представените в настоящата работа резултати са получени само от един начин на обработка на първичните данни. За по-пълноценната им употреба се провеждат още редица анализи на първичните данни, като оценка на минимумите и максимумите във връзка с физико-химичното съдържание на изследваните скали, използване на редица трансформационни индекси и др.

Тази работа е подпомогната финансово от договор с НФНИ-МОН ИНИ-12/05 и по проект COSMOS по Седма Рамкова програма (FP7).

#### Литература

- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. *Обяснителна записка към геоложка карта на България, М 1:100000, к.л. Ихтиман*. С., “Геология и геофизика” АД, 63 с.
- Мишев Д., Т. Добрев, Л. Гугов. 1987. *Дистанционни методи в геофизиката и геологията*. С., Техника, 272с.
- Моев, М., М. Антонов. 1976. О стратиграфии сенонских пород в Централном Средногорье. – *Докл. БАН*, 29, 10, 1515-1519.
- Моев, М., М. Антонов. 1977. Стратиграфия на горната креда в източната част на Стъргелско-Челопешката ивица. – *Год ВМГИ*, 2, 7-28.
- Приставова, С., Б. Банушев. 2007. Магмени, седиментни и метаморфни скали от Централното Средногорие. – В: *Ръководство за учебни практики по минералогия и петрография* (ред. Р. И. Костов). С., ИК “Св. Иван Рилски”, 80-84.
- Ajdanlijsky, G., B. Banushev, J. Genchev, V. Frugova, Y. Dinchev. 2008. New data about the Mirkovo Formation from the area of Chelopech village, Sofia district. – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 51, part I *Geology and Geophysics*, 78-83.
- Dabovski, Ch. 1988. Precambrian in the Srednogorie Zone (Bulgaria). – In: V. Zoubek, J. Conge, D. Kouzhoukharov, H. Krautner (ed) *Precambrian in Younger Foid Belts*. Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Chichester, 841-847.
- Kancheva, R. 1999. *State assessment of the soil-vegetation system using spectrometric data*. PhD Thesis, 142 p. (in Bulgarian).
- Petkov, D., G. Georgiev, H. Nikolov. 2005. Thematically oriented multichannel spectrometer (TOMS). – *Aerospace Research in Bulgaria*, 20, 51-54.

Препоръчана за публикуване от Катедра “Приложна геофизика”, ГПФ