

# SPEKTRÁLNÍ INDEXY VE FYZICKOGEOGRAFICKÉM A GEOLOGICKÉM VÝZKUMU

*Petr Závodník*  
*Katedra geoinformatiky*  
*Univerzita Palackého v Olomouci*  
*Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Tř. Svobody 26, 771 46, Olomouc*  
*E – mail : petryk@centrum.cz*

## Abstract

This article shortly describes main goals, ways of data processing and results of thesis which is about use of spectral indices in geology and physical geography. Author has come through the whole working process from theoretical preparation, data preprocessing, applications of selected spectral enhancements to interpretation of reached results. This thesis was solved during the study of Applied Geoinformatics on Faculty of Natural Science of Palacký University in Olomouc.

## Abstrakt

Tento článek stručně popisuje zaměření, hlavní cíle, způsob zpracování a výsledky diplomové práce, která se zabývá využitím spektrálních indexů v oblasti geologie a fyzické geografie. Autor prošel kompletním pracovním postupem od teoretické přípravy, předzpracování dat, přes samotnou aplikaci vybraných analýz až po interpretaci výsledků. Práce byla řešena v rámci navazujícího studia Aplikovaná geoinformatika se zaměřením na fyzickou geografii na katedře geoinformatiky PŘF UP Olomouc.

## Úvod

Pro své výhody jsou metody dálkového průzkumu využívány v celé řadě lidských činností, ať už jde o využití snímků v geodézii, kartografii, různých disciplínách geografie, archeologii, zemědělství, stavitelství, ochraně životního prostředí, dopravě, geologii atd.

Různě transformovaná a upravovaná distanční data jsou v dnešní době používána jako doplněk podrobných, např. topografických map pro mapování či geodetická měření. V některých situacích již dokonce z důvodu své přehlednosti, názornosti, přesnosti a hlavně aktuálnosti mapy nahrazují.

Jejich využití může zásadním způsobem usnadnit nejrůznější druhy výzkumu zemského povrchu v oblastech hydrologie, geomorfologie, seismologie, hydrogeologie, mineralogie či petrografie (litologie). Přínos družicových dat v oblasti fyzickogeografického a geologického výzkumu je předmětem zkoumání v této práci.

Jednotlivé složky krajinné sféry se vzájemně ovlivňují a jsou za sebe velmi intenzivně závislé. Geomorfologické charakteristiky povrchu často poměrně přesně dekodují geologické vlastnosti oblasti, typ vegetačního krytu odhaluje kvalitu půd, množství vody v krajině a míře jejího znečištění.

Data získaná pomocí dálkového průzkumu Země (dále jen DPZ) obsahují stále větší a větší množství nejrůznějších informací. Vizuálně z nich lze okamžitě (případně po nezbytných korekcích) vyčíst základní poznatky o zkoumaném území. Poměrně jednoduše lze kvantifikovat zastoupení jednotlivých složek krajiny a pochopit její základní zákonitosti nebo odečíst změny v jejím uspořádání v průběhu určitého časového intervalu. Tento typ informací byl používán již od prvopočátku DPZ a je stále velmi cenný. S rozvojem snímacích zařízení a postupným rozšiřování snímaného intervalu vlnových délek bylo zjištěno, že lze z distančních dat získat informace i nepřímo, na základě operací s jednotlivými spektrálními pásmy. Nejjednodušším příkladem mohou být například kompozice nejrůznějších spektrálních pásem snímků za účelem zvýraznění sledovaného jevu – např. vodních ploch či vegetace. Tato práce se ale zabývá složitějšími operacemi se spektrálními pásmy – spektrálními indexy.

Velká většina materiálů obsažených v krajině má již popsáno své spektrální chování, které je pro ně unikátní. Identifikace objektů na družicových snímcích je totiž prováděna na základě

spektrálních charakteristik, které definují intenzitu jejich vyzařování a pohlcování záření v jednotlivých částech elektromagnetického spektra.

## **Cíle práce**

Cíle práce lze jednoduše rozdělit na teoretické a praktické – aplikační. Rozsáhlá rešeršní činnost vyústila v přehled nejdůležitějších a nejčastěji používaných spektrálních indexů ve specifikované aplikační oblasti. Také byly popsány spektrální vlastnosti vybraných složek zemského povrchu, které jsou pro zaměření práce relevantní.

Praktická část byla zaměřena na aplikaci vybraných analýz na distanční data. Následovala klasifikace, interpretace dat a vytvoření grafických výstupů.

## **Použitá data**

Pro aplikaci vegetačních indexů byly zvoleny dvě scény totožného území ze senzorů ETM a Aster, které pro účely práce zapůjčila Česká geologická služba. Jedná se o oblast na pomezí České Republiky a Německa, předmětem zájmu se pak stala Sokolovská pánev, Slavkovský les a malá část Krušných hor. Rozsah zkoumaného území umožňuje zkoumat velmi odlišné složky krajiny a vykazuje signifikantní rozdíly. Na poměrně malém výřezu lze nalézt extrémní výsledky antropogenního vlivu na krajinu (těžba hnědého uhlí), ale i poměrně zachované vegetací rovnoměrně pokryté areály (CHKO Slavkovský les).

Zájmové území zvolené pro aplikace geologických indexů se rozkládá v Mongolské republice, asi 950 kilometrů jihozápadně od hlavního města Ulaanbaataru v oblasti Mongolského Altaje. Stejně jako v případě Sokolovska byla i zde data poskytnuta Českou geologickou službou a shodou okolností i zde datová sada sestávala ze scén z Landsatu (ETM+) a Asteru. Ze senzoru Aster byly dostupné dvě scény, z ETM pak jedna (respektive původně dvě scény spojené v jednu). Všechna obrazová data byla uložena ve formátu softwaru Erdas Imagine - img. Vzhledem k problému se zarovnáním jednotlivých spektrálních pásem, však byla pro analýzy použita jen data z Landsatu.

Celá oblast má subaridní až aridní charakter, je proto prosta výraznějšího vegetačního krytu a umožňuje velmi kvalitní geologické mapování. Oblast jezerní plošiny byla vybrána z důvodu možného odhalení geomorfologických a hydrologických procesů v krajině.

## **Použitý software**

Samotné zpracování distančních dat proběhlo v prostředí ENVI 4.2, jehož autorem je americká společnost Research Systems, Inc. Během zpracování zkoumaných dat autor nenarazil na žádný zásadní nedostatek v možnostech či funkčnosti programu. Práce v prostředí ENVI 4.2 je logická, součástí programu je i velmi kvalitně zpracovaná dokumentace. Pouze sada nástrojů pro tvorbu mapových kompozic byla autorem shledána jako nevhodná a nedostačující, proto byly grafické přílohy práce vytvořeny v softwaru ArcView GIS 3.1.

## **Metody a postup práce**

Získaná distanční data byla naimportována do ENVI 4.2, kde proběhlo jejich kompletní zpracování. Nejprve bylo nutné je vhodně připravit pro analýzy, které byly později aplikovány. Z datových sad Asteru byla vybrána pouze ta spektrální pásma, která byla pro další zpracování potřebná, u snímků z ETM+ byl rozsah ponechán.

Poté došlo k georeferencování dat, aby bylo možné s daty pracovat synchronně a výsledky případně kvantifikovat. Data Sokolovska byla transformována do souřadného systému S – JTSK, data Mongolska pak do WGS – 84. Ve stejných projekcích byla i referenční data, která sloužila pro orientaci v distančních datech.

Na základě vlastností zvolených oblastí byla data oříznuta, což výrazně snížilo velikost dat a umožnilo tak rychlejší a efektivnější práci s nimi. Velikost výřezu pro Sokolovsko byl mimo jiné limitován i oblačností na scéně z Asteru. V Mongolskou je rozsah studované oblasti roven 4 listům mapy v měřítku 1 : 50 000. Před samotným zpracováním byl ještě na scény aplikován vysokofrekvenční filtr pro zostření obrazu.

Z vegetačních indexů byly spočítány tři algoritmy – VI (Vegetation Index), SRI (Simple Ratio Index) a NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Jedná se o tři nejpoužívanější spektrální indexy pro toto zaměření. Analýzy byly aplikovány na obě datové sady a některé z výsledných obrazů pak byly dále zpracovávány.

V geologické oblasti byly použity hlavně podíly jednotlivých pásem, které pak byly zobrazovány jako barevné kompozice (minerální kompozice, hydrotermální kompozice, kombinace Abram a Sultan).

Tento způsob spektrálního zvýrazňování byl prováděn pomocí nástroje Band Math, který dovoluje definovat jednoduché i složitější výrazy (v tomto případě přepis algoritmů), kde spektrální pásma fungují jako proměnné. Za proměnné jsou pak potřebná pásma dosazena.

U geologických aplikací byly výsledky analýz interpretovány slovně podle vizuální interpretace s pomocí geologické mapy jako verifikačního prostředku, v případě vegetačních indexů pak došlo ke klasifikaci dat u NDVI.

Pro výsledek z dat Landsatu byla provedena řízená klasifikace pomocí 18 trénovacích ploch metodou minimální vzdálenosti, u zpracovaných dat z Asteru pak proběhla klasifikace neřízená, během které bylo vytvořeno 12 klasifikačních tříd. Obě klasifikace pak byly shlazeny a interpretovány.

Čtyři základní typy povrchu, které vznikly spojením 18 klasifikačních tříd byly u řízené klasifikace i kvantifikovány.

## Výsledky

Práce poskytuje základní přehled o spektrálních indexech používaných v geologickém a fyzickogeografickém výzkumu. Zpracování vybraných analýz prokázalo možnosti širšího uplatnění výsledků než jen pro vegetační a geologické studie.

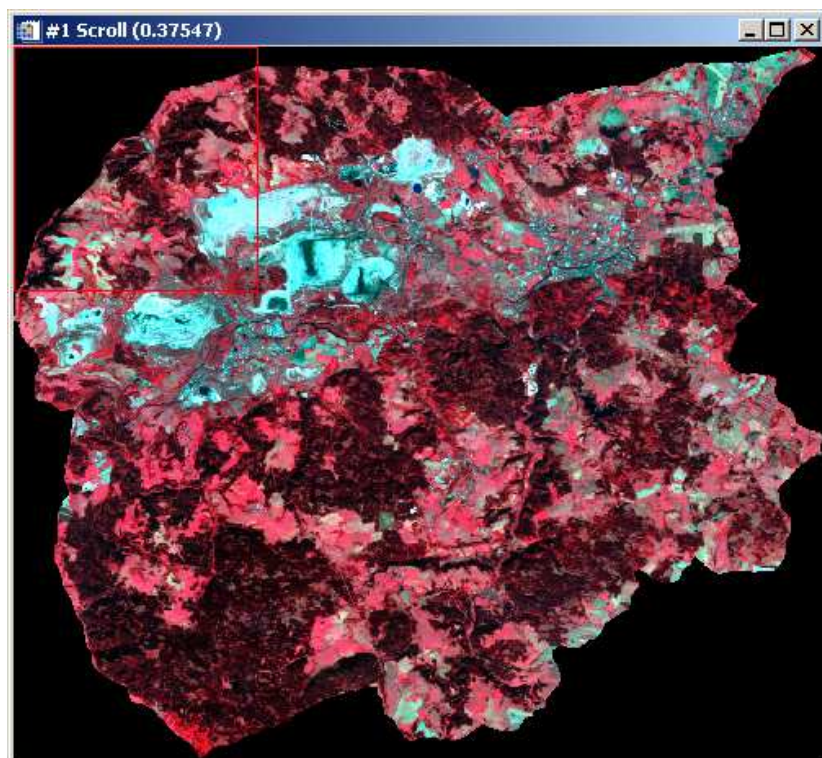
Vegetační indexy lze použít pro mapování půd, obsahu vody v krajině, množství biomasy a úrovně pokrytí povrchu vegetací. Zjišťovat lze také zdravotní stav vegetace, dostatečně kvalitní data umožňují sledovat dynamiku růstu zemědělských plodin a odhadovat produktivitu a výnosy. Vegetační indexy také dokáží odhalit oblasti, kde je rostlinstvo postiženo nedostatkem vláhy a lze poměrně přesně předvídat možný výskyt požárů.

Vegetační indexy tak nacházejí uplatnění v biogeografii, pedologii, ekologii či v přesném zemědělství (precision farming).

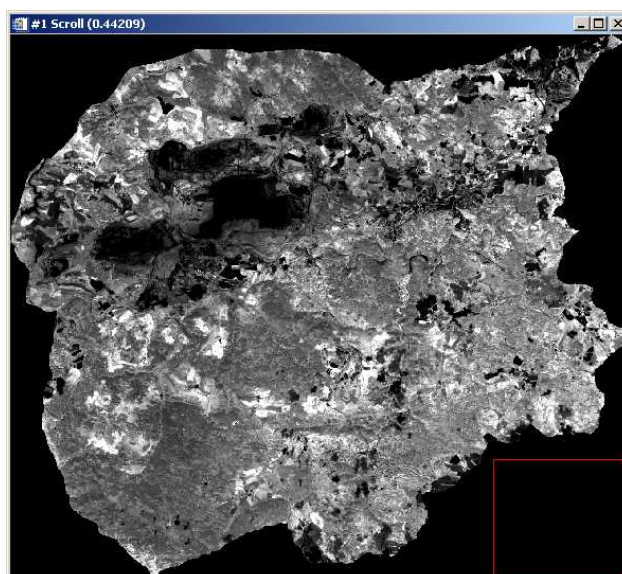
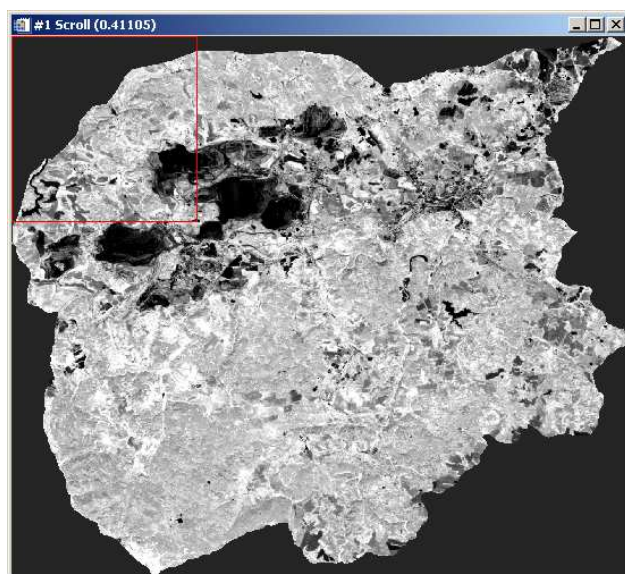
Geologické spektrální indexy také nepopírají vzájemnou provázanost jednotlivých složek krajiny. Algoritmy určené pro zvýraznění vybraných hornin a minerálů mohou pomoci nejen při mineralografickém a petrografickém výzkumu, ale lze díky nim interpretovat geomorfologické tvary a pochody, některé hydrologické ukazatele atd.

Způsob uplatnění takto spektrálně zvýrazněných dat přímo závisí na vybraném území, proto je oblast potenciálního využití pravděpodobně mnohem širší.

Jako výsledky této práce lze uvést komentovaný seznam používaných spektrálních indexů vybraného zaměření a také praktickou aplikaci některých z nich. Algoritmy vybrané pro zpracování poskytují hodnotné informace pro ty složky krajiny, pro které byly navrženy. Ukázky některých barevných kompozic a výsledků jsou uvedeny níže.



Obr. 1: Sokolovsko – studovaná oblast v barevné kompozici 4-3-2



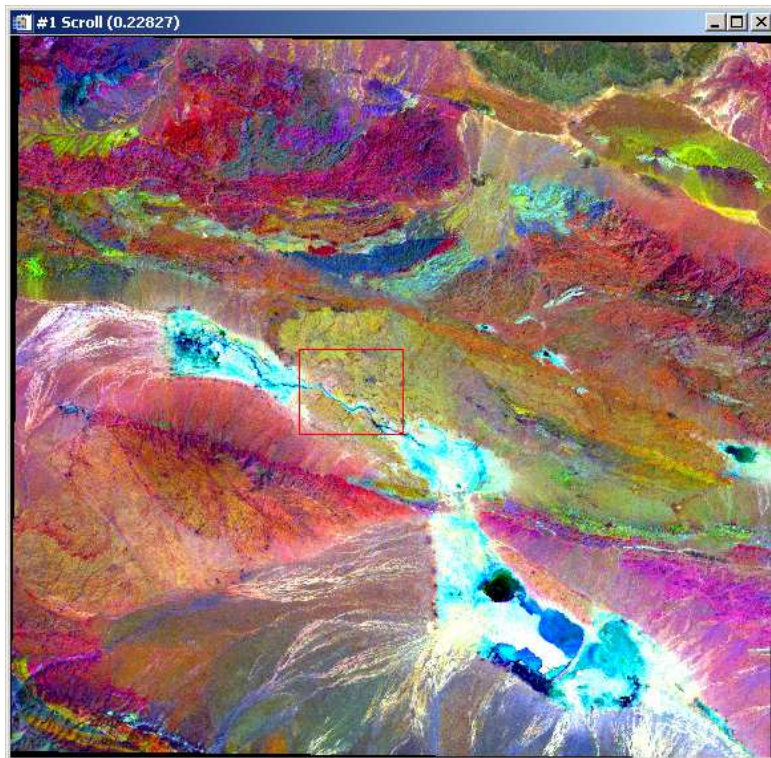
Obr. 2 a 3 : Výpočet NDVI pro data z ETM+ a SRI pro data z Asteru, obě scény jsou zobrazeny ve stupních šedi.



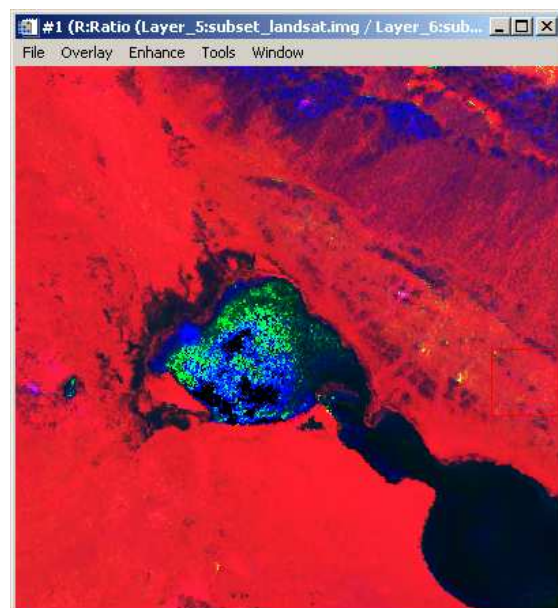
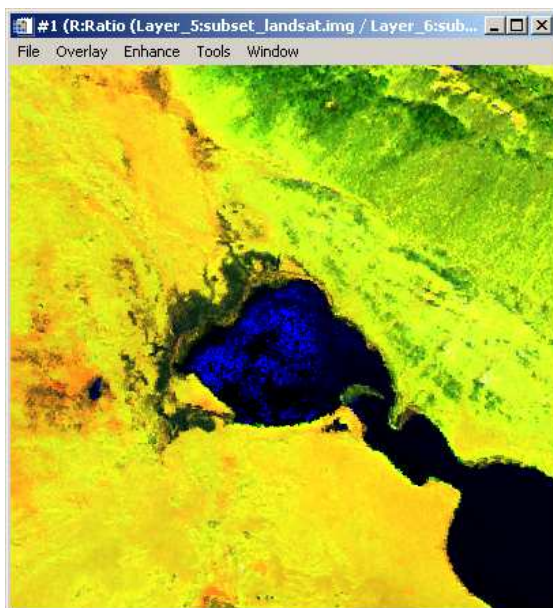
Obr. 4 : Lokalizace husté vegetace a lesních porostů na podkladu NDVI

Kategorie	Plocha [ha]	Počet klas. tříd
Orná půda	29120.60	6
Lesní porosty a hustá vegetace	60085.95	5
Lomy, zástavba a vodní plochy	10587.42	7
Neklasifikováno	133.14	1
Výřez celkem	99927.11	19

Obr. 5 Kvantifikace klasifikovaných tříd získaných řízenou klasifikací NDVI



Obr. 6 Mongolsko – studované území - Landsat ETM+ v barevné kompozici 6-3-1



Obr. 7 a 8 Zobrazení jezera Chumaz Nuur pomocí spektrálních indexů odhalilo sedimenty s obsahem železa v jeho severozápadní části. Na obr. 7 je zobrazena minerální kompozice, na obr. 8 hydrotermální. Převažujícím materiálem jsou kvartérní sedimenty s výraznými příměsí jílových minerálů ( na obr. 7 zobrazeny odstíny žluté, na obr. 8 odstíny červené)

## Použité zdroje

Dobrovolný, P.: Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. Brno, 1. vydání MU, 1998, 208 s.

ENVI User's Guide [soubor pdf]. RSI, 2003 [cit. 2005-2-23].

Erdas IMAGINE Field Guide [soubor pdf]. Leica Geosystems GIS and Mapping [USA]. 7th edition. 2003 [cit. 2005-1-24].

Gupta, R. (2002): Remote Sensing Geology. 2nd ed., Springer, Berlin, 655 s.

Jančík, M.: Vybrané geologické hyperspektrální analýzy. [Diplomová práce] Olomouc, Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, 2005, 70s.

Lillesand, T., Kiefer, R. (1994): Remote Sensing and Image Interpretation. 3. vydání, John Wiley and Sons, Inc., New York, 750 s.

Metelka, V.: Geological Analysis of Remote Sensing Data in the Gobi Altai region . [Diplomová práce] Praha, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, 2005, 78 s.

EO Library: Measuring Vegetation (NDVI & EVI) [online]. 2006, poslední revize 22. 1. 2006 [cit. 22. 1. 2006] Dostupné z: <<http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>>

Remote Sensing Tutorial [online]. 2006, poslední revize 4. 4. 2006 [cit. 4. 4. 2006]. Dostupné z: <<http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>>

JUNEK, P.: Geological mapping in the Cheleken peninsula, Turkmenistan area using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data [soubor pdf]. 2004 [cit. 2006-3-9]. Dostupné z <<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/papers/420.pdf>>.

ROWAN, L.C. - MARS, J.C.: Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data [soubor pdf]. 2002 [cit. 2006-3-4].

Rock, Barrett N.: Lesy České Republiky Study, final report [soubor pdf]. 2003 [cit. 13. 4. 2006] Dostupné z: <[http://www.wrrc.unh.edu/access/access\\_papers/Rock\\_finalreport.pdf](http://www.wrrc.unh.edu/access/access_papers/Rock_finalreport.pdf)>

San, B. T., Sumer, E. O., Gurcay, B.: Comparison of band rationing and spectral indices methods for detecting alutine and kaolinite minerals using ASTER data in BIGA region, Turkey [online]. 2003, poslední revize 20. 11. 2003 [cit. 15. 10. 2005]. Dostupné z: <<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm7/papers/15.pdf>>

Yamaguchi, Y.: Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands [online]. 2003, poslední revize 20. 11. 2003 [cit. 15. 10. 2005]. Dostupné z: <<http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tres/2003/00000024/00000022/art00006>>