

NEŘÍZENÁ KLASIFIKACE

verze 1.0

autor listu: Lucie Červená

Cíle

V tomto výukovém listu se dozvíte:

- co je to klasifikace obrazu,
- na jakém principu funguje neřízená klasifikace,
- jak funguje algoritmus ISODATA,
- jak vytvořit neřízenou klasifikaci v prostředí ENVI (verze 5.3),
- co znamenají jednotlivé parametry klasifikátoru ISODATA a jak je nastavit,
- jak proměnit vytvořené spektrální třídy na třídy informační (tj. třídy krajinného pokryvu).

Prerekvizity

Student by měl znát spektrální vlastnosti základních povrchů v krajině a umět používat barevné syntézy (výukový list Zvýraznění obrazu). Též by měl být obeznámen s daty Landsat (pokud není, lze dostudovat například online zde <https://landsat.usgs.gov/>, kde je možné nalézt i odkaz k jejich stažení) a umět základní operace se softwarem ENVI (načtení dat a jejich zobrazení, zoom apod.).

Co je to klasifikace?

Vizuální interpretace a ruční vektorizace obrazových dat dálkového průzkumu Země může být nahrazena pomocí počítačových klasifikačních algoritmů. Jejich výhodou je jednak rychlost a možnost zpracování velkého množství dat (vícerozměrné datové soubory, rozlehlá území apod.), ale také exaktnost, tj. mohou být použity opakovaně naprosto stejným způsobem. Výstupem klasifikací bývají nejčastěji tematické mapy, tabulky nebo digitální datové soubory, které slouží jako vstupy do geoinformačních systémů. (Lillesand et al., 2008)

Podstata klasifikace spočívá v rozdělení naměřeného datového souboru do určitých **tříd** podle určitého **příznaku** a na základě určitých rozhodovacích pravidel (**klasifikátoru**). **Třídami** jsou v dálkovém průzkumu Země nejčastěji jednotlivé typy krajinného pokryvu v různé úrovni podrobnosti (pro příklad propracovaného klasifikačního systému se čtyřmi úrovněmi podrobnosti se podívejte na publikaci Anderson ... [et al.] (1976), která popisuje USGS Land Use/Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data, nebo na CORINE Land Cover). **Příznak** je veličina, kterou můžeme pro jednotlivé objekty měřit a která by měla především jednoznačně odlišovat jednotlivé třídy. Rozeznáváme čtyři základní příznaky – spektrální, prostorový, časový a polarizační (Kolář, 1990). Obzvláště v pixelových klasifikacích je nejčastěji využíván spektrální příznak, který pro každý pixel udává hodnotu odraženého/vyzářeného záření v jednotlivých pásmech multispektrálního obrazu. **Klasifikátor** je pak sada pravidel (algoritmus), která na základě příznaků rozhoduje o přiřazení zkoumaného pixelu do dané třídy.

Klasifikace lze dělit podle různých kritérií. Dle toho, zda do procesu vstupuje operátor již na začátku procesu a definuje tzv. trénovací množiny, ze kterých se následně klasifikátor může učit, či ni-

koli, se jedná buď o klasifikaci řízenou, nebo neřízenou. Dalším dělením může být to, zda je objektem, který přiřazujeme do tříd, samostatný pixel (*per-pixel* neboli pixelové klasifikace), nebo skupina pixelů s podobnými vlastnostmi (objektově-orientovaná klasifikace). **Tento výukový list pojednává o neřízené pixelové klasifikaci.**

Neřízená klasifikace – teorie

Neřízená klasifikace (anglicky *Unsupervised Classification*) je založena na předpokladu, že každý krajinný pokryv má charakteristické spektrální vlastnosti a že stejné typy povrchu mají stejné či velmi podobné spektrální odezvy. Na základě spektrální podobnosti jsou pak pomocí určitých algoritmů pixely slučovány do shluků, které jsou označovány jako spektrální třídy (tj. třídy objektů od sebe spektrálně rozlišitelných). Tyto spektrální třídy ovšem ještě nemají požadovanou informační hodnotu, a proto musí zpracovatel porovnat výsledné spektrální třídy s leteckými snímky či jinými dostupnými informacemi a zjistit, jaké povrchy krajinného pokryvu (informační třídy) jednotlivým spektrálním třídám odpovídají. Největší výhodou neřízené klasifikace je, že nevyžaduje prakticky žádnou znalost klasifikovaného území a před počátkem procesu nemusí být přesně definovaný počet tříd krajinného pokryvu jako u klasifikace řízené, takže se nemůže stát, že by bylo na nějakou třídu zapomenuto. (Kolář a kol., 1997)

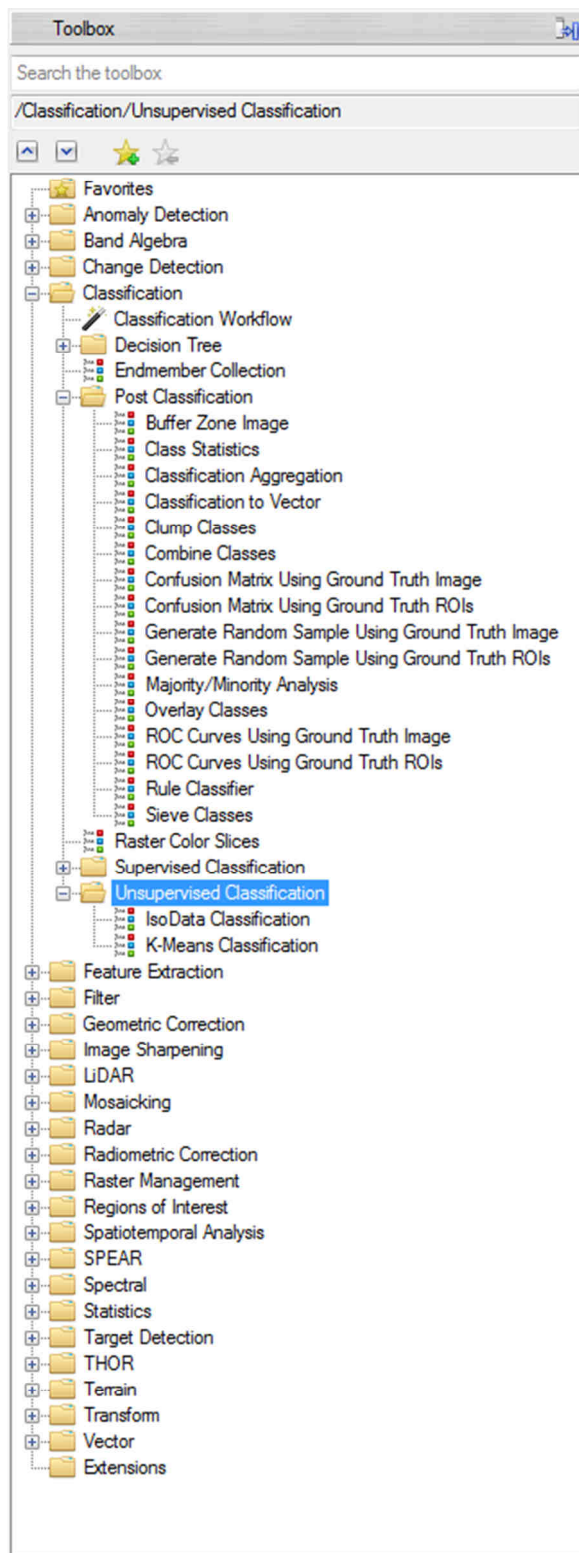
Princip neřízené klasifikace lze jednoduše shrnout do několika kroků, například dle Dobrovolného (1998) následovně:

1. Definování počtu výsledných shluků (konkrétní počet či rozpětí minimum – maximum),
2. generování počáteční polohy centroidu pro každý shluk,
3. postupné přiřazení všech pixelů k tomu shluku, k němuž mají v příznakovém prostoru nejblíže,
4. výpočet nového centroidu pro každý shluk na základě všech přiřazených pixelů,
5. opakování kroku 3 a 4 do té doby, dokud se poloha shluku či počet pixelů zařazených do shluku výrazně nemění, případně je dosaženo maximálního počtu iterací (opakování),
6. přiřazení konkrétního významu každému tzv. stabilnímu shluku = spektrální třídě,
7. vytvoření informačních tříd spojováním tříd spektrálních.

Výše uvedený postup charakterizuje nejjednodušší shlukovací algoritmus označovaný jako K-means. Tento algoritmus vyžaduje od zpracovatele na počátku procesu pouze zadání požadovaného počtu iterací a požadovaného počtu shluků, případně i lokaci jejich středů. Pokud lokace středů shluků nejsou zadány, algoritmus jejich počáteční polohy zvolí sám rovnoměrným rozmístěním ve vícerozměrném prostoru. Vylepšenou variantou algoritmu K-means je algoritmus ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques). Algoritmus ISODATA se od algoritmu K-means liší tím, že nemá stálý počet shluků, takže požadovaný počet shluků musí být zadán jejich minimálním a maximálním počtem. V tomto rozmezí pak počet shluků kolísá v jednotlivých iteracích. Shluky mohou být spojovány, pokud vzdálenost středů těchto shluků je menší než předem zadaná hodnota, nebo rozdělovány, pokud se stanou příliš heterogenními (měřeno maximální hodnotou směrodatné odchylky zadanou na počátku výpočtu). Shluky mohou být i zcela rušeny, pokud obsahují méně pixelů než je předem zadaná minimální velikost shluku. Příslušné pixely jsou pak přiřazeny k nejbližším okolním shlukům. Po každé iteraci dochází k přepočítávání statistik a opakování celého procesu a přeřazování pixelů. Proces klasifikace je definitivně ukončen, když je dosaženo maximálního zadaného počtu iterací nebo když už nedochází k významnému počtu změn v zařazení jednotlivých klasifikovaných pixelů. (Lillesand et al., 2008)

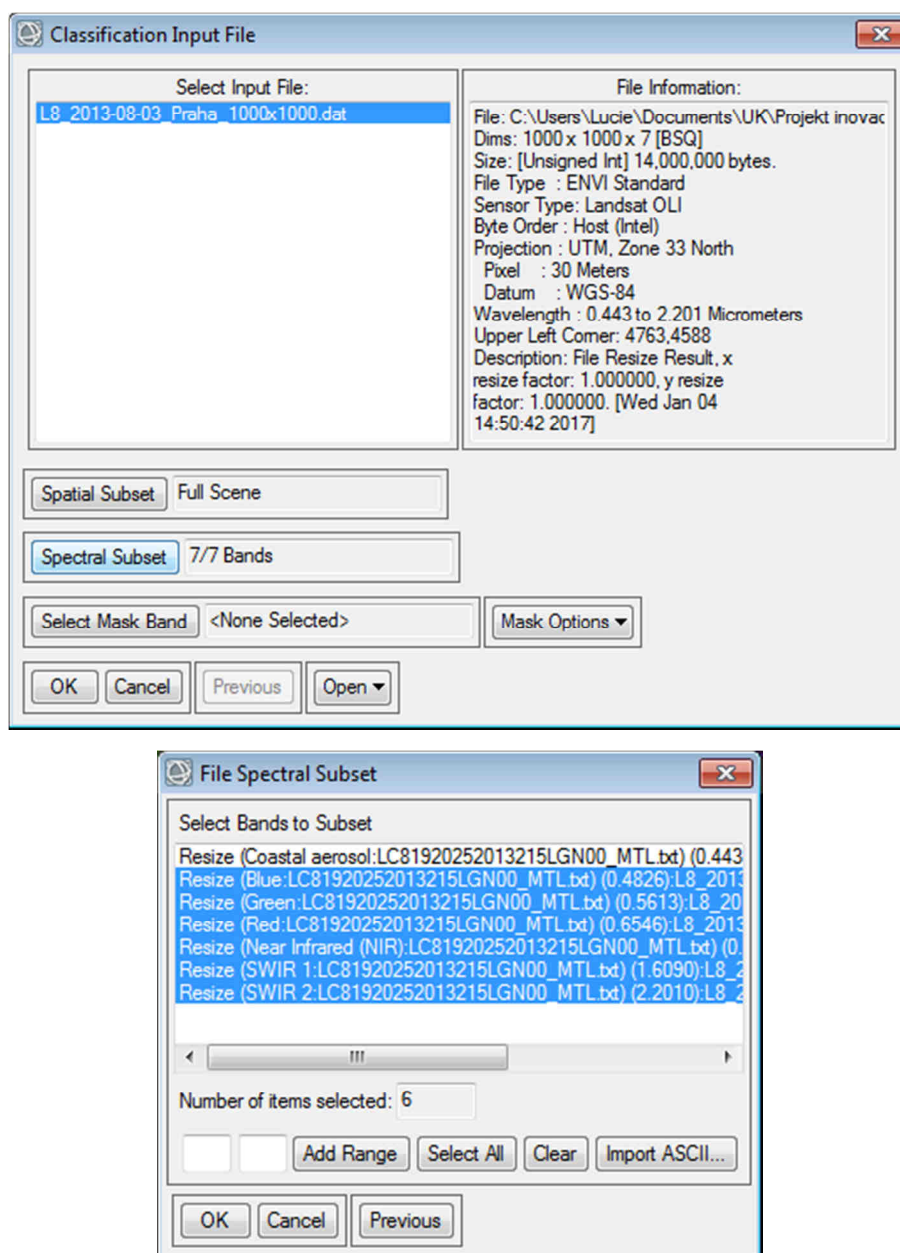
Neřízená klasifikace v ENVI

V ENVI (verze 5.3) najdeme oba výše zmiňované algoritmy neřízené klasifikace, K-means i ISODATA. Nachází se v *Toolboxu* ve složce *Classification* a podsložce *Unsupervised Classification*. Užitečné mohou být i nástroje v podsložce *Post Classification*, např. *Combine Classes*, který umožňuje slučování spektrálních tříd do tříd informačních. (obrázek 1)



Obr. 1. ENVI Toolbox.

Na základě výřezu dat pořízených senzorem OLI na družici Landsat 8 dne 3. 8. 2013 si vyzkoušíme tu složitější nežřízenou klasifikaci – ISODATA. Po načtení obrazových dat do ENVI zapneme nástroj *IsoData Classification*, kde v prvním kroku musíme vybrat požadovaný soubor obrazových dat a zároveň můžeme provést prostorový ořez dat nebo výběr spektrálních pásem, na základě kterých chceme klasifikaci provádět (obr. 2). Například lze u dat OLI vyloučit pásmo 1 (Coastal/aerosol), pokud neklasifikujeme mořské pobřežní oblasti, neboť pásmo je hodně ovlivněno rozptylem v atmosféře. Pomocí *Select Mask Band* je možné vybrat i masku, tj. binární soubor, určující, které oblasti se mají klasifikovat a které ne (maska musí být vytvořena předem, například pomocí nástrojů *Build Mask* a *Apply Mask*). Například lze vytvořit masku lesa, a poté klasifikovat pouze lesy na podrobnější kategorie jako jsou listnaté lesy, smíšené lesy, jehličnaté lesy, nízký porost apod. To v tomto cvičení však dělat nebudeme, výsledkem našeho snažení bude mapa kompletního krajinného pokryvu vybrané oblasti.



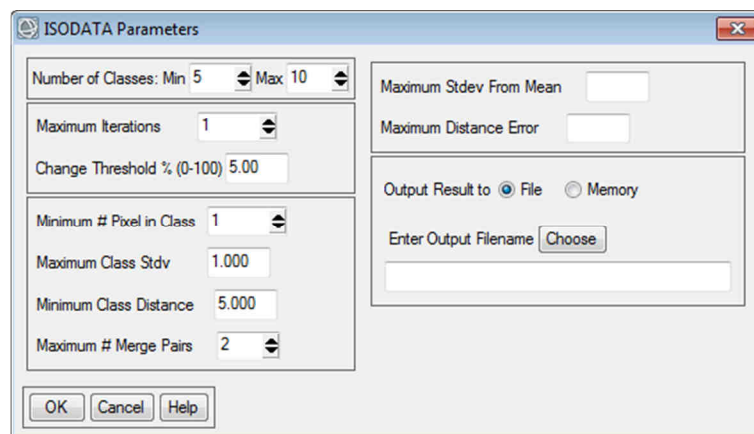
Obr. 2. Výběr obrazových dat a konkrétních pásem vstupujících do procesu nežřízené klasifikace.

V dalším kroku se již otevře okno (obr. 3), které požaduje nastavení jednotlivých parametrů klasifikátoru ISODATA. A co znamenají jednotlivé parametry?

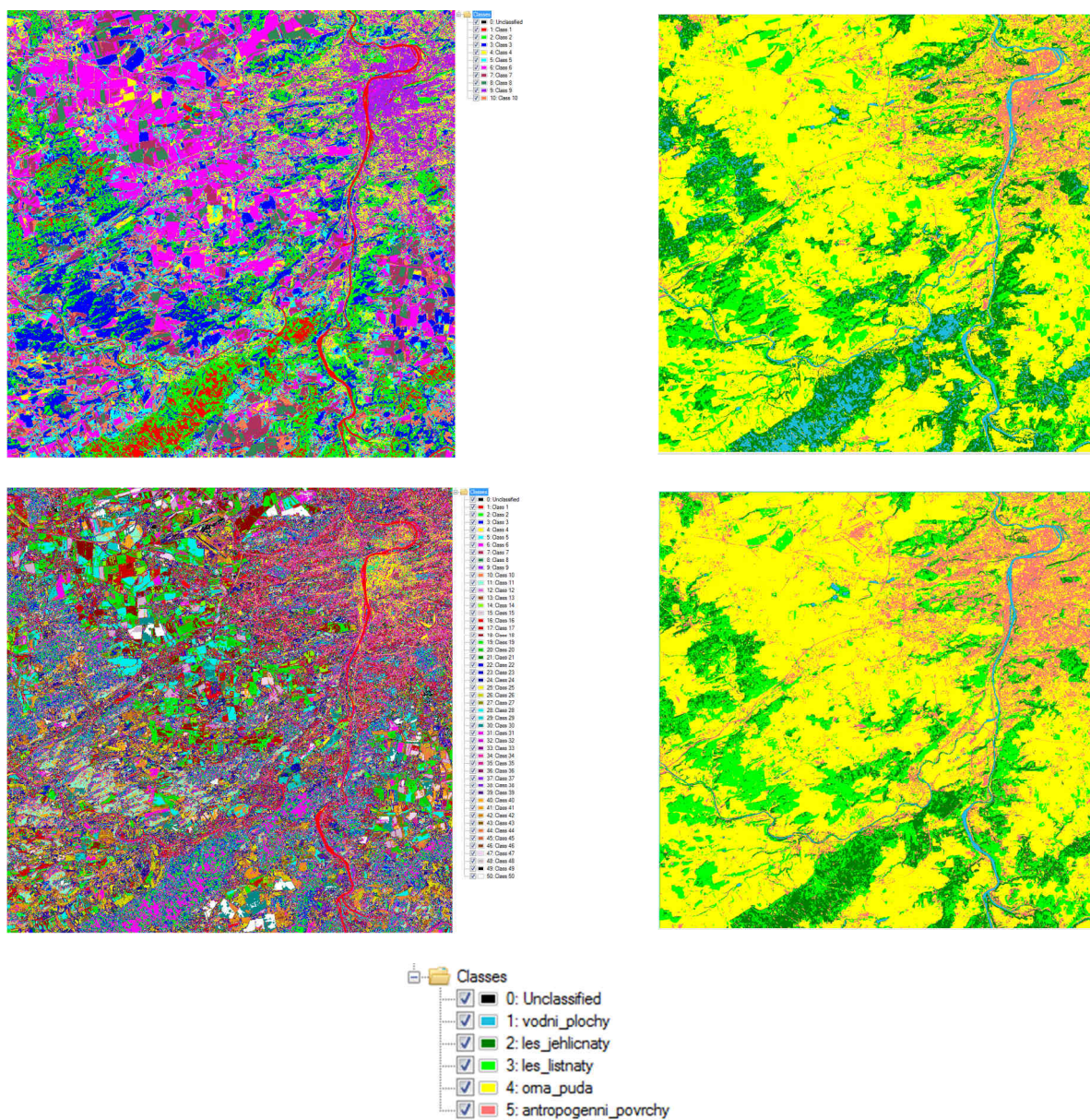
- *Number of Classes*: Min, Max – udává rozmezí počtu shluků, které budou vytvořeny.
- *Maximum Iterations* – slouží k ukončení procesu klasifikace, když není ukončena již dříve jinou podmínkou (threshold); je nutné výchozí hodnotu ZVÝŠIT!
- *Threshold* – slouží k ukončení klasifikačního procesu, když se v každé ze tříd mění méně pixelů než je daná mez.
- *Minimum # Pixels in Class* – minimální počet pixelů ve třídě, aby nebyla sloučena s jinou.
- *Maximum Class Std* – pokud přesáhne směrodatná odchylka ve třídě tuto mez, je rozdělena na více částí; udává se v jednotkách klasifikovaného snímku, tedy nejčastěji v hodnotách odrazivosti či DN hodnotách (anglicky *Digital Number*, což je signál naměřený na detektoru rozdělený do intervalů označených celým číslem, přičemž počet těchto intervalů odpovídá radiometrickému rozlišení detektoru a dat).
- *Minimum Class Distance* – pokud jsou si průměry dvou tříd blíže než je tato mez, jsou sloučeny v jednu třídu; udává se v jednotkách klasifikovaného snímku, tedy nejčastěji v DN hodnotách, případně hodnotách odrazivosti.
- *Maximum # Merge Pairs* – kolik párů tříd se může sloučit v jednom kroku.
- Poslední dva parametry *Maximum Stdev From Mean* a *Maximum Distance Error* (popisující, jak může být třída maximálně „rozlehlá“ a jak si mohou být dvě třídy maximálně „blízko“) jsou nepovinné – pokud zůstanou nevyplněné, budou klasifikovány všechny pixely.

(ENVI Help)

Výchozí hodnoty parametrů jsou zobrazeny v obrázku 3. Některé není nezbytné měnit, u některých je to zásadní. V první řadě je nezbytné navýšit počet iterací, neboť hodnota 1 nedává u iteračních algoritmů smysl, a výsledek by tak byl velmi nepřesný. Ze zkušenosti s daty Landsat a klasifikacemi snímků pocházejících z území České republiky by mělo 10 iterací stačit, ale rozhodně neuděláte chybu, když raději zvolíte iterací více. Dalším parametrem vyžadujícím změnu je počet požadovaných spektrálních tříd, 5 – 10 je většinou málo, protože se vytvoří spektrální třídy, které nereprezentují všechny námi požadované kategorie krajinného pokryvu, a je tedy potřeba zadat několikanásobně vyšší počty požadovaných spektrálních tříd, které se následně sloučí (viz obrázek 4, kde se při vytvoření pouze 10 spektrálních tříd vytvořilo 6 tříd reprezentujících ornou půdu, ale došlo ke sloučení tříd jehličnatý les a vodní plochy. Při vytvoření 50 spektrálních tříd se již tyto dvě kategorie podařilo oddělit a výsledek je celkově lepší). S ostatními parametry můžete experimentovat. Jaké zhruba hodnoty nastavit vám pomůže prozkoumání DN hodnot / hodnot odrazivosti pro jednotlivé kategorie – k tomu můžete využít nástroje *Pixel Value* či *Crosshairs*, případně *ROI tool*, o kterém bude více pojednáno ve výukovém listu Řízená klasifikace.



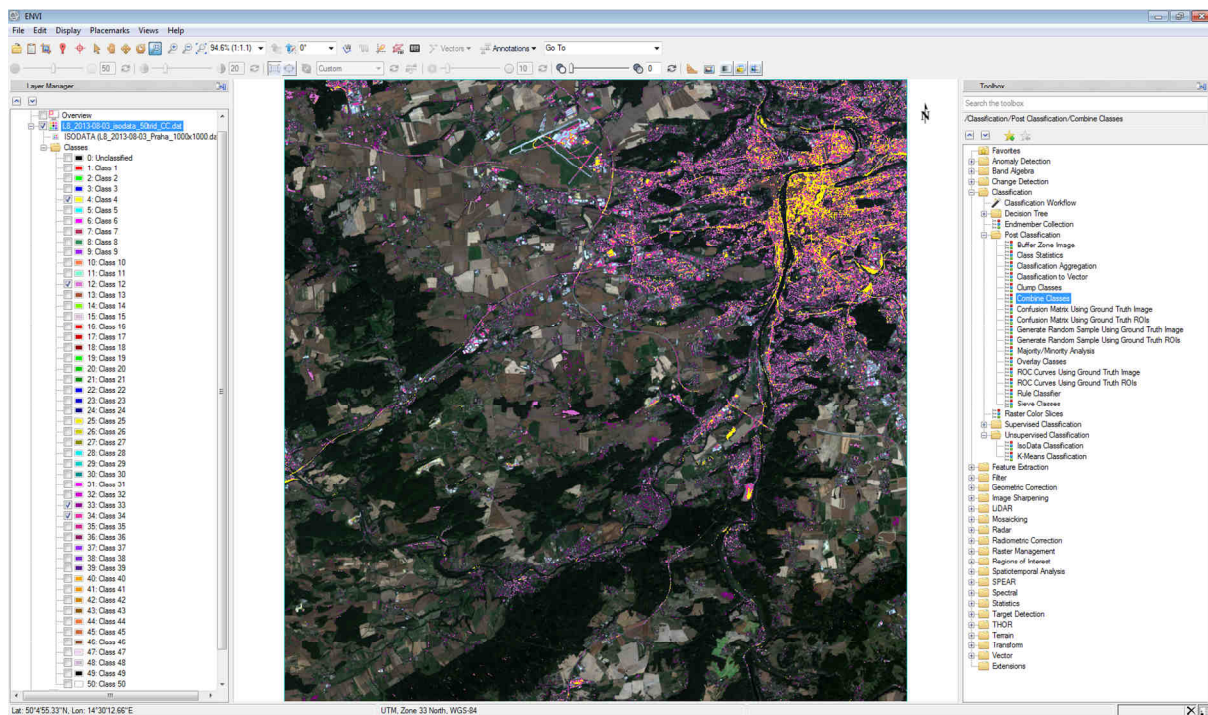
Obr. 3. Výchozí nastavení klasifikátoru ISODATA.



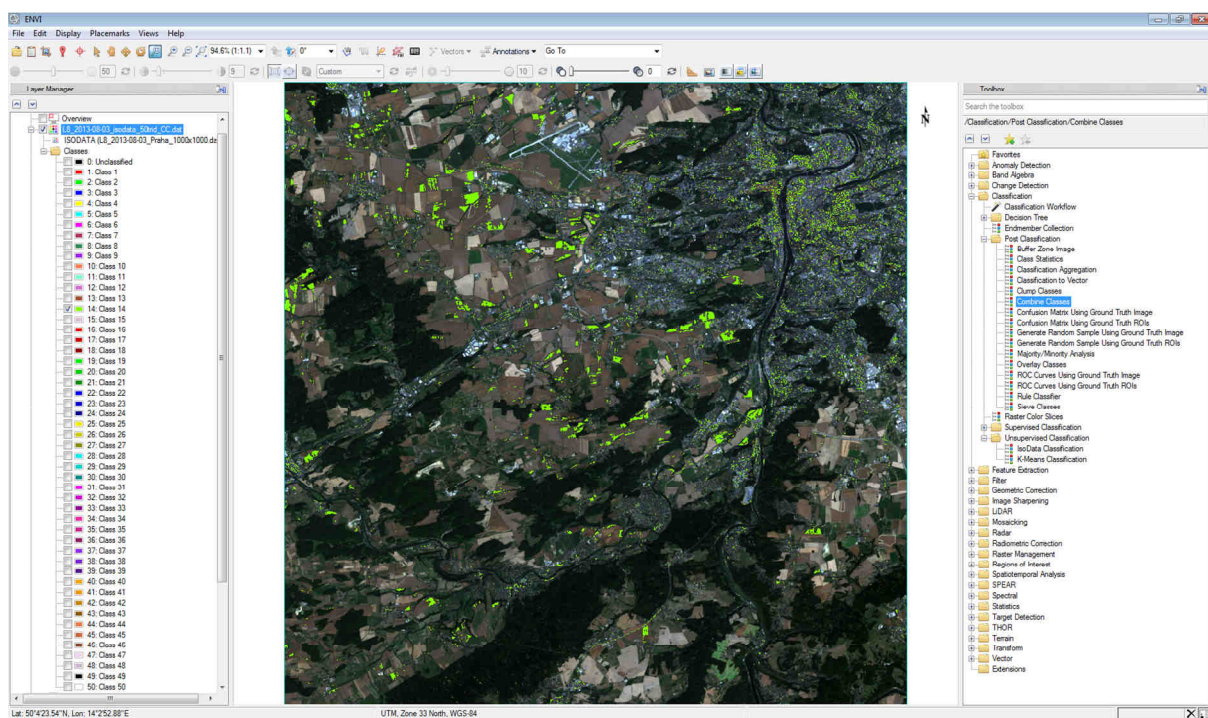
Obr. 4. Ukázka klasifikace ISODATA s vytvořenými 10 a 50 spektrálními třídami (vlevo) a jejich následné sloučené do 5 tříd krajinného pokryvu (vpravo).

Sloučení vytvořených spektrálních tříd do tříd informačních

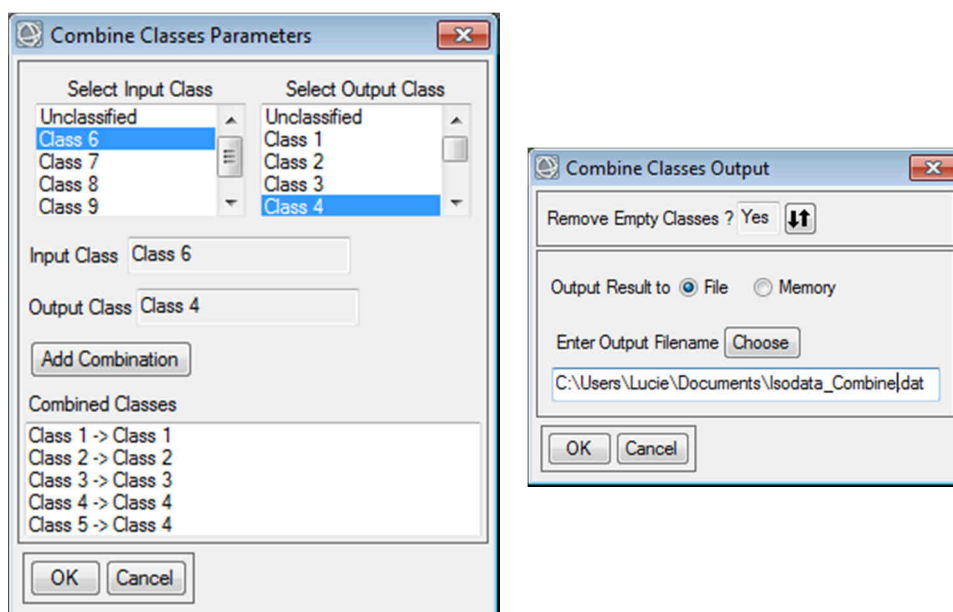
Po vytvoření neřízené klasifikace počítačem následuje práce operátora, který musí spektrální třídy sloučit, pokud zobrazují stejný krajinný pokryv a pojmenovat je. Ke sloučení tříd sloučí nástroj *Combine Classes*, který se nachází se v *Toolboxu* ve složce *Classification* a podsložce *Post Classification*. Než se však spustí, musíme zjistit, které třídy je potřeba sloučit. Pokud máme výstup klasifikace s 50 třídami, není to úplně jednoduché, jelikož možností jak jednotlivé třídy sloučit je více. Doporučeným postupem může být zobrazení několika vybraných barevných syntéz originálního snímku pod klasifikovanými daty a vypnutí všech klasifikovaných tříd (jednoduše kliknutím pravým tlačítkem na ikonku složky s názvem *Classes* u zkoumané klasifikační vrstvy a zvolit možnost *Hide All Classes*). Následně je možné třídy postupně po jedné zobrazovat nad snímkem a vedle na papír vypisovat, které spektrální třídy označené číslem zobrazují které třídy krajinného pokryvu. U některých spektrálních tříd je to zcela zřejmé (viz obr. 5, na kterém jsou zobrazeny třídy, které reprezentují pouze antropogenní povrchy – zástavbu, silnice apod.), ale u některých je vidět, že daná spektrální třída obsahuje více tříd krajinného povrchu (viz obr. 6, na kterém jedna spektrální třída reprezentuje dva krajinné pokryvy s podobnou odrazivostí, holou ornou půdu a zástavbu). Řešením pro dosažení co nejlepšího výsledku je předělat klasifikaci do více tříd či s jiným nastavením hodnot parametrů. Alternativou je pokračovat s tímto výstupem, protože žádná klasifikace není dokonalá, a rozhodnout se, ke kterému krajinnému pokryvu třídu přiřadit. Například podle toho, pro koho je výsledná mapa dělána a co má být jejím hlavním účelem – bude větší problém mít ornou půdu v Praze, nebo zástavbu v polích? Případně jednodušeji, je větší počet pixelů zástavbou nebo ornou půdou? Poté, co prozkoumáme reálný význam jednotlivých spektrálních tříd, v nástroji *Combine Classes* lze vše již jednoduše zadat. V prvním kroku si vybereme příslušný výstup klasifikace, se kterým chceme dále pracovat, a v tom dalším přiřazujeme postupně třídy – vlevo jsou vstupní (spektrální) třídy, vpravo ty výstupní – do jedné výstupní třídy lze samozřejmě přiřadit více vstupních tříd, každou kombinaci tříd je nutné potvrdit tlačítkem *Add Combination* (obr. 7). Pokud uděláme chybu, jednoduše lze dvojici odstranit tak, že na ní levým tlačítkem myši ve spodním seznamu klikneme. V posledním kroku zvolíme, kam má být výstup uložen a zda chceme odstranit třídy, které jsou prázdné. Výchozí volbou je, že nikoliv, takže je potřeba volbu změnit na ano, aby nám ve výstupu zůstaly pouze třídy, které obsahují nějaké pixely (obr. 7).



Obr. 5. Spektrální třídy reprezentující zástavbu nad snímkem Landsat 8 zobrazeným v pravých barvách.

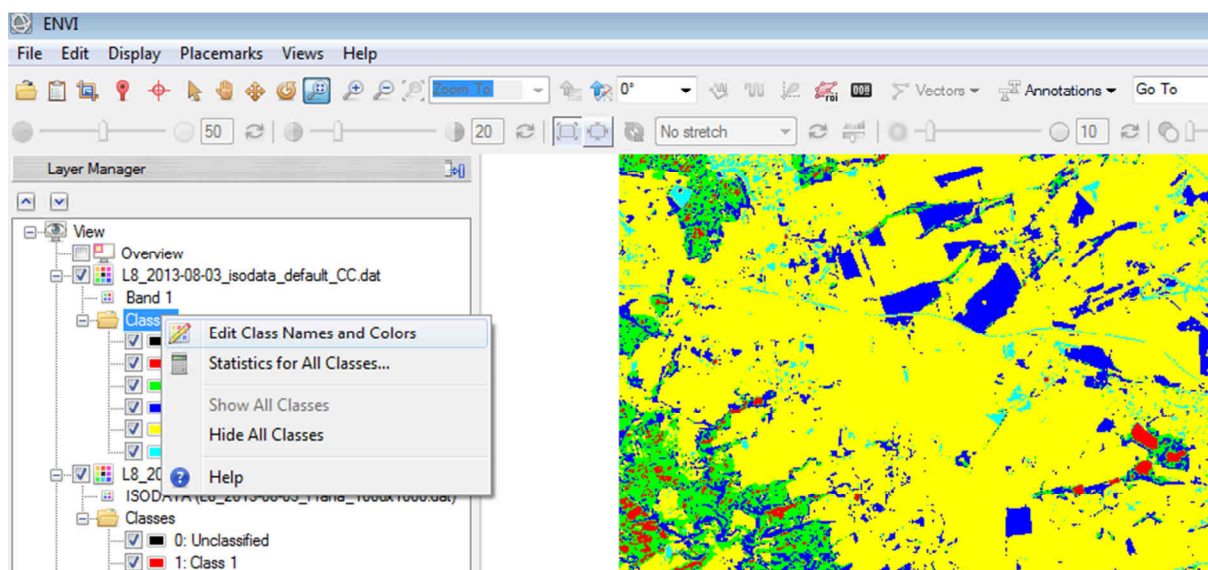


Obr. 6. Spektrální třída reprezentující zároveň zástavbu i ornou půdu nad snímkem Landsat 8 zobrazeným v pravých barvách.

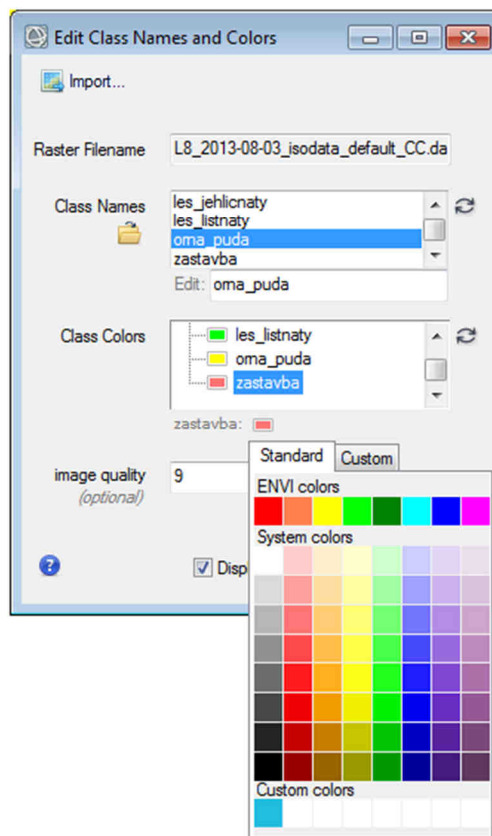


Obr. 7. Nástroj Combine Classes.

Úplně posledním krokem je pak třídy pojmenovat a změnit jim barvy. Oboje umožňuje nástroj *Edit Class Names and Colors*, který se objeví při kliknutí pravým tlačítkem myši na klasifikační výstup, viz obrázek 8. Jak lze přepisovat názvy tříd a měnit barvy je vidět v obrázku 9.



Obr. 8. Kde hledat nástroj Edit Class Names and Colors.



Obr. 9. Nástroj Edit Class Names and Colors.

Pokud chceme z výstupu vytvořit mapu, ideálním řešením je vytvořenou klasifikaci otevřít v softwaru ESRI ArcMap, kde jsou na to vhodné nástroje. Pokud byly výstupy ukládány s příponami *.dat či *.img, není problém rastry v ArcMap načíst, pokud jsou soubory uloženy bez přípony, je třeba jim některou z možných přípon dopsat. Další možností je přímý export vektorové vrstvy z ENVI pomocí nástroje *Raster to Vector*.

Zhodnocením přesnosti vytvořené klasifikace, které je nedílnou součástí celého procesu, se zabývá samostatný výukový list „Hodnocení přesnosti klasifikace“.

Úkol

Stáhněte si z webové stránky <https://earthexplorer.usgs.gov/> snímek pořízený družicí Landsat 8 pro Vaše oblíbené území a udělejte si výřez části scény (v ENVI nástrojem *Resize Data*), ať se Vám lépe pracuje a výpočty trvají kratší dobu. S využitím ENVI proveďte neřízenou klasifikaci pomocí klasifikátoru ISODATA.

- Předem odhadněte, které třídy krajinného pokryvu jste schopni ze snímku určit.
- Na základě více barevných syntéz zkuste odhadnout, kolik spektrálních tříd bude potřeba vytvořit. Například se podívejte na ornou půdu a zkuste spočítat, kolik různých barev polí jste schopni identifikovat, postupujte obdobně i s ostatními krajinnými pokryvy. Toto Vám pomůže určit minimální a maximální počet shluků, které se v klasifikované oblasti nacházejí.
- Popište vaše nastavení klasifikátoru – vstupní pásma, počet tříd a iterací, změny dalších parametrů klasifikátoru.

- Služte vytvořené spektrální třídy do tříd informačních (tříd krajinného pokryvu). Třídy pojmenujte a přiřaďte jim vhodnou barvu.

Data ke cvičení

Výřez snímku pořízeného družicí Landsat 8, senzorem OLI, dne 3. 8. 2013 pro okolí Prahy: L8_2013-08-03_Praha_1000x1000.dat (lze však použít i jakýkoli jiný družicový snímek).

Zdroje

- ANDERSON, J. R. ... [et al.]. 1976. *A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data* [online]. Geological Survey Professional Paper 964. Washington, D.C.: United States Government Printing Office, 1976 [cit. 2009-12-26]. Digitální verze, konvertovaná z originálu v roce 2001, dostupná jako soubor PDF z URL <<http://landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf>>.
- DOBROVOLNÝ, P. 1998. *Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 1998. 210 s. ISBN: 80-210-1812-7.
- ENVI Help: <<http://www.harrisgeospatial.com/docs/ISODATAClassification.html>>.
- KOLÁŘ, J. 1990. *Dálkový průzkum Země*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 176 s. ISBN: 80-03-00517-5.
- KOLÁŘ, J.; HALOUNOVÁ L.; PAVELKA, K. 1997. *Dálkový průzkum Země 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 164 s. ISBN: 80-01-01567-X.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th ed. United States of America : Wiley, 2008. 756 s. ISBN: 978-0-470-05245-7.