

Klasifikace pokryvu území a jeho dopady na hodnocení srážko-odtokových poměrů

Markéta Hanzlová¹, Jiří Horák², Jan Unucka³, Lena Halounová⁴, Dušan Židek⁵,
Jakub Heller⁶

¹Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15,
70833, Ostrava-Poruba, Česká republika
marketa.hanzlova@vsb.cz

²Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15,
70833, Ostrava-Poruba, Česká republika
jiri.horak@vsb.cz

³Institut geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu
15, 70833, Ostrava-Poruba, Česká republika
jan.unucka@vsb.cz

⁴Katedra mapování a kartografie, Stavební fakulta, ČVUT, Thákurova 7,
16629, Praha 6, Česká republika
lena.halounova@fsv.cvut.cz

⁵ČHMÚ, pobočka Ostrava, K myslivně 3,
70800, Ostrava-Poruba, Česká republika
zidek@chmi.cz

⁶Cross Czech a.s., Václavské nám. 808/66, Praha 1, Česká republika
jakub.heller@crossczech.cz

Abstrakt. Klasifikace dat DPZ pro hodnocení srážko-odtokových poměrů představuje komplexní analýzu, která zahrnuje také integraci výsledků s dalšími daty. Bylo navrženo klasifikační schéma vhodné pro hodnocení srážko-odtokových poměrů na základě informací o aplikované metodě pro srážko-odtokové modelování, o typech pokryvu mající významný vliv na změnu srážko-odtokového procesu, o půdních poměrech v území a druhu pokryvu vyskytujících se v území a v neposlední řadě o typu dat, která klasifikujeme. Pro tento účel byly zpracovány snímky LANDSAT ETM+, pokrývající povodí řek Bělá (Jeseníky) a Olše (Beskydy).

Klíčová slova: využití a pokryv krajiny, klasifikace dat DPZ, srážko-odtokové modelování.

Abstract. A classification of remotely sensed data for an evaluation of rainfall-runoff conditions represents a complex analysis that includes also an integration of another data. A new classification scheme was developed on the base of information about selected method for rainfall-runoff modelling, types of land cover influencing r-r process and found in evaluated area, soil conditions and available data types used for classification. This classification procedure was applied to LANDSAT ETM+ scenes covering catchments of Bela River (Jeseniky mountains) and Olse River (Beskydy mountains).

Keywords: land use and land cover, EO data classification, rainfall-runoff modelling.

1 Úvod

Využití a pokryv krajiny spolu s hydrosynoptickou situací ovlivňují srážko-odtokový (dále jen s-o) proces v území. Tomuto tématu se věnovali např. Brown, Calder, Kantor, Chlebek, Jařabáč, Zelený, Kašpárek. (Hanzlová et al, 2006) Na území České republiky pak jde především o malá lesnická experimentální povodí, např. v Beskydech probíhá pozorování už od 50. let na dvou lokalitách, povodí Malá Ráztoka a povodí Červík, v Jeseníkách od konce 80.let na horském přítoku do řeky Bělé.

Výše uvedení autoři využívali zejména dlouhodobého monitoringu hydrologických a meteorologických údajů a s pomocí statistického zpracování (mj. vyhodnocování dlouhodobých hydrometeorologických řad) analyzovali vlivy vybraných faktorů, jako jsou např. struktura a zdravotní stav porostů na odtokové poměry. Již v těchto pracích se také objevuje myšlenka vlivu velikosti studovaného povodí na výsledky výzkumu a tedy i ovlivnění s-o vztahů faktory využití a pokryvu krajiny. Také se v uvedených pracích objevuje požadavek na využití aparátu hydrologického modelování. Využitím hydrologických modelů na malých a povodích bez staniční sítě se zabýval zejména Kovář (Kovář in Nachtenebel et Kovář eds. 1996). (Hanzlová et al, 2006)

Vegetační a zejména lesní pokryv jako klimaxové stádium na většině stanovišť a vegetačních stupňů v případě neexistence lidských aktivit ve středoevropské krajině přitom sehrává dvě základní úlohy. Jednak přímo vstupuje do s-o procesů a jednak působí jako ochranný faktor pro půdní horizonty, kde se v převážné míře odehrává hydrologická transformace ovzdušné srážky na odtok. (Hanzlová et al, 2006)

Dnes je hojně využívána databáze CORINE Land Cover pro evropskou krajinu jako zdroj informací o pokryvu a využití krajiny ke schematizaci povodí pro účely s-o modelování. CORINE nomenklatura však nevystihuje výjimečnost členitosti české krajiny, jako je mozaikovitý ráz krajiny, dále nedostatečně rozlišuje zemědělské plochy, které je třeba pro s-o modelování odlišit vzhledem k různým infiltračním schopnostem půd podmiňovanou rostoucí vegetací. Proto se jeví mnohdy nedostatečná především pro modely menších povodí (měřítko větší než 1:25 000).

Existuje mnoho rozličných klasifikačních schémat (či stupnic), které převážně reflektují specifickou geografickou oblast. Různorodost klasifikačních schémat je pak dána především účelem, měřítkem, geografickou polohou zpracovávané oblasti a také způsobem zpracování.

Jensen (2005) ve svých výukových prezentacích uvádí především schémata používaná v USA. Jsou to

- klasifikační systém americké územně plánovací asociace (American Planning Association Land-Based Classification System), který je orientován na detailní klasifikaci,
- klasifikační systém geologické služby USA pro data DPZ
- a jeho adaptace pro americkou národní databázi pokryvu krajiny a pro program C-CAP, který se zabývá analýzou změn pobřežních oblastí, v režii Národní administrativy pro oceány a atmosféru (NOAA).

Vedle již zmíněné databáze CORINE Land Cover, která je zpracována pro roky 1990 (CLC90, i když v ČR z novějších dat) a 2000 (CLC2000), je možno pro evropskou krajinu použít i klasifikační systém Unesca MUC (UNESCO), se čtyřmi hierarchickými úrovněmi.

Jedním z prvních úkolů grantového projektu „Využití geoinformačních technologií pro zpřesňování srážko-odtokových vztahů“ (GA 205/06/1037) je návrh efektivního způsobu klasifikace družicových nebo leteckých snímků jehož součástí byl návrh klasifikačního schématu s ohledem na s-o procesy v krajině. Při tomto návrhu jsme se v této fázi projektu zaměřili na možnosti získání informace o pokryvu krajiny pomocí klasifikace dat LANDSAT ETM+, kde je cílem vyzkoušet přímou klasifikaci vybraných parametrů retence povodí podle navrženého klasifikačního schématu.

2 Metody řešení

2.1 Návrh klasifikačního schématu

Při návrhu klasifikačního schématu využití a pokryvu krajiny s ohledem na s-o procesy je třeba zvážit

- aplikovanou metodu pro s-o modelování,
- druh využití a pokryvu krajiny mající významný vliv na změny v s-o procesu,
- charakter družicových dat, která hodláme klasifikovat.

Při aplikaci schématu v daném území je pak třeba ještě vzít v úvahu

- půdní poměry v území,
- druh využití a pokryvu krajiny vyskytující se v území
- charakter družicových dat, která hodláme klasifikovat.

Uvážením a propojením těchto informací dojdeme k faktu, že při sestavování seznamu tříd takového klasifikačního schématu budeme limitováni především vlastnostmi družicových dat (prostorové a spektrální rozlišení) a naší schopností detekovat a klasifikovat potřebné informační třídy.

Pro naše účely se využívá Hortonova metoda (HYDROG), metoda Green & Ampt a metoda revidovaných CN křivek (Bedient et Huber 2002, Řičicová et al. 2005).

CN křivky patří k jednodušším a transparentním metodám pro schematizaci povodí a odvození odtokové ztráty v GIS.

Metoda CN (Curve Number Method, Soil Conservation Service 1972) umožňuje odvození objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku na zemědělsky a lesnický využívaných povodích i na povodích urbanizovaných do velikosti plochy povodí cca 5 km². Tato metoda zohledňuje závislost retence povodí na hydrologických vlastnostech půd (infiltrace, aj.), počátečním stavu nasycenosti půdy, způsobu využívání půdy, vlivu infiltrace vegetačním pokryvem. (Hrádek et al, 2004)

Dalším aspektem, nutným ke zvážení při návrhu klasifikačního schématu s ohledem na s-o procesy, je vliv využití a pokryvu krajiny na změny v s-o procesu. K základním změnám ve využití krajiny, které ovlivňují srážko-odtokový proces, patří podle Langhammera et al (2004)

- odlesnění krajiny (především odlesnění krajiny v pramenných oblastech, kde hraje intercepce vegetace významnou roli). Přitom je třeba si uvědomit, že s odlesněním souvisí i **degradace půdního profilu** a ta má na odtok ještě větší vliv než intercepce vegetace,

- intenzivní zemědělství (např. přeměny krajinných objektů luk, pastvin, lesů na obhospodařovanou půdu. Významnou roli zde hrají rozsáhlé oblasti s pěstovanými monokulturami a ovlivnění hydraulických vlastností půdy její kultivací.),
- urbanizace krajiny (především urbanizované oblasti díky zpevněnému povrchu oslabují retenční kapacitu území, kdy zcela převažuje povrchový odtok),
- industrializace území (industrializované plochy zejména mění přirozenou původní hydrografickou síť, převody a akumulace vody v rámci VH soustav, odběry, chemické a tepelné znečištění, ovlivnění ledových jevů).

V souvislosti s tímto hlediskem je tedy žádoucí, aby klasifikační schéma postihovalo i tyto druhy pokryvu krajiny (lesy, zemědělské plochy, urbanizace).

Dalším hlediskem jsou vlastnosti dat DPZ. Zdrojem dat o pokryvu krajiny jsou snímky LANDSAT ETM+. Družicové snímky LANDSAT ETM+ se řadí mezi data s vysokým rozlišením. Prostorové rozlišení multispektrálních dat je 30 m (viditelné, blízké a střední infračervené pásma), 60 m (termální infračervené pásmo, pořizováno ve dvou módech, dále v textu označováno jako 61, 62) a v panchromatickém módu je 15 m. Spektrální rozlišení odpovídá 7 spektrálním pásmům.

Na základě výše uvedených informací bylo sestaveno klasifikační schéma pro přímé odvození čísel CN křivek (Tabulka 1). Pojmenování a kódy tříd první úrovně byly převzaty z nomenklatury CORINE dat, další úrovně byly zpracovány podle informací o aplikaci s-o metody modelování a na základě informací publikovaných Hrádkem et al, 2004.

Tabulka 1. Klasifikační schéma pro přímé odvození čísel CN-křivek.

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4
1. URBANIZOVANÁ ÚZEMÍ	1.1 Zástavba	1.3.1 Zpevněné	1.3.1.1 Dlážděné, živičné 1.3.1.2 Makadamové, šterkové
	1.2 Industriální plochy		
	1.3 Komunikace		
2. ZEMĚDĚLSKÉ PLOCHY	2.1 Úhor	2.1.1 Posklizňové zbytky	
		2.1.2 Čerstvě zkyplená půda	
	2.2 Pastviny s pokryvem	2.2.1 s pokryvem < 50% (silně spásané)	
		2.2.2 s pokryvem 50-75% (středně spásané)	
		2.2.3 s pokryvem > 75% (málo spásané)	
	2.3 Louky sklizené		
	2.4 Širokořádkové plodiny	2.4.1 Řádky po spádnici	
		2.4.2 Vrstevnicové řádky	
		2.4.3 Posklizňové zbytky	
		2.4.4 Pásově pěstované plodiny	
	2.5 Úzkořádkové plodiny	2.5.1 Řádky po spádnici	
		2.5.2 Vrstevnicové řádky	
		2.5.3 Posklizňové zbytky	

		2.5.4 Pásově pěstované plodiny		
	2.6 Sady se zatravněným meziřadím			
	2.7 Víceleté pícniny			
3. LESY A POLOPŘÍRODNÍ OBLASTI	3.1 Lesy	3.1.1 Listnaté lesy	3.1.1.1 Silně poškozené 3.1.1.2 Částečně poškozené 3.1.1.3 Zdravé	
		3.1.2 Jehličnaté lesy	3.1.2.1 Silně poškozené 3.1.2.2 Částečně poškozené 3.1.2.3 Zdravé	
		3.1.3 Smíšené lesy	3.1.3.1 Silně poškozené 3.1.3.2 Částečně poškozené 3.1.3.3 Zdravé	
	3.2 Křoviny s pokryvem	3.2.1 < 50%		
		3.2.2 50-75%		
		3.2.3 75%		
	3.3 Travní buřeň a mladé lesní porosty			

Tato klasifikace se jeví velice podrobně, není zde zahrnuta třída vodních objektů a vzhledem k možnostem dat DPZ dosti náročně. Data DPZ poskytují především informace o pokryvu krajiny, využití krajiny pak bývá odvozeno od terénního průzkumu a využitím dalších dílčích zdrojů.

Tabulka 2 tak nabízí strukturu navrženého schématu vytvořeného na základě všech výše uvedených aspektů. Schéma má 4 úrovně, první úroveň obsahuje 4 třídy – Urbanizovaná území, Zemědělské plochy, Lesní a polopřírodní oblasti, Vodní plochy (kopírují názvosloví CLC první úrovně). Třídy první úrovně lze využít pro globální mapování, kde lze využít družicových dat s nízkým a středním rozlišením. Druhá úroveň zahrnuje 8 tříd, které lze detekovat v družicových datech s vysokým rozlišením (např. LANDSAT, ASTER), stejný zdroj dat lze doporučit také pro třetí úroveň (17 tříd), ale u některých tříd je třeba dalších podpůrných dat. Čtvrtá úroveň obsahuje 39 tříd, pro jejichž detekci je třeba využít družicová data s velmi vysokým rozlišením.

Tabulka 2. Navržené klasifikační schéma s ohledem na s-o procesy v krajině.

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4
Urbanizovaná území [1]	Zástavba a městská prostranství [11]	Zástavba [111]	Obytné zóny [111.1] Průmyslové zóny [111.2]
		Volná prostranství [112]	Volná prostranství [112.1]
	Komunikace [12]	Zpevněné [121]	Zpevněné - dlážděné, živičné [121.1] Zpevněné - makadamové, šterkové [121.2]
		Nezpevněné [122]	Nezpevněné, hlíněné [122.1]
Zemědělské	Holá půda, pastviny, Úhor [211]		Posklizňové zbytky (PZ) [211.1]

plochy [2]	louky, sady [21]		Čerstvě zkyplené plochy [211.2]			
		Pastviny a louky [212]	Pastviny s pokryvem [212.1] Louky sklízené [212.2]			
		Sady se zatravněným meziřadím [213]	Sady se zatravněným meziřadím [213.1]			
	Řádkové plodiny a píceňiny [22]	Širokořádkové plodiny (okopaniny) [221]		Řádky po spádnici (SP) [221.1] SP + PZ [221.2] Vrstevnicové řádky (VR) [221.3] VR + PZ [221.4] VR + pásově pěstované plodiny (PP) [221.5] VR + PP + PZ [221.6]		
			Úzkořádkové plodiny (obilniny) [222]	SP + PZ [222.1] Vrstevnicové řádky (VR) [222.2] VR + PZ [222.3] VR + pásově pěstované plodiny (PP) [222.4] VR + PP + PZ [222.5]		
			Víceleté píceňiny, luštěniny [223]	Řádky po spádnici (SP) [223.1] Vrstevnicové řádky (VR) [223.2] VR + PZ [223.3]		
			Lesy a polopřirodní oblasti [3]	Lesy [31]	Listnaté lesy (LS) [311]	LS Silně poškozené [311.1] LS Částečně poškozené [311.2] LS Zdravé [311.3]
					Jehličnaté lesy (JL) [312]	JL Silně poškozené [312.1] JL Částečně poškozené [312.2] JL Zdravé [312.3]
					Směšené lesy (SL) [313]	SL Silně poškozené [313.1] SL Částečně poškozené [313.2] SL Zdravé [313.3]
	Vodní plochy [5]	Křoviny [32]	Křoviny [321]	Křoviny s pokryvem [321.1] Travní buěň a mladé lesní porosty [321.2]		
		Vodní toky [51]	Vodní toky [511]	Vodní toky [511.1]		
		Vodní plochy [52]	Vodní plochy - mělké, pobřežní vody [521] Vodní plochy - hluboké [522]	Vodní plochy - mělké, pobřežní vody [521.1] Vodní plochy - hluboké [522.1]		

2.2 Klasifikace družicových dat

První zpracování dat bylo provedeno pro pilotní oblast povodí Bělé v Jeseníkách, výsledky z povodí Olše budou prezentovány v příspěvku na konferenci. Pro analýzy jsme využili 5 snímků z let 2000-2002 (viz tabulka 3).

Tabulka 3. Snímky LANDSAT ETM+ .

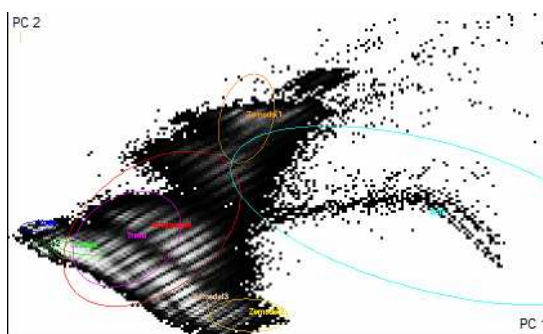
Datum pořízení	Frame/Track	Poznámka
14.05.2000	25/189	Pořízen z databáze Image 2000 (zdroj CLC00), prostorové rozlišení 25m.
02.08.2000	25/189	Nebylo zpracováno termální pásmo.
24.05.2001	25/190	Pořízen z databáze Image 2000 (zdroj CLC00), prostorové rozlišení 25m.
04.05.2002	25/189	Nebylo zpracováno termální pásmo.
05.06.2002	25/189	Nebylo zpracováno termální pásmo.

Před samotnou klasifikací byla upravena dimenzionalita dat pomocí analýzy hlavních komponent (PCA, Principal Component Analysis).

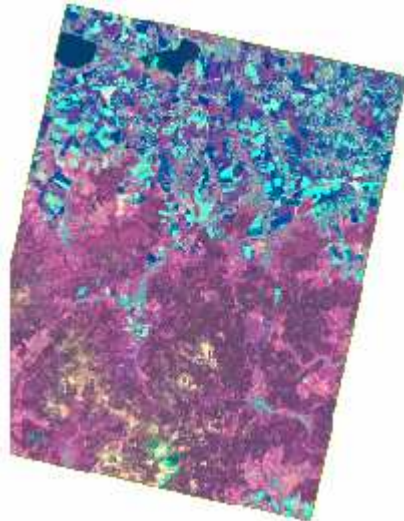
Analýza hlavních komponent (PCA, – Principal Component Analysis) je jednou z analýz vícerozměrných dat. Cílem, jak uvádí Meloun et al, 2005, je především zjednodušení popisu skupiny vzájemně lineárně závislých neboli korelovaných znaků čili rozklad zdrojové matice dat do matice strukturální a do matice šumové. Techniku lze popsat jako metodu lineární transformace původních znaků na nové, nekorelované proměnné nazvané hlavní komponenty. Každá hlavní komponenta představuje lineární kombinaci původních znaků. Základní charakteristika každé hlavní komponenty je její míra variability čili rozptyl. Hlavní komponenty jsou seřazeny dle důležitosti, tj. dle klesajícího rozptylu, od největšího k nejmenšímu. (Meloun et al, 2005)

V kontextu zpracování dat DPZ představují obrazové prvky objekty a spektrální pásma znaky. PCA redukuje rozměrnost (dimenzionalitu) dat, tedy transformuje původní spektrální pásma do nových vzájemně nekorelovaných, např. ze sedmi pásem Landsatu vytvoříme čtyři nová bez ztráty informace, které obsahově zahrnují data s vysokou variabilitou. Tímto lze zjednodušit náročnost výpočtů a využití strojového času.

PCA analýza přispěla k nalezení vzájemných vazeb mezi obrazovými prvky, které mají podobné vlastnosti rozložené ve spektrálních pásmech, naznačují jakousi homogenitu objektů, např. podobně se budou chovat v průřezu všech pásem pixely s hodnotou odrazivosti vegetace respektive přesněji hodnoty odrazivosti listnatého lesa.



Obr. 1. Rozptylogram hlavních komponent (první a druhé hlavní komponenty) pro snímek ze 14.5.2000. Elipsy vyjadřují objekty se shodnými vlastnostmi, shluky, které lze identifikovat jako druhy pokryvu krajiny.



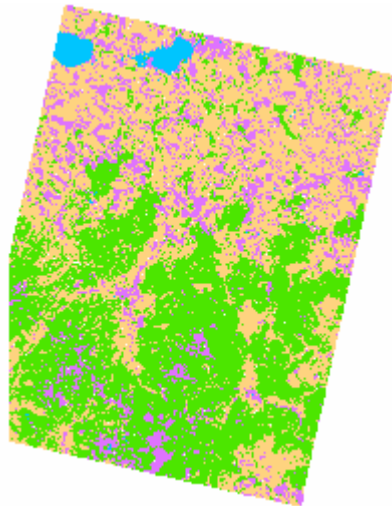
Obr. 2. Obrázek PCA, redukce dimenzionality LANDSAT ETM+ do 4 hlavních komponent (snímek ze 14.5.2000 v RGB kompozici PC1 PC2 PC4).

Takto upravené snímky vstupovaly do neřízené a následně řízené klasifikace.

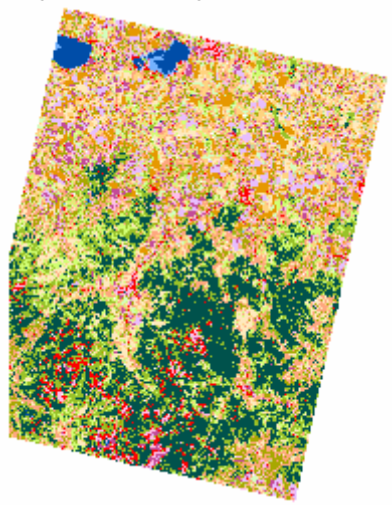
Neřízená klasifikace byla nezbytná pro analýzu dat jednak z hlediska možnosti detekovatelnosti navržených tříd a také z hlediska zjištění druhu pokryvu v daném území (povodí Bělá). Přitom byl navržen tento postup

- neřízená klasifikace výstupů z PCA do 10 tříd,
- reklasifikace do čtyřech tříd první úrovně navrženého klasifikačního schématu - [1] URBANIZOVANÁ ÚZEMÍ, [2] – ZEMĚDĚLSKÉ OBLASTI, [3] – LESY A POLOPŘÍRODNÍ OBLASTI a [5] – VODNÍ PLOCHY (názvy a kódy byly převzaty z klasifikačního schématu CORINE dat),
- takto vzniklé oblasti byly použity jako masky pro detailnější klasifikaci v rámci jednotlivých tříd první úrovně.

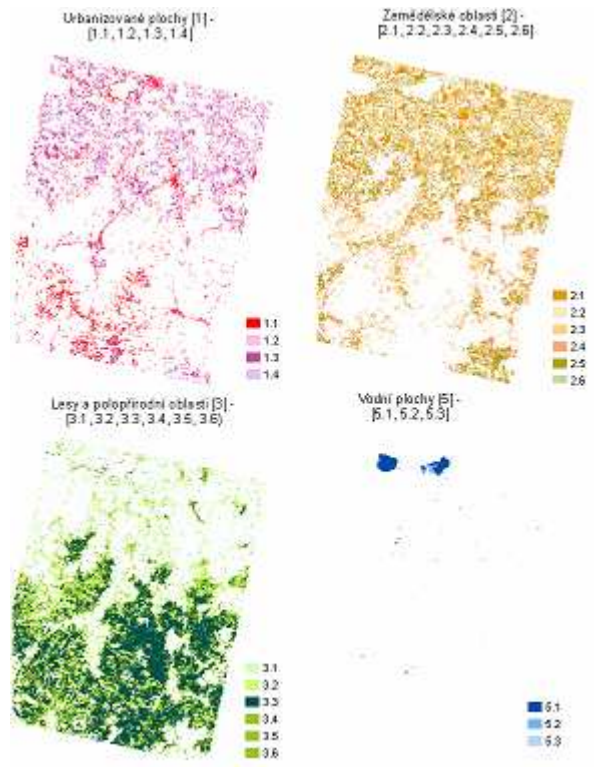
Postup byl navržen z důvodu špatné separability obrazových pixelů představujících lesní porost a vodní objekty. Tyto obrazové prvky vykazovaly shodné vlastnosti způsobené z největší pravděpodobností vlhkostními poměry v území a u snímků z května také sněhovou pokrývkou v horských oblastech.



Obr. 3. Maska (4 třídy) pro podrobnější neřízenou klasifikaci ([1] URBANIZOVANÁ ÚZEMÍ, [2] – ZEMĚDĚLSKÉ OBLASTI, [3] – LESY A POLOPŘÍRODNÍ OBLASTI a [5] – VODNÍ PLOCHY), LANDSAT ETM+ 14.5.2000.

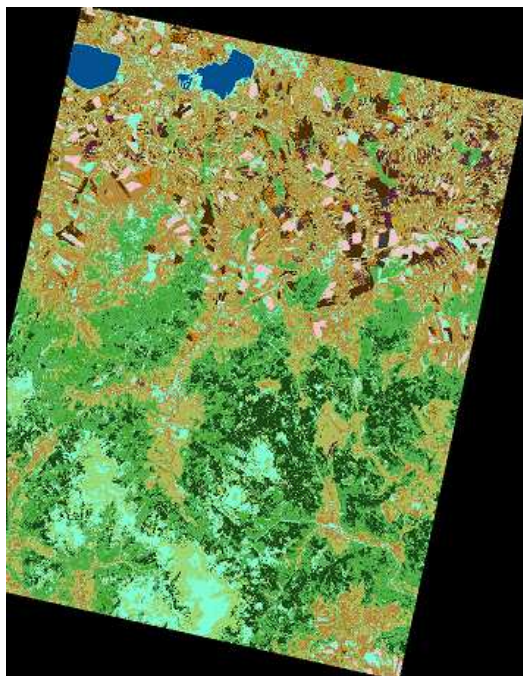


Obr. 4. Výsledný klasifikovaný (neřízená klasifikace) družicový snímek LANDSAT ETM+ (14.5.2000), (legenda odpovídá legendě na obr.5).



Obr. 5. Jednotlivé vrstvy tříd klasifikovaného (neřízená klasifikace) družicového snímku LANDSAT ETM+ (14.5.2000)

Řízená klasifikace zahrnovala test několika algoritmů řízené klasifikace, z nichž byl nakonec vybrán jako nejlépe vyhovující klasifikátor maximální pravděpodobnosti (Maximum Likelihood). Tento algoritmus dává nejlepší výsledky při použití kvalitních trénovacích ploch a hodnotí rozptyl hodnot, korelaci a kovarianci každé třídy. Trénovací plochy byly vybírány s maximální obezřetností. Byl brán zřetel na normální rozdělení shluků pixelů trénovacích ploch. Při vybírání trénovacích ploch bylo využito referenčních dat DMÚ25 (Digitální Model Území 1:25 000) a ortofot poskytovaných mapovým serverem Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHÚL) a mapovým serverem mapy.cz.



Obr. 6. Výsledný klasifikovaný LANDSAT ETM+ (řízená klasifikace), 14.5.2000

Tabulka 4. Detekce tříd navrženého schématu při řízené klasifikaci LANDSAT ETM+ dat ze 14.5.2000, jako třída navíc byla detekována sněhová pokrývka.

Úroveň 1	Navržené třídy pro s-o poměry v povodí (Přiřazení navrženého klasifikačního klíče pro klasifikaci LANDSAT dat, druhá a třetí úroveň)	Detekce tříd při řízené klasifikaci LANDSAT dat
1. URBANIZOVANÁ ÚZEMÍ [1]	Zástavba [111] Volná prostranství [112] Komunikace [12]	Detekováno jako jedna celková třída.
2. ZEMĚDĚLSKÉ PLOCHY [2]	Úhor [211] Pastviny a louky [212] Sady se zatravněným meziřadím [213] Širokořádkové plodiny (okopaniny) [221] Úzkořádkové plodiny (obilniny) [222] Víceleté píceřniny, luštěřniny [223]	Detekováno 9 podtříd, bez terénního šetření či dalších podpůrných dat nelze přesně zařadit do navržených tříd.
3. LESY A POLOPŘÍRODNÍ OBLASTI [3]	Listnaté lesy (LS) [311] Jehličnaté lesy (JL) [312] Smíšené lesy (SL) [313] Křoviny [32]	Detekováno.
5. VODNÍ PLOCHY [5]	Vodní toky [5.1] Vodní plochy [5.2]	Detekováno jako jedna třída.

3 Závěr

Není jednoduché dodržet strukturu navrženého klasifikačního schématu při klasifikaci dat LANDSAT ETM+, která mají prostorové rozlišení 30 m. Je zde třeba použít dodatečné informace z dalších zdrojů. Zpřesnění klasifikace by bylo možné provést provedením dalších analýz a extrakcí informací před samotnou klasifikací a využít stejně jako u neřízené klasifikace masek.

Při klasifikaci jsme narazili na problémy týkající se sněhové pokrývky v PO povodí Bělé na snímcích z května, které na druhou stranu sehráli výbornou roli v detekci urbanizovaných ploch. Zde však musíme počítat se špatnou separací zemědělských ploch, holých půd a urbanizací, plus ploch s křovinatými porosty v oblasti kolem vrcholu Pradědu. Tyto problémy může vyřešit postklasifikační GIS analýza s reklasifikací podle nadmořské výšky.

Co se týká zpřesnění informací o využití území, lze přistoupit k terénnímu průzkumu. Ten lze ovšem uskutečnit v nejlepším případě ve stejném roční období jako proběhlo pořízení snímků (květen, červen, srpen) a navíc šetřením údajů z uplynulých let (např. zemědělské údaje).

4 Poděkování

Príspevek vznikl na základě finanční podpory Grantové agentury České republiky v rámci projektu GA 205/06/1037 „Využití geoinformačních technologií pro zpřesňování srážko-odtokových vztahů“.

Reference

1. Bedient, P.C., Huber W.C. (2002): *Hydrology and Floodplain analysis*. 2nd edition. Prentice Hall, 2002, London.
2. Hanzlová, M., Horák, J., Unucka, J., Halounová, L., Židek, D., Boukalová, Z. (2006): Klasifikace pokryvu území v povodí Bělé pro hodnocení srážko-odtokových poměrů. *Geoinformatika ve veřejné správě, Brno 2006*. Brno 2006.
3. Hrádek, F., Kuřík, P. (2004): *Hydrologie*. Skripta. ČZU, Praha, 2004. ISBN 80-213-0950-4
4. Jensen, J.R. (2005): <ftp://gray.cla.sc.edu>, Introductory Digital Image Processing. PowerPoint Lecture Materials.
5. Langhammer, J. a kol. (2004): *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Závěrečná zpráva GAČR 205/03/Z046*, Praha, 2004.
6. Meloun, M., Militký, J., Hill, M. (2005): *Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech*. Academia, 2005. ISBN 80-200-1335-0

7. Nachtnebel, P.H., Kovář, P. (Eds.) (1996): *Rainfall-runoff Models. Lecture notes from the workshop*. Praha, 1996. ČZU.
8. Řičicová, P., Březková, L., Šálek, M., Šercl, P., Unucka, J. et al. (2005): *Výzkum vztahů mezi meteorologickými příčinami vývoje silných srážek a hydrologickou odezvou povodí*. Projekt VaV ČHMÚ / řešení grantového projektu MŽP CEP SA/650/4/03 (Výstup z DÚ 4).