

Univerzita Pardubice

Fakulta ekonomicko-správní

**Satelitní snímky při monitoringu změn vegetačního pokryvu ve vybrané
části CHKO Žďárské vrchy**

Tereza Jakubcová

**Bakalářská práce
2016**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza Jakubcová**
Osobní číslo: **E13800**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Regionální a informační management**
Název tématu: **Satelitní snímky při monitoringu změn vegetačního pokryvu ve vybrané části CHKO Žďárské vrchy**
Zadávající katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je využití satelitních snímků při monitoringu změn vegetačního pokryvu ve vybrané části CHKO Žďárské vrchy. Práce bude obsahovat analýzu satelitních snímků vybraných časových horizontů. Studentka projde celým procesem zpracování obrazových dat až po výslednou interpretaci.

Osnova:

- Dálkový průzkum Země.
- Stávající stav řešené problematiky.
- Vymezení zájmového území.
- Detekce změn.
- Interpretace výsledků.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

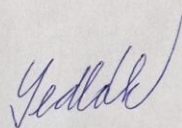
DOBROVOLNÝ, P. Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1998. 208 s. ISBN 80-210-1812-7.

HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. Dálkový průzkum Země. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. 192 s. ISBN 80-01-03124-7.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W. Remote Sensing and Image Interpretation. 6th ed. Hoboken: Wiley, 2008. 756 s. ISBN 978-0-470-05245-7.

LONGLEY, P. A. et al. Geographic Information Systems and Science. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011. 539 s. ISBN 978-0-470-72144-5.

VOŽENÍLEK, V. Geografické informační systémy I: pojetí, historie, základní komponenty. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1998. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.



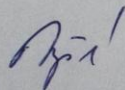
Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D.

Ústav systémového inženýrství a informatiky

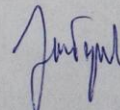
Datum zadání bakalářské práce: **29. září 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29. dubna 2016**



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
děkanka

L.S.



prof. Ing. Jan Čapek, CSc.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 29. září 2015

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 29. 4. 2016

Tereza Jakubcová

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Pavlovi Sedlákovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, názory, připomínky, cenné rady a poskytnuté materiály, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE

Tato práce se zabývá využitím satelitních snímků při monitoringu změn vegetačního pokryvu v okolí Devíti skal v CHKO Žďárské vrchy. Obsahem je analýza satelitních snímků vybraných časových horizontů. Práce obsahuje zpracování obrazových dat vybraného území, detekci a interpretaci změn.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu, letecké snímky, družicové snímky, neřízená klasifikace

TITLE

Satellite images in monitoring of changes vegetation cover in selected parts of the Protected Landscape Area Žďárské vrchy

ANNOTATION

This bachelor thesis is devoted to the use of satellite images in monitoring changes in vegetation cover in selected parts of the CHKO Žďárské vrchy. Contains analysis of satellite images selected timeframes. Work includes processing the image data of the selected area, detection and interpretation of changes.

KEYWORDS

Remote sensing, digital image processing, aerial photos, satellite images, Unsupervised Classification

OBSAH

ÚVOD	10
1 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ.....	11
1.1 METODY DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ	11
1.1.1 Konvenční metody.....	11
1.1.2 Nekonvenční metody.....	11
2 DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZU.....	13
2.1 CHARAKTERISTIKA DIGITÁLNÍHO OBRAZOVÉHO ZÁZNAMU	13
2.2 PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU.....	15
2.3 ZVÝRAZNĚNÍ OBRAZU.....	16
2.4 KLASIFIKACE	16
2.5 INTERPRETACE A PREZENTACE VÝSLEDKŮ	17
3 ZMĚNY V KRAJINĚ NA ZÁKLADĚ LETECKÝCH A DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ	18
3.1 KRAJINA	18
3.2 ZMĚNY V KRAJINĚ	18
3.3 LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ.....	19
3.4 DRUŽICOVÉ SNÍMKOVÁNÍ	19
4 STÁVAJÍCÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	20
5 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ.....	23
5.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	23
5.2 BLIŽŠÍ SPECIFIKACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	26
6 SOFTWAREOVÉ PROSTŘEDÍ	28
6.1 LEOWORKS.....	29
7 VSTUPNÍ DATA.....	30
7.1 ARCHIV SNÍMKŮ LANDSAT	31
7.2 PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT	32
7.3 KLASIFIKACE JEDNOTLIVÝCH ČASOVÝCH HORIZONTŮ	33
7.3.1 Hodnocení přesnosti klasifikace.....	35
7.3.2 Neřízená klasifikace 2011.....	36
7.3.3 Neřízená klasifikace 2015.....	37
7.4 VEGETAČNÍ INDEX - POROVNÁNÍ VEGETAČNÍHO INDEXU	38
7.5 INTERPRETACE ZMĚN	40
ZÁVĚR.....	42
POUŽITÁ LITERATURA	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Lokalizace CHKO Žďárské vrchy na území ČR	23
Obrázek 2: Zóny ochrany přírody CHKO	25
Obrázek 3: Vyznačení zájmového území na snímku z Landsat 8	27
Obrázek 4: Úvodní obrazovka LEOWorks 3	29
Obrázek 5: Družice Landsat	30
Obrázek 6: EarthExplorer - úvodní záložka	31
Obrázek 7: Stažení družicového snímku	32
Obrázek 8: Vložení snímků do software.....	33
Obrázek 9: Oříznutí snímku pro rok 2015 v LEOWorks	33
Obrázek 10: Klasifikace v LEOWorks	34
Obrázek 11: Neřízená klasifikace v LEOWorks	34
Obrázek 12: Neřízená klasifikace II v LEOWorks.....	35
Obrázek 13: Výsledek neřízené klasifikace.....	35
Obrázek 14: Poloha bodů pro hodnocení přesnosti klasifikace.....	36
Obrázek 15: Výsledek neřízená klasifikace časového horizontu 2011	37
Obrázek 16: Výsledek klasifikace časového horizontu 2015.....	38
Obrázek 17: NDVI index pro rok 2011 (vlevo) a pro 2015 (vpravo)	39
Obrázek 18: Procentuální porovnání ploch ve vybraných letech	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání snímku z roku 2011 a 2015.....	40
---	----

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ČR	Česká republika
DN	Digital number value
DPZ	Dálkový průzkum Země
DZO	Digitální zpracování obrazu
ESA	Evropská kosmická agentura
ESRI	Enviromental System Research Information
GIS	Geografické informační systémy
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
CHKO	Chráněná krajinná oblast
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NDVI	Normalizovaný diferenční vegetační index
NIR	Blízká infračervená oblast
NP	Národní park
RGB	Red-Green-Blue
TIFF	Tag Image File Format
UNESCO	Organizace Spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu
UPa	Univerzita Pardubice
USGS	United States Geological Survey
USII	Ústavu systémového inženýrství a informatiky

ÚVOD

Data, která jsou pořízena dálkovým průzkumem Země (DPZ), mají v dnešní době mnoho využití a nadále se rozšiřují. V současnosti celá řada zemí disponuje s daty, která jsou pořízena z družicových systémů. Informace z družicových snímků jsou nedílnou součástí analýzy, mapování a vyhodnocování stavu krajiny či životního prostředí. Družicová data jsou využívána především při sledování změn v různých oblastech, jedná se například o monitoring zemědělské a lesnické činnosti, mapování změn vegetačního pokryvu v národních parcích (NP), chráněných krajinných oblastech (CHKO) nebo přírodních rezervacích. [19]

Výhodou družicových dat je jejich dostupnost, data jsou poskytována v širokých časových intervalech a jsou volně dostupná v příslušných archivech.

Během několika let vzrostl počet družic, mezi nejznámější družice patří družice Landsat. Družice řady Landsat, ale nejsou jedinými družicemi na oběžné dráze, existují i družice řady SPOT, IRIS či sestava družic RapidEye, Resourcesat nebo DMC.

Cílem práce je analýza vegetačního pokryvu ve vybrané části CHKO Žďárské vrchy. Analýza změn vegetace je prováděna ze satelitních snímků vybraných časových horizontů pomocí softwaru LEOWorks 3.0. Úvod práce je věnován vysvětlení pojmů, které jsou s tímto tématem spjaty, jedná se o pojmy jako dálkový průzkum Země, metody dálkového průzkumu Země, digitální zpracování obrazu, charakteristika digitálního obrazového záznamu, dále se práce zaměřuje na základní charakteristiku CHKO Žďárské vrchy. Druhá část práce zobrazuje zpracování satelitních snímků vybrané oblasti v jednotlivých časových horizontech pomocí neřízené klasifikace. Dále práce prezentuje interpretaci změn. Výsledky jsou předkládány pomocí grafu, tabulky a obrázků, které reprezentují změny ve vybraném území.

1 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Jedná se o metodu, při které se získávají informace o objektech a jevech na zemském povrchu. Tato metoda je především založena na přenosu informací pomocí určitého elektromagnetického zařízení. Existuje však mnoho definic pro dálkový průzkum Země. [20]

Dálkový průzkum Země dle [26] předkládá především údaje, které se zabývají prostorových a fyziognomických aspektů objektů na zemském povrchu.

Podle [28] DPZ zahrnuje zkoumání zemského povrchu, snímání a měření charakteristik spodních vrstev atmosféry či horní vrstvy sedimentů. Získáváme geometrické (např. poloha objektu, tvar objektu aj.) a tematické informace (např. druh vegetace či druh povrchu apod.).

Výsledkem dálkového průzkumu Země podle [43] jsou letecké snímky a družicové obrazové záznamy, které jsou zpracovány analogově či digitálně.

1.1 Metody dálkového průzkumu Země

Podle [43] existují dvě základní metody DPZ, které slouží k pořizování dat a to metody konvenční a nekonvenční. V současné době je rozdíl mezi nekonvenčními a konvenčními metody nepatrný. Obě metody mají v současnosti vysoké prostorové rozlišení.

1.1.1 Konvenční metody

Metoda využívá leteckých snímků. Výsledné snímky jsou pořizovány na filmový materiál pomocí centrální produkce. Výsledný obraz vzniká v jediném okamžiku. Snímky jsou pořizovány z leteckých i družicových nosičů. [20]

Kvalita a informační hodnota snímků závisí na technických parametrech fotografické komory. Dále také zda byly použity černobílé či barevné materiály jejich citlivost a způsob zpracování. Výsledný obraz vzniká pomocí objektivu letecké fotografické komory v okamžiku expozice na fotografické vrstvě snímku. Letecké snímky jsou nejčastěji k dispozici v analogové formě na filmu, nejčastěji jako kopie na fotografickém papíru. [43]

1.1.2 Nekonvenční metody

Dle [43] při této metodě vznikají snímky postupně v měřících přístrojích tzv. řádkováním. Průsečíkem řádku a sloupce se definuje obrazový prvek, pixel. Velikost a rozměr je určeno rozlišovacím možností snímacího zařízení.

Elektronická zařízení, která se nacházejí ve snímačích družic, umožňují registrovat široký vlnový rozsah. Mezi tyto zařízení patří radiometry a snímací rozkladná zařízení, termální skenery a radiolokátory.

Záznam elektromagnetického záření je pořizován postupně po řádcích pomocí rozkladových zařízení. Snímky jsou jako u konvenční metody poskytovány jak z leteckých tak i družicových nosičů. Výsledné snímky tvoří velkou část obrazových dat, které jsou v DPZ zpracovávána. [20]

2 DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

Získaná data musejí být dle [8] zpracována do použitelných informací. Snímky se upravují pomocí speciálních softwarů, které data upravují na jeden typ zkruslení.

2.1 Charakteristika digitálního obrazového záznamu

Jak uvádí Dobrovolný [10], charakteristiku digitálního obrazového záznamu lze rozdělit do čtyř kategorií – radiometrické, spektrální, prostorové a časové rozlišení.

Radiometrické rozlišení

Dle [27] rozlišení popisuje informační obsah obrazu, charakterizuje ho schopnost rozlišit velmi malé intenzity šíření (odpovídá rozsahu hodnot jasu na daném snímku). Čím větší je hodnota radiometrického rozlišení senzoru, tím citlivěji detekuje malé rozdíly.

Družicová data jsou ve většině případů pořizována v 11bitové hloubce, to znamená, že senzory každého pásma jsou schopny rozlišit, až 2^{11} což odpovídá 2048 stupňům jasu. Takové rozlišení je mnohem větší než dokáže lidské oko rozlišit. Rozlišení umožňuje zachycení velmi jemných rozdílů v odrazivosti povrchů. Ve většině případů programy nepracují s 11bitovými daty, proto se jejich bitová hloubka načítá do formátů 16bitových. [17]

Spektrální rozlišení

Toto rozlišení ovlivňuje jaké množství a typ tematické informace můžeme z družicového snímku získat. Spektrálním rozlišením se rozumí, v jakých částech spektra skener snímá – do jaké míry objekty odrážejí nebo pohlcují různé vlnové délky elektromagnetického záření.

Podle [17] rozlišujeme čtyři typy dat – panchromatická neboli černobílá data, multispektrální, hyperspektrální data a radarová data. Toto rozdělení dat rozděluje kategorie dat podle počtu a rozsahu spektrálních pásem, ve kterých byla data pořízena.

Panchromatická data

Tyto data lze také označit jako data černobílá. Data jsou pořízena senzorem, který je citlivý na světlo a obvykle v celém rozsahu viditelného a částečně i blízkého infračerveného světla. Senzor zachycuje světlo všech barev a přenáší je do jednoho obrazového pásma. Panchromatická data se vizualizují pomocí snímku v různých stupních šedi, člověk výsledek vnímá jako černobílou fotografií.

Multispektrální data

Dle [17] multispektrální data lze také označit jako data barevná. Při pořízení těchto snímků jsou různé intervaly vlnových délek zachycovány do oddělených obrazových pásem. Délka jednotlivých intervalů vlnových délek odpovídá ve většině případů určitým barvám viditelného optického spektra nebo jejich částem. Data z každého pásma, jsou snímána samostatně a samostatně vypadají jako černobílý obraz, pokud se ale jednotlivé pásma zkombinují pomocí tzv. RGB syntézy. R (z angl. Red) se v jednom barevném obraze zobrazí červeně, G (z angl. Green) se zelené pásmo zobrazí zeleně a B (z angl. Blue) se pásmo zobrazí modře. Následně získáme nový obraz v přirozených barvách, toto zobrazení je velmi blízké barvám, které jsou vnímány lidským zrakem. Pokud jsou do syntézy použity pásma jiného spektrálního spektra než oblast viditelného spektra, následně získáváme obraz, který je v nepravých barvách a orientace na snímku je pro člověka obtížná.

Hyperspektrální data

Jak uvádí [17] hyperspektrální data popisují odrazivost, která se uskutečňuje v desítkách až stovkách velmi úzkých spektrálních pásem, jsou zaměřena na odlišení velmi jemných charakteristik, které se nacházejí na zemském povrchu.

Radarová data

Tyto data popisují odrazivost mikrovlnné části elektromagnetického spektra. Mohou zahrnovat různé druhy polarizace nebo měření na větším počtu frekvencí. [17]

Prostorové rozlišení

Pomocí pixelů můžeme popsat prostorovou strukturu obrazu. [27] Jak uvádí [17] je prostorové rozlišení reprezentováno velikostí bodu, který zároveň tvoří základní jednotku jakéhokoliv digitálního obrazu. Všechna družicová data jsou dnes pořizována v digitální podobě.

Pixel lze považovat za základní a nejmenší jednotku rastrové grafiky, představuje takovou část obrázku, která je určena barvou. Maximální možný počet pixelů na snímku udává velikost rozlišení daného snímku. [5]

Časové rozlišení

Posledním rozlišením je rozlišení časové [27], absolutní časové rozlišení odpovídá periodě, kde je přesně stejná zájmová oblast zaznamenána satelitem opět ve stejném úhlu. Časové rozlišení závisí na různých faktorech, jako jsou vlastnosti daného satelitu, kterým je oblast snímána a charakteristikou oběžné dráhy a také na dané míře překryvu sousedních záběrů. Určité

snímky jsou pořizovány tak, aby se do jisté míry částečně překrývaly. Časové rozlišení je jeden z nejdůležitějších předpokladů využití dat DPZ, při srovnání snímků z časových řad, lze snímky analyzovat a vyhodnocovat změny, které na určitém území nastaly. Časové rozlišení je možno efektivně využívat při analýze během vegetační sezony v určitém období či vyhodnocovat změny vegetačního pokryvu v průběhu let.

2.2 Předzpracování obrazu

Je nezbytná operace, která je prováděna u všech zpracovávaných obrazů. Předzpracování obrazu je nutné, protože se téměř nikdy nepodaří pořídit kvalitní obraz bez šumu či dalších jiných vlivů na obraz. V průběhu předzpracování se provádějí operace jako je například úprava kontrastu, jasů, zaostření, otočení či posunu. Předzpracování je soubor základních postupů, které se musejí provést, abychom mohli vyhodnocovat informaci obsaženou v obraze. Informace, která má pro daný účel určitý význam. [22] [30]

Dle [55] rozlišujeme tři následující korekce:

Radiometrické korekce

Jsou úpravy snímku, které zobrazí hodnoty snímku takové, jak skutečně odpovídají situaci na zemském povrchu. Použitím radiometrické korekce provádíme tzv. restauraci naměřených dat. Hodnoty naměřené na nosičích jsou ovlivněny různými parametry. Parametry ovlivňující srovnání snímků jsou například ovlivňována polohou nosiče, stavem atmosféry, úhlem pohledu, ročním obdobím apod.

Digitální družicové snímky mají určité číselné hodnoty tzv. DN (digital number value). Hodnoty frekventující naměřené množství přicházejícího záření na senzoru, kde jsou naměřené hodnoty převedeny na hodnoty DN, které jsou v závislosti na radiometrickém rozlišení.

Atmosférické korekce

Sběr družicových dat je zaměřen na měření odraženého elektromagnetického záření od povrchu, záření musí projít dlouhou dráhou skrz atmosféru, která ji ovlivňuje. Naměřené hodnoty je poté zapotřebí korigovat podle toho jaká data potřebujeme.

Atmosférické korekce odstraňují hlavně vliv absorpce a rozptylu záření. Lze odstranit i projevy oblačnosti.

Existuje více metod, jak lze realizovat atmosférické korekce. Nejčastějšími metodami jsou metody nejtmašího pixelu a regresní analýza, existují ale také i složitější metody.

Nulovou hodnotu odrazivosti vody v blízkém infračerveném pásmu předpokládá metoda nejtmaššího pixelu. Signál, který naměří, představuje vliv atmosféry. Signál je brán konstantně po celou plochu, proto je tato metoda velmi nepřesná.

Regresní analýza řeší horizontální rozložení, metoda porovnává vztahy mezi jednotlivými pásmy na snímku.

Ostatními metodami jsou například různé softwarové balíčky.

Geometrická korekce

Geometrické korekce slouží především k odstranění prostorových zkreslení, která vznikla vlivem způsobu snímání.

2.3 Zvýraznění obrazu

Obraz se snažíme vylepšit tak, aby usnadnila jeho vizuální interpretaci. Úprava vždy směřuje ke zvýšení množství informace, kterou můžeme ze zdrojových dat získat. Tyto úpravy je vhodné provádět, tak abychom nezasahovali do zdrojových dat. [36]

Dle [36] lze zvýraznění obrazu rozdělit tři základní skupiny – bodové, prostorové a spektrální.

Bodové zvýraznění používá histogram obrazu, pracuje se zobrazovací funkcí či se zobrazovací tabulkou. Toto zvýraznění manipuluje s odstíny šedi. Mezi základní metody bodového zvýraznění patří prahování nebo hustotní řezy.

Prostorové zvýraznění (filtrace) se používají filtry s vysokou a nízkou propustností. Zpracování snímků pomocí filtrace je časově náročnější u větších snímků, zpracování není však matematicky příliš složité.

Spektrální zvýraznění spočívá ve zvýraznění barev kompozice adiktivním skládáním barev RGB. Používá se transformace barevného obrazu – jas, tón a sytost.

2.4 Klasifikace

Jedná se o nejčastější metodu analýzy dat. Klasifikací se rozumí proces, při kterém se jednotlivé objekty zařazují do kategorií podle určitého klasifikátoru (určitých rozhodovacích pravidel). [29]

Dle [29] lze klasifikaci rozdělit na klasifikaci řízenou či neřízenou.

Řízená klasifikace

Klasifikace je od začátku svého procesu řízena operátorem, který předem zvolí typ a počet klasifikovaných tříd, určí algoritmus, který předem určí, které pixely v obraze patří do jaké třídy. Při řízené klasifikaci je potřeba předem vybrat a ohraničit tzv. trénovací množiny, takzvané skupiny pixelů, které patří do konkrétních tříd. Klasifikátor poté vyhledává pixely s podobnými příznaky a zařazuje do tříd. Výstupem je obrázek s legendou, která zobrazuje informační třídy, které byly na začátku procesu definovány. [29]

Neřízená klasifikace

Neřízená klasifikace [29] nepoužívá trénovací množiny, zpočátku není potřeba jakákoliv podrobnější znalost daného území. V neřízené klasifikaci vyžadujeme pouze zadání počtu tříd, do kterých chceme klasifikovat a počet opakování algoritmu k dosažení co nejpřesnějšího výsledku.

2.5 Interpretace a prezentace výsledků

Výstup digitálního zpracování obrazu se musí interpretovat. Jak uvádí [17] nejčastější vyhodnocení obrazových dat je digitální vizualizace.

Digitální vizualizace se v dnešní době provádějí na monitoru počítače. [17] V současnosti může uživatel využívat mnoho digitálních nebo mapových podkladů v různých softwarových prostředích. Používané softwarové prostředí musí obsahovat alespoň základní nástroje, které podporují úpravu obrazových dat. Mezi základní nástroje můžeme zařadit například úpravu jasu či kontrastu dat, změnu barevné RGB kombinace dat, zoom dat apod.

Dílní i konečné výsledky se v softwaru zpravidla ukládají do nových a samostatných vektorových vrstev. Tyto nově vytvořené vrstvy se mohou stát součástí databáze GIS. [32] Výsledky mohou být využity jak na nové analýzy modelů, tak pro tvorbu mnohých tematických map. [50]

Interpretace výsledků digitálního zpracování obrazu je možný i v analogovém provedení. Za analogové provedení se dá považovat vytištěný výstup výsledků. Tyto výsledky se využívají v situacích, kdy není možný přístup k počítači či internetu. Ne vždy mohou být výsledky v digitálním zpracování vhodné a efektivní, příkladem může být práce v terénu, kdy je snadnější i efektivnější používat vytištěné podklady. [17]

3 ZMĚNY V KRAJINĚ NA ZÁKLADĚ LETECKÝCH A DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ

Následující kapitola se zabývá vymezením pojmu krajina a sledováním změn v krajině. Sledování změn v krajině, je možno jak z leteckých tak i z družicových nosičů.

3.1 Krajina

Pojem krajina má v současné době hodně definic, tudíž není možné přesně a jednoznačně krajinu definovat.

Dle zákona [47] o ochraně krajiny a přírody je krajina definována jako: „krajina je část zemského povrchu s charakteristickým reliéfem, tvořená souborem funkčně propojených ekosystémů a civilizačními prvky“.

Podle [31] lze krajinu chápat jako strukturovaný organismus. Organismus, který může být spoluvytvářený i ovládaný, musíme však mít na mysli, že se krajina neustále mění a je proto nezbytné vnímat určité krajinné změny, které mohly vzniknout mnoha způsoby například s rozvojem řemesel, stavebním vývojem, vývojem průmyslu či s měnícím se způsobem hospodaření.

Petříček [35] uvádí, že krajina je reálným světem, který obklopuje člověka. Avšak na vzniku krajiny lidstvo nemělo žádný podíl, avšak krajinu využíváme, přetváříme a člověk je na ní existenčně závislý. Krajinu člověk i pozměňuje, tak je potřeba chránit určité typy krajiny, zvláště pokud se jedná o ohrožení krajiny na její existenci. Nejúčinnějším prostředkem, kterým lze krajinu chránit je učinit krajinu chráněným územím.

3.2 Změny v krajině

Změny v krajině jsou nejčastěji hodnoceny v časovém horizontu. Často se přihlíží k historickému vývoji krajiny a zkoumá se změna do stavu současného. Krajinu utvářejí a formují různé faktory, jejichž složky jsou proměnné v čase. Krajinu ovlivňují především přírodní jevy, ale také je ovlivněna činností člověka jak uvádí [41]. Jako příklad lze uvést například těžbu nerostných surovin, urbanizaci, výstavbu sídel, zemědělskou činnost, lesnickou činnost, cestovní ruch či vodohospodářské změny v krajině.

Nejčastějším způsobem jak vyjádřit změny v krajině jsou tabulky a grafy. Prostorovou změnu v krajině lze nejefektivněji vyjádřit kartografickými výstupy, které jsou nejčastěji vizualizovány pomocí kartogramů a kartodiagramů. [39]

3.3 Letecké snímkování

Podle [29] se letecké snímkování provádí pouze v jasném počasí a to nejvíce od dubna do září nejčastěji kolem pravého poledne, kdy jsou stíny nejkratší. Snímky z leteckého snímkování se musí překrývat, tudíž mezi snímky nemůže vzniknout žádná mezera.

Tím, že se snímky překrývají, vede dle [52] k zobrazení snímku v 3D modelu a tvorbu digitálního modelu terénu. Snímky poskytnou přesné měření a přesné zobrazení detailu.

Letecké snímky se používají nejčastěji k mapování velkého prostoru, nejčastěji pro účel katastru nemovitostí, lesnictví, hydrologie apod. Snímky pro tyto účely musí plnit hlavně hledisko aktuálnosti snímků a rychlé dosažitelnosti snímků. [29]

3.4 Družicové snímkování

Dle [29] je snímkování prováděno z družic na oběžných drahách. Existují dva druhy družic a to družice stacionární a družice na šikmých a subpolárních drahách.

Stacionární družice obíhají planetu ve výšce cca 36 000 km [29] přibližně v rovině rovníku, rychlost družice je stejná jako rychlost rotace Země. Pomocí těchto družic se snímkuje stále stejné území, které odpovídá téměř celé polokouli. Snímky z těchto družic mají nízké prostorové rozlišení, ale naopak mají vysoké časové rozlišení, tudíž se nejvíce využívají k meteorologickým pozorováním. Příkladem této družice je družice Meteosat.

Družice na šikmých a subpolárních drahách se pohybují ve sklonu až 90 stupňů k rovníku. Tyto družice jsou schopny oběhu Země za 90 až 100 minut [29] a pohybují se ve výšce od 200 do 1 000 kilometrů. Družice jsou schopny nasnímat celý povrch Země za pouhých pár dní. Příkladem těchto družic jsou družice Landsat, Envisat či Terra. Tyto družice jsou využívány pro monitorování změn životního prostředí nebo jsou využívány při procesu hledání nových přírodních zdrojů.

4 STÁVAJÍCÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V dnešní době je dálkový průzkum Země považován za jeden z možných univerzálních nástrojů pro sledování přírodních zdrojů a jejich následnou správu. Uplatnění se nachází například u vědeckých pracovníků, pracovníků státní správy či v odvětví životního prostředí či průmyslu. [55]

Rozšiřují se také možnosti využití dat družicového dálkového průzkumu Země. Dle [19] se pozorování Země družicovými systémy staly významnou součástí informační infrastruktury v mnoha zemích. Dnes sehrávají hlavní roli družicové snímky zejména při mapování či vyhodnocování stavu krajiny nebo životního prostředí.

Následující část práce je zaměřena především na bakalářské a diplomové práce, které se zabývají dálkovým průzkumem Země.

Práce napsaná v roce 2004 na Univerzitě v Mississippi [54] s názvem „The Application of Multi-Sensor Remote Sensing Techniques in Archaeology“ se zabývá používáním satelitních snímků s vysokým rozlišením pro archeologické průzkumy. Cílem bylo vyvinout metodiku pro generování plánů, které využijí maximálním množstvím detailu a zároveň využít, co nejmenší množství geofyzikálního průzkumu. Metodika byla aplikována na město Kerkenes Dağ, město v centru Turecka. Práce byla zařazena, protože celá druhá kapitola je věnována předzpracování dat autor zde přesně popisuje, jak postupoval při zpracování dat k následné analýze, třetí kapitola je věnována klasifikaci do tříd.

Bakalářská práce s názvem “Using Landsat 5 TM imagery to analyse the relationship between live fuel moisture content and fire severity in eucalypt dry sclerophyll forest“, kterou napsal Michael Storey v dubnu 2013 na univerzitě ve Wollongongu v Austrálii se zabývá vztahem mezi vlhkostí paliva a požární závažností ve vybraném zájmovém území. Ve své práci používá data získané z družice Landsat a pro zpracování družicových snímků bylo využito software ArcGIS 10, v práci je zahrnuto jak předzpracování dat, tak vlastní zpracování a následná interpretace zjištěných výsledků. [42]

Práce Floriana Sallaba [38] napsaná v roce 2009 na Univerzitě Lund ve Švédsku s názvem „Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes“ se zabývá analýzu detekcí změn pomocí družicových snímků Landsat. Pro zpracování je použita klasifikace snímků a jejich následné aritmetické operace pro zjištění změn využívání půdy a krajinného pokryvu po dobu 14 let, provedená analýza post-klasifikace se provádí jednou za týden. Výstupy jsou reprezentovány mapami a grafy.

Adéla Horáková napsala v roce 2015 bakalářskou práci [21] „Zhodnocení dat dálkového průzkumu Země poskytovaných Evropskou unií“. V práci se zabývá zpracováním dat dálkového průzkumu Země, které jsou poskytované Evropskou unií. Cílem práce je vytvoření map z dat poskytovaných družicí Sentinel-1A a následné hodnocení přínosů dálkového průzkumu Země. Práci je zmíněna, kvůli podobnému tématu, což je dálkový průzkum Země a také kvůli zhodnocení přínosů.

V roce 2012 byla napsána práce na téma „Mapy vegetačního krytu vybrané části Jižní Moravy vytvořené metodami DPZ a verifikace jejich přesnosti“. Bakalářská práce Lucie Geherové [15] se věnuje tvorbě map vegetačního krytu v okolí Zlína. V první části své práce se věnuje popisu družicového systému Landsat 7 ETM+ ze kterého snímek zpracovává. V druhé části práce se věnuje základními metodickými přístupy k mapování vegetace prostředky DPZ, nejvíce se zabývá vegetačními indexy a klasifikačními metodami. Cílem práce je zmapování vegetace v okolí Zlína (Bystřice pod Hostýnem, Holešov, Otrokovice, Vizovice a Zlín) a její následná verifikace. K výsledku Geherová využila snímků z dat Landsat 7 ETM+, pořízeným v srpnu roku 2000. Tuto práci jsem vybrala z hlavního důvodu a to značnou podobnost tématu změna vegetačního pokryvu, které je hlavním tématem i této bakalářské práce.

Další bakalářskou práci, je práce Kalinové [25] z roku 2013. Název bakalářské práce zní - Soubor příkladů zpracování obrazu nástroji ERDAS Imagine v ArcGIS Desktop. Ve své práci se zabývá především digitálním zpracováním dat v daném softwaru. Pro práci si vybrala Image Analysis a pomocí nástroje ERDAS IMAGE vypracovala praktické příklady na procvičení problematiky. V práci také popisuje jak a kde stáhnout vhodná data do softwaru. Zmínění této bakalářské práce je hlavně proto, že i v této práci jsou použity snímky, které budou potřebně upravovány.

Bakalářská práce „Mapování vegetace ve vybrané části údolní nivy Moravy prostředky DPZ“ Petry Neničkové napsaná v roce 2009 na Masarykově univerzitě v Brně se věnuje zvýrazněním ploch, které jsou pokryté trvalou vegetací v části údolní nivy řeky Moravy. Jako vstupní data jsou použity multispektrální snímky pořízené družicí Landsat z let 1986 a 2001. Plochy s vegetací byly zvýrazněny výpočtem vegetačního indexu a transformace Tasseled Cap, poté byly pomocí metody prahování a hustotních řezů extrahovány a popsány základní druhy povrchů. Tyto nově vzniklé pásma byla použita jako vstup do neřízené klasifikace metodou Isodata z výsledku klasifikace byly sestaveny výsledné mapy, které byly v závěru práce zhodnoceny. [33]

Práce Jana Oprchala s názvem „Detekce změn land use dolního toku řeky Moravy na sérii družicových snímků“ [34] byla napsána na Masarykově univerzitě v Brně v roce 2007. Autor se ve své bakalářské práci zabývá vytvořením modelu změn land use / land cover pro vybranou oblast dolního toku řeky Moravy. Pro vytvoření modelu jsou použity multispektrální snímky, které jsou pořízeny družicí Landsat z období let 1986 a 2001. V práci byla použita metoda automatické řízené klasifikace, která byla aplikována na trénovacích plochách. Výsledkem byly mapové výstupy z jednotlivých let a následné porovnání a charakteristice změn v krajině. Práce byla zařazena kvůli úzké podobnosti tématu a problematice, kterou řeší. [34]

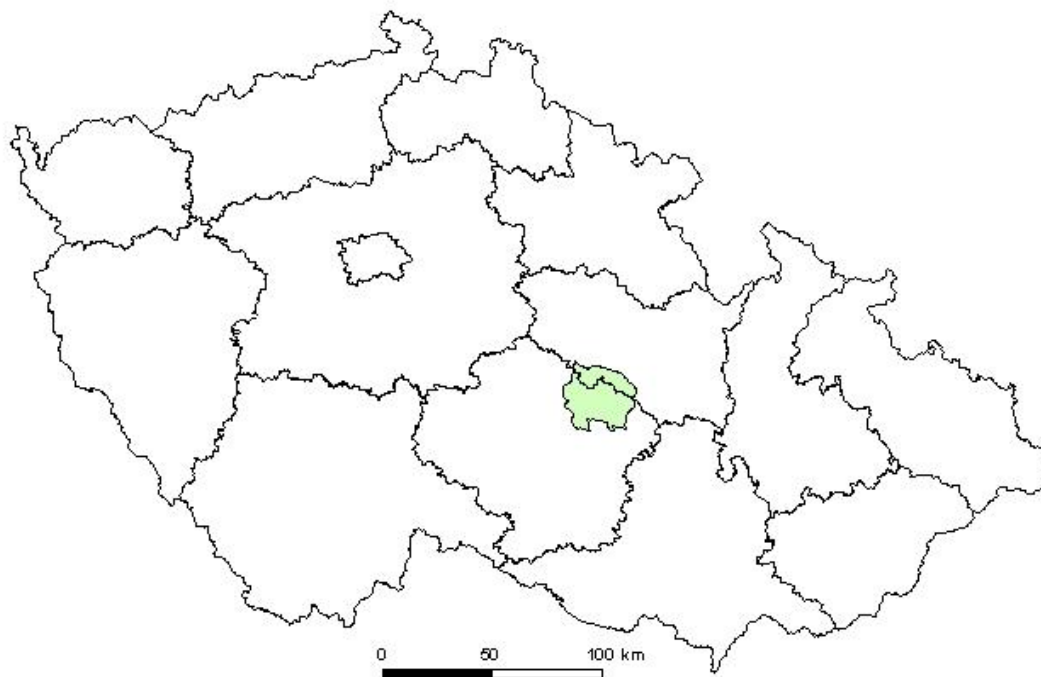
Diplomovou prací, která je zmíněna, je práce Trojovské z roku 2001 [45] s názvem – Využití automatické klasifikace obrazu pro analýzu vývoje krajiny v obci Staré Jesenčany. Práce se zabývá digitálním zpracováním obrazu z dálkového průzkumu Země, sledování změn v krajině. Ve vlastní části práce je klasifikace na letecké a družicové snímky a následná analýza změn v krajině v obci Staré Jesenčany v programu ArcGIS Desktop 10. V práci byly využity letecké snímky společnosti GEODIS z let 2003 a 2008, satelitní snímky z družice Landsat 7 ETM+ z let 2000 a 2010.

Bakalářská práce z roku 2008 od Kamily Rindové [37] na téma – Temporální analýzy vývoje krajiny v okolí obce Lázně Bohdaneč pojednává o analýze vývoje krajiny na katastrálním území obce Lázně Bohdaneč v časovém rozmezí let 2003 a 2007. Rindová se ve své práci zabývá digitalizací území a výměrou jednotlivých ploch území, výsledky jsou zobrazeny pomocí tabulárních výstupů a grafů. Práce je zmíněna hlavně v návaznosti na analýzu vývoje krajiny, která bude v této práci také použita.

Bakalářská práce z roku 2009, kterou napsal Tomáš Hromádka [23], se zabývá problematikou využití leteckých snímků pro analýzu vývoje krajiny v okolí obce Staré Jesenčany, autor se ve své práci zaměřuje na změny v krajině na území obce v průběhu let 2003 až 2008, v práci je zpracována digitalizace území pomocí leteckých snímků, jsou zde také vypočítány rozlohy a obvody ploch. V závěru práce jsou plochy rozděleny do kategorií podle využití plochy a nastíněn další možný průběh vývoje území. Hlavním důvodem vybrání této bakalářské práce je, že se práce zabývá využitím leteckých snímků při detekci změn v určitém zájmovém území stejně jako tato práce.

5 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

CHKO Žďárské Vrchy označit jako nejrozmanitější část Českomoravské vrchoviny, na jejím území lze najít jak louky, rybníky, pastviny, skalní rulové útvary, rašeliniště tak i prameniště mnoha řek. [51] Hranice CHKO jsou vymezeny městy, které leží na okraji území, jedná se o města Nové Město na Moravě, Žďár nad Sázavou, Hlinsko, Polička a Bystřice nad Pernštejnem. Oblast byla vyhlášena chráněnou krajinnou oblastí v roce 1970.



Obrázek 1: Lokalizace CHKO Žďárské vrchy na území ČR

Zdroj: vlastní zpracování

5.1 Charakteristika území

Historie

Území, které dnes zabírají Žďárské vrchy, bylo osídlováno už v pravěku, důkazem je například keltské oppidum v Hradišti u Nasavrku či slovanské hradiště v údolí Loučky. V období 16. století bylo na území mnoho renesančních úprav a staveb nových měst, zámků či paláců. V 17. století bylo území ničeno vpádem švédských vojsk v průběhu třicetileté války. Koncem 17. století a na počátku 18. století vznikly cenné barokní stavby. Ve století 19. dochází k rozvoji průmyslu a obchodu, budováním železničních tratí. [1]

Geografie

Území chráněné krajinné oblasti se dle [3] rozprostírá na území čtyř okresů a to okresu Žďár nad Sázavou, Havlíčkův Brod, Chrudim a Svitavy. CHKO se nachází v severovýchodní části Českomoravské vrchoviny. Celková výměra činí 70 940 ha, z čehož je 46 % lesů, 44 % tvoří zemědělský půdní fond, 1,9 % zabírají vodní plochy, 0,9 % je zastavěných ploch, zbytek tvoří ostatní plochy. Na území CHKO jsou typickými krajinnými prvky skalní útvary, k nejvýznamnějším útvarům patří Devět skal, Čtyři palice, Malinská skála či Dráteničky.

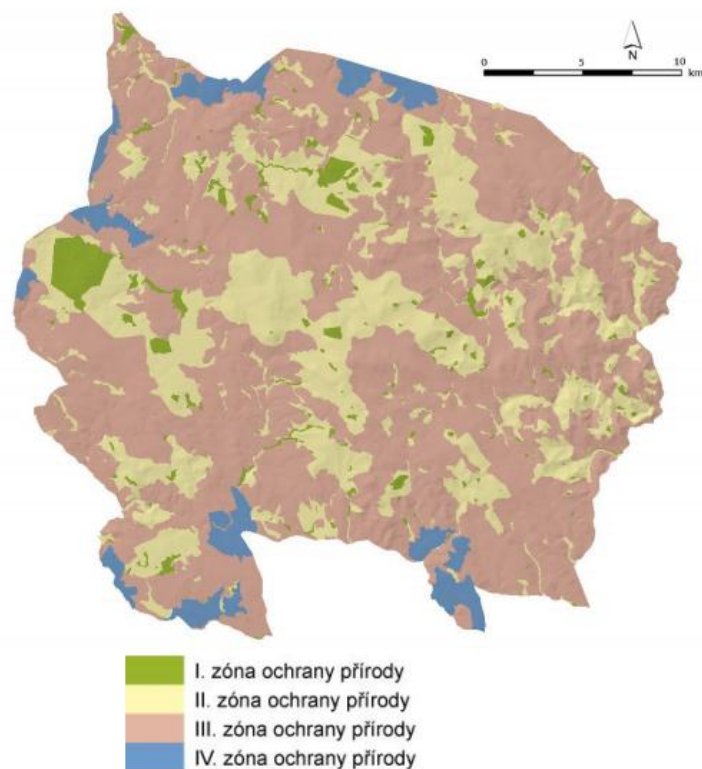
Na území CHKO Žďárské vrchy se rozprostírá 50 maloplošných zvláště chráněných území, 4 národní přírodní rezervace (Žákova hora, Ransko, Radostínské rašeliniště a Dářko), 9 přírodních rezervací, 37 přírodních památek. Mezi přírodní rezervace na území patří Řeka, Štíří důl, Volákův kopec, Čtyři palice či Damašek. Jako příklad přírodní památky lze uvést Mlýnský rybník, rybník Rohlík, Louky u Černého lesa, Díly u Lhotky, Díly u Lhotky, Světnovské údolí či Suché kopce. [3]

Petříček [35] uvádí že, chráněné území jsou rozdělena na zóny, podle určitého stupně ochrany a způsobu využívání. Chráněné krajinné oblasti jsou členěné na čtyři zóny.

Podle Petříčka lze rozdělit chráněnou krajinnou oblast na čtyři zóny - přírodní jádrová, přírodě blízká ochranná, kulturně-krajinná a okrajová sídelní. [35]

Zonace CHKO byla schválena dne 13. září 1996 Ministerstvem životního prostředí ČR protokolem pod č. j. OOP/5081/96. [4] Plošný rozsah I. zóny je 2 288,8 ha což tvoří 3,23 % celku. II. zóna zabírá 21 152,2 ha, což odpovídá 29,84 % plochy celku. III. zóna se rozléhá celkem na 43 949,7 ha, což odpovídá 61,99 % celku a IV. zóna zabírá 3 498,9 ha což je 4,94 % celku. [4]

Následující obrázek 2 zobrazuje území CHKO Žďárské Vrchy, kde jsou odlišnými barvami zobrazeny ochranné zóny. Zelenou barvou jsou označeny území, které spadají do I. zóny ochrany přírody, světle zelenou barvou jsou označena území spadající do II. ochranné zóny přírody. Světle růžovou barvou jsou zobrazeny území, které spadají do III. zóny a modrou barvou jsou znázorněny území, které jsou zahrnuty do IV. zóny ochrany přírody.



Obrázek 2: Zóny ochrany přírody CHKO

Zdroj: Soubor map [48]

Klima

Dle [3] jsou klimatické podmínky na území CHKO chladné, vlhké a větrné. Průměrná teplota v nejnižších částech území je 6,8 °C ve vyšších polohách činí průměrná teplota 5 °C. Průměrný úhrn srážek za rok se nachází v intervalu 650-875 mm ve vyšších polohách, které se nacházejí nad 800 m n. m., dosahuje průměrný úhrn srážek za rok okolo 1 100 mm.

Vodstvo

V oblasti Žďárských vrchů je mnoho řek a menších vodních toků. Oblastí prochází hlavní evropská rozvodnice, která dělí oblast na dvě části. Severozápadní, který tvoří asi 54 %, tato oblast je odvodňována Chrudimkou, Sázavou a Doubravou do Severního moře. Druhou částí je část jihovýchodní, která tvoří asi 46 %, tuto část odvodňuje do Černého moře řeka Svratka. Na území Žďárských vrchů pramení mnoho menších potoků, které tvoří hustou říční síť, dnes je zde přes 500 rybníků, mezi největší rybníky patří Velké Dářko, jehož rozloha je 205 ha. Je zde i spousta přehradních nádrží jako například Hamry, Staviště, Strž či Pilská. [3]

Fauna a flóra

Oblast Žďárských vrchů je domovem pro mnoho různých rostlin i živočichů, doposud bylo identifikováno 53 druhů živočichů. Nejvíce vyskytující je běžná středoevropská fauna savců. Za běžné savce se považuje například jelen evropský. Nachází se zde, ale i vzácnější živočichové jako ježek západní, hraboš mokřadní, rejsek horský či netopýr severní. Mezi významné ptáky, můžeme zařadit datla černého kulíška nejmenšího hýla rudého nebo skorce vodního. Mezi významné obojživelníky na území patří mlok skvrnitý, ještěrka živorodá, slepýš křehký a zmije obecná. Za vzácný hmyz v CHKO můžeme zařadit například běláška topolového, vokáče černohnědého, modráška bahenního nebo modráška stříbroskvrnného.[3]

Jak uvádí [3] prvkem CHKO je také ochrana krajiny a také ochrana památných stromů. K roku 2012 bylo na území oblasti vyhlášeno celkem 32 památných stromů, 3 skupiny stromů (3 lípy velkolisté a 6 malolistých) a 3 aleje (javorů kleny, javorů mléče, jasanů ztepilých a jírovce maďaly). Stromy jsou pro oblast důležité především z historického vývoje a vztahu obyvatel ke stromům. Krajina Žďárských vrchů je velice rozmanitá, nalezneme zde rašeliniště, lesy jehličnaté tak listnaté, louky, pole, vlhké rašelinné louky, vodní biotopy s břehovými porosty a mokřady. Mezi nejčastější stromy, které se nacházejí na území - buk lesní, smrk ztepilý a olše lepkavá.

Kultura

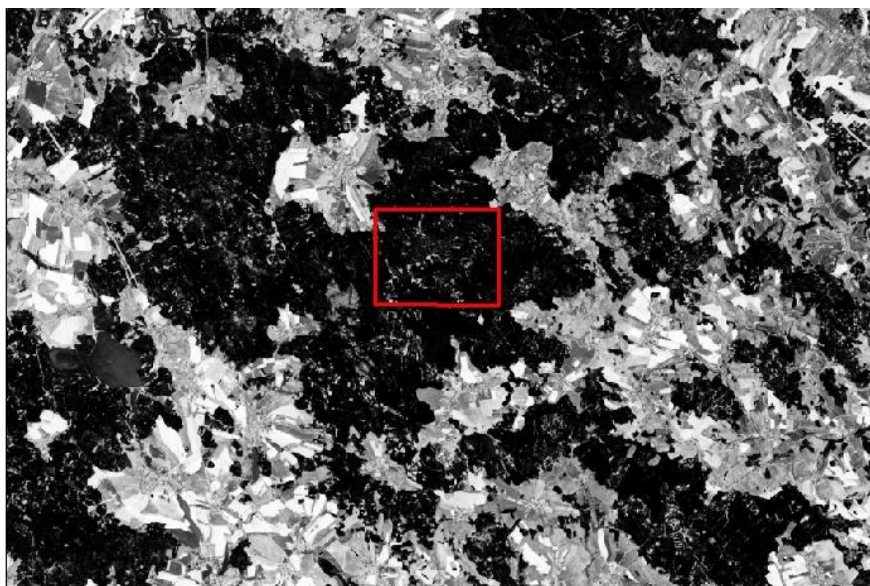
Největším lákadlem je Poutní kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře, který byl v roce 1994 zapsán na Seznam světového kulturního dědictví UNESCO. Kostel byl vystavěn počátkem 18. století podle projektů architekta Jana Blažeje Santiniho-Aichla, kostel je také nejoriginálnějším příkladem barokní gotiky. [9]

Mezi další kulturní památky na území CHKO Žďárské vrchy jsou například hrad Dalečín, hrad Perštejn, zámek Jimramov, zámek v Novém Městě na Moravě, zámek Žďár či zámek Jimramov.

Jako další památky, lze uvést například rozhlednu Karasín, vesnickou památkovou rezervaci Krátká. [46]

5.2 Bližší specifikace zájmového území

Jelikož území Žďárských vrchů je rozlehlé, bude pro následné zkoumání zaměřeno pouze na určitou část území (viz Obrázek 3). Na základě [53] vývoje krajiny bylo pro následnou analýzu vybráno okolí Devíti skal, rozloha zájmového území je 795 ha. Důvodem výběru této oblasti je hlavně kácení stromů v okolí hory pro napadení stromů kůrovcem či kácení stromů pro těžbu.



Obrázek 3: Vyznačení zájmového území na snímku z Landsat 8

Zdroj: vlastní

Devět skal

Devět skal je nejvyšším bodem CHKO Žďárské vrchy, který se nachází 3 km jihozápadně od obce Křižánky přesněji v katastrálním území Moravské Křižánky (okres Žďár nad Sázavou). Devět skal se rozprostírá v nadmořské výšce od 780 do 836 m. V současné době je památka zcela zpřístupněna turistům, horolezcům je umožněno provádět horolezeckou činnost na severní stěně hlavního hřebene a jižních stěnách skal Trůn, Záludné a Žďárské věže. [2]

Devět skal je od roku 1976 dle [2] vyhlášeno Okresním národním výborem ve Žďáru nad Sázavou jako přírodní památka, jeho výměra je 3,33 ha.

Celé skalní útvary Devíti skal vznikly zvětráváním ve starších čtvrtohorách. [2] Označení devět skal vzniklo pro rozčlenění skály do devíti izolovaných skal a třech menších skalních bloků, které jsou seskupeny do jednoho skalního komplexu. Na severovýchodě skalních útvarů Devíti skal pozvolna navazuje řada skalních útvarů, které jsou v ochranném pásmu a nejsou veřejnosti dostupné. [49]

Dle [49] mají skalní stěny v některých místech výšku okolo 15 metrů, které vznikly zvětráváním. Zvětrávací procesy vymodelovaly řadu výklenku a puklin. V nejvyšších místech Devíti skal je turistům zpřístupněna vyhlídková plošina, která umožňuje výhled na severní okraj Žďárských vrchů. V určitých místech jsou vytvořeny balvanové proudy, které mají délku přibližně 80 metrů. Vzhledem k tvaru polygonu byl zvolen obdélník s délkami hran 2,1 km a 3,7 km, do kterého spadá vlastní území a jeho bezprostřední okolí. Rozloha polygonu je 795 ha.

6 SOFTWAREVÉ PROSTŘEDÍ

Programové řešení pro zpracování obrazu nabízí velké množství firem, existují různé softwary, které jsou volně dostupné, jako příklad lze uvést software GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), který je vhodný pro zpracování dat a obrazu, působí na platformě MacOS, Windows i Linux. [18] Na trhu nalezneme také softwarový balík GeoMedia společnosti Intergraph. Společnost nabízí i mnoho doplňkových aplikací například GeoMedia Webmap, která je určena pro práci s mapovými službami nebo GeoMedia Raster a ImageStation Raster Utilities, která slouží pro práci s rastrovými daty. [40] Dalším softwarem je IDRISI, který slouží především pro práci s vektorovými daty. Dokáže jak základní, tak pokročilé prostorové analýzy, nabízí také rozsáhlé modelovací prostředí, analýzy půdy, reliéfu a dalších environmentálních hledisek v neposlední řadě obsahuje funkci pro automatickou a poloautomatickou klasifikaci snímků. [40]

Software ArcGIS for Desktop [6] patří do sady produktů od společnosti Environmental System Research Information (Esri), obsahuje celou řadu aplikací jako ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox a ModelBuilder. Software obsahuje i řadu nadstaveb jako například Spatial Analyst pro prostorové analýzy, Network Analyst pro síťové analýzy nebo 3D Analyst pro analýzu dat ve 3D.

ENVI je software, který je produktem společnosti Exelis Visual Information Solution (Exelis VIS). ENVI umožňuje práci s družicovými snímky a podporuje většinu družicových systémů. Software obsahuje řadu nástrojů pro předzpracování, zobrazování, analýzu a sdílení dat dálkového průzkumu Země. Software ENVI nabízí mnoho nadstaveb, jako příklad lze uvést DEM Extraction Module, která slouží pro tvorbu a úpravu digitálních modelů terénu, Atmospheric Correction Module pro odstranění vlivu atmosférických podmínek ze snímku či SARscape Modules pro pokročilou práci s rastrovými daty. [7]

Evropská kosmická agentura (ESA) nabízí svým uživatelům volně dostupné software LEOWorks, který jsme si pro zhotovení své práce vybrala, software byl uživatelsky příjemný a v tomto softwaru bylo na Ústavu systémového inženýrství a informatiky (USII) Univerzity Pardubice (UPa) řešeno minimum prací.

6.1 LEOWorks

Software LEOWorks vyvinula společnost ESA. [11] ESA je mezinárodní organizace, která umožňuje průzkum vesmíru. Společnost ESA má 5 pracovišť po celé Evropě, které zajišťují specifickou činnost. Hlavním úkolem společnosti je navrhovat a realizovat Evropský kosmický program, hlavním cílem je prohloubit znalosti o planetě a jejím okolí, Sluneční soustavě i vesmíru. Společnost také vyvíjí satelitní technologie a služby. Spolupracuje s kosmickými organizacemi, které se nacházejí mimo Evropu, podporuje evropský průmysl.

LEOWorks je sofistikovaný software pro zpracování obrazu, který je určen především studentům. Program je schopen provádět jak základní tak i pokročilé operace pro zpracování dat. Balíček nabízí i nástroje pro GIS, které umožňují zobrazování, úpravu jednotlivých vrstev jak bodových, liniových tak polygonových. Balíček umí pracovat s většinou dostupných obrazových formátů, jako jsou jpg, bmp, png, tif a podobně. Nejnovější verzí je LEOWorks 4, který je nezávislý na platformě. Podporují ho například Windows, MacOS nebo Linux. [14]

Balíček LEOWorks umožňuje uživatelům pracovat s rastrovými daty, zobrazovat obrázky jak v odstínech šedi, tak v RGB barevném formátu, barvy upravovat, vylepšovat kvalitu obrazu pomocí jasů, filtrů či kontrastu, dále dovede klasifikaci, měření nebo časové srovnání. [44]

Pro práci je software LEOWorks vybrán, protože poskytuje řadu nástrojů, které jsou uživatelům volně dostupná. Software je volně dostupný na internetových stránkách ESA (<http://www.eduspace.esa.int/eduspace/leoworks/leoworks.asp>).



Obrázek 4: Úvodní obrazovka LEOWorks 3

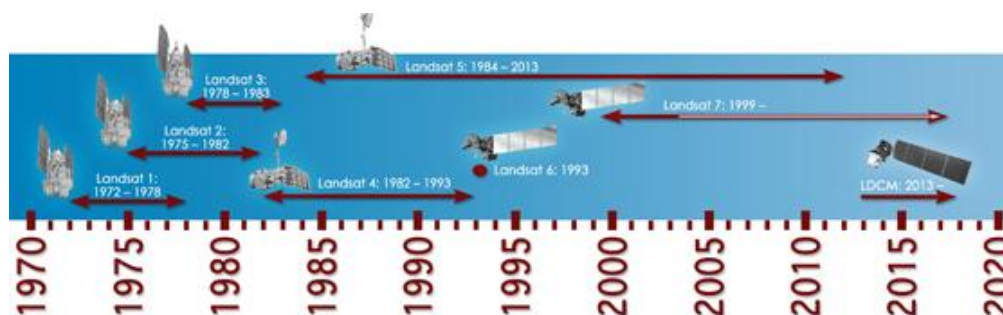
Zdroj: vlastní

7 VSTUPNÍ DATA

Družicových systémů a na nich umístěných senzorů je v současnosti velké množství. [24] Snímky jsou dostupné v pravidelných časových intervalech a je zde k dispozici i přístup do archivů dat pořízených v minulosti. V dnešní době se nabídka dat výrazně rozšířila, mimo tradičních družic, mezi které patří zejména Landsat, SPOT a IRS je v provozu sestava 5 družic RapidEye (prostorové rozlišení 6,5 m), řada družic Resourcesat (rozlišení 23,5 m), sestava 9 družic DMC (rozlišení 20 až 30 metrů) a několik dalších družic. Nové družice zaručují dostatečnou snímací kapacitu pro řadu operačních aplikací např. zemědělský nebo lesnický monitoring. [19]

Pro práci jsou vybrány snímky družice Landsat, která jsou volně dostupné v rozsáhlém archivu Americké geologické služby.

Následující obrázek 5 zobrazuje všechny družice Landsat, které byly dosud vyneseny na oběžnou dráhu. Snímkování družicemi začalo v roce 1972 družicí Landsat 1. Doba provozu družice Landsat 1 trvala do roku 1975. Druhá družice Landsat 2 byla v provozu od roku 1975 do roku 1982. Následovala družice Landsat 3 jejíž doba provozu byla 1978 až 1983. Od roku 1982 do roku 1985 byla na oběžné dráze družice Landsat 4. Další družicí je od roku 1984 družice Landsat 5, Landsat 6 měla v roce 1993 havárii při startu a druhou dosud funkční družicí je od roku 1999 Landsat 7, která je i přes určité problémy stále funkční. Od 11. 2. 2013 je na oběžné dráze Landsat 8. Již nyní začaly NASA a USGS pracovat na Landsat 9, zahájení provozu a snímání družice je plánováno na rok 2023. [16] [13]

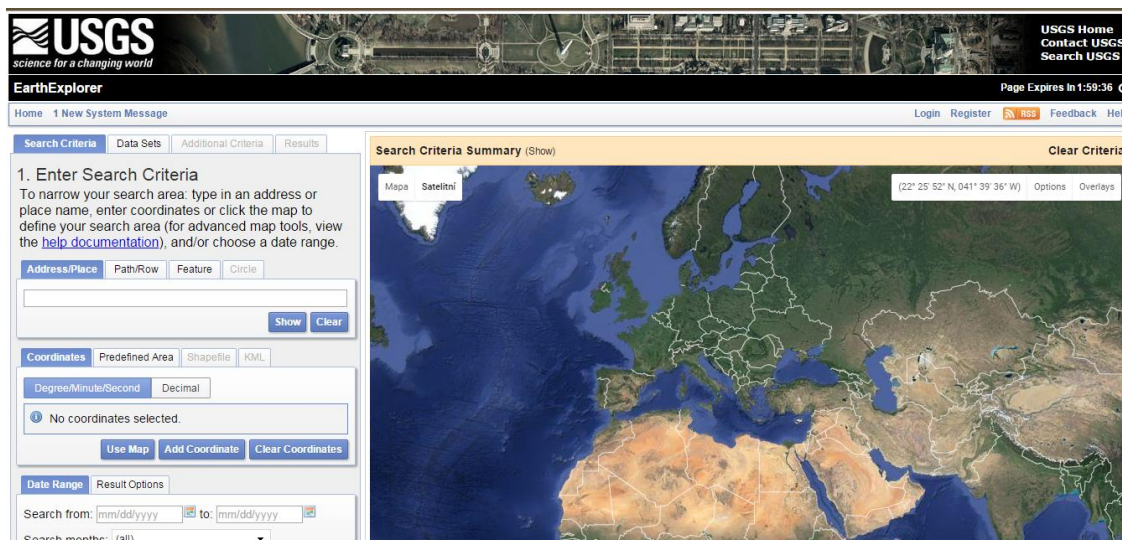


Obrázek 5: Družice Landsat

Zdroj: NASA

7.1 Archiv snímků Landsat

Družicové snímky Landsat jsou volně dostupná na internetových stránkách americké geologické služby na adrese <http://www.usgs.gov/> Data lze stahovat z EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>) po nutné registraci.



Obrázek 6: EarthExplorer - úvodní záložka

Zdroj: vlastní

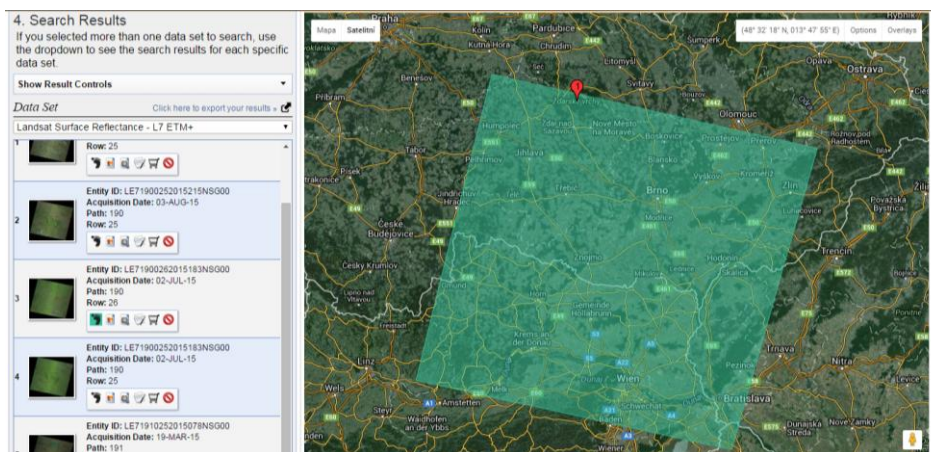
V záložce *Search Criteria* byly nastaveny požadované parametry snímku, v poli *Address/Place* uvedena adresa místa, která chceme vyhledat. V poli *Date Range* je nastaveno datum, pole *Search from* nastavíme datem, od kdy chceme snímky vyhledávat, do pole *to* vepíšeme datum, do kterého chceme snímky hledat.

V druhé záložce s názvem *Data Sets* je vybrána možnost *Landsat Archive* kde je vybrána družice či více družic, které chceme.

V další záložce *Additional Criteria* jsou možnosti rozšířit kritéria snímku, v této záložce je potřeba nastavit požadavky na oblačnost na snímku, pořizování snímku v noci či ve dne a další kritéria.

Poslední záložka *Results* zobrazuje snímky, které odpovídají zadaným kritériím. Ke stažení daného snímku, stačí použít ikonu *Download Options* a z nabídky snímků si zvolit data, která potřebujeme, a příslušná data se stáhnou do počítače.

Následující obrázek 7 zobrazuje území staženého družicového snímku.



Obrázek 7: Stažení družicového snímku

Zdroj: vlastní

Pro následnou analýzu dat byly staženy dva snímky, které zobrazují území Žďárských vrchů. První snímek z roku 2011 a je pořízen družicí Landsat 5, kritéria na snímek jsou nastaveny pro rok 2011 následovně: Čas: den, Oblačnost: menší jak 20 %, Typ stažených dat: Level 1 Product, Družice: Landsat 5 a pro snímek pro rok 2015 následovně: Čas: den, Oblačnost: menší jak 20 %, Typ dat: Level 1 Product, Družice: Landsat 8.

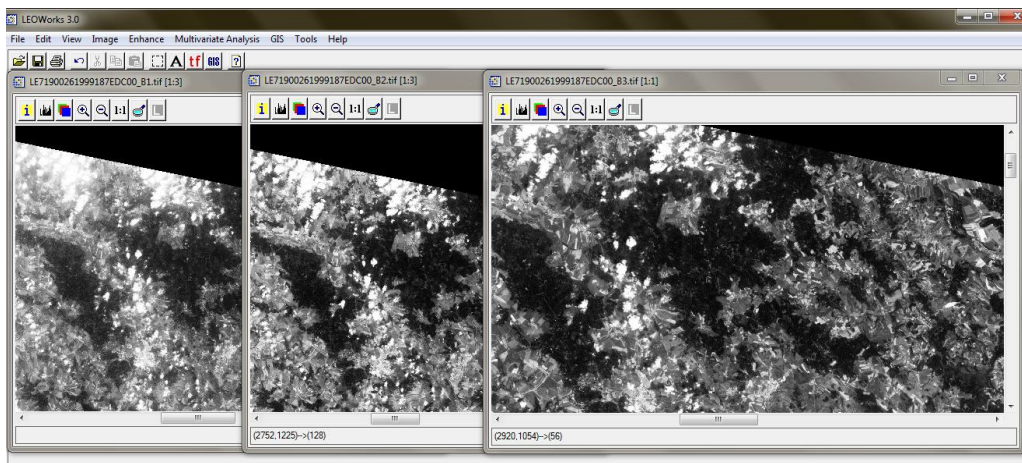
Pro vstupní data se vzhledem k časovému rozmezí nepodařilo pořídit ze stejného senzoru, tudíž jsou rozdíly ve spektrálním a prostorovém rozlišení.

7.2 Předzpracování dat

Nahrání dat do LEOWorks

Pro nahrání snímků z družice je použita funkce *Open* a vybráno pásmo. Jednotlivé obrazy pásem jsou ve formátu tiff. Po nastavení pásma se zobrazí nabídka *Image Preview*, která je potvrzena. Nedílnou součástí nahrání snímku je nutné v nabídce *Enhance* zvolit nástroj *Histogram Equalization*, což je předdefinovaná metoda nelineárního roztažení snímku, která slouží ke zvýraznění obrazu.

Následující obrázek 8 zobrazuje otevřená pásma v softwaru LEOWorks 3.0.

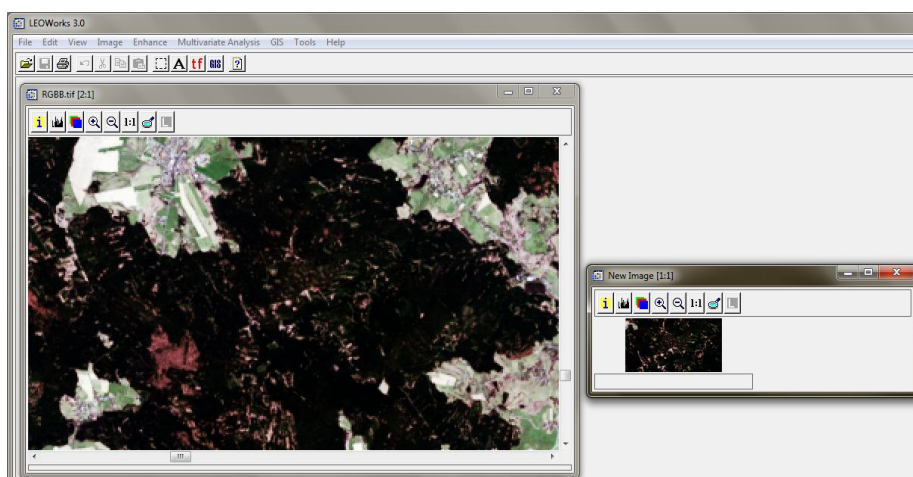


Obrázek 8: Vložené snímky do software

Zdroj: vlastní

Oříznutí snímku

Pomocí funkce *Crop* byly družicové snímky oříznuty na vybrané zájmové území CHKO. Pro oříznutí družicového snímku z roku 2015, byly nastaveny parametry ořezu následovně - Left: 2 100, Right: 2227, Top: 6 210 a Bottom: 6 280.



Obrázek 9: Oříznutí snímku pro rok 2015 v LEOWorks

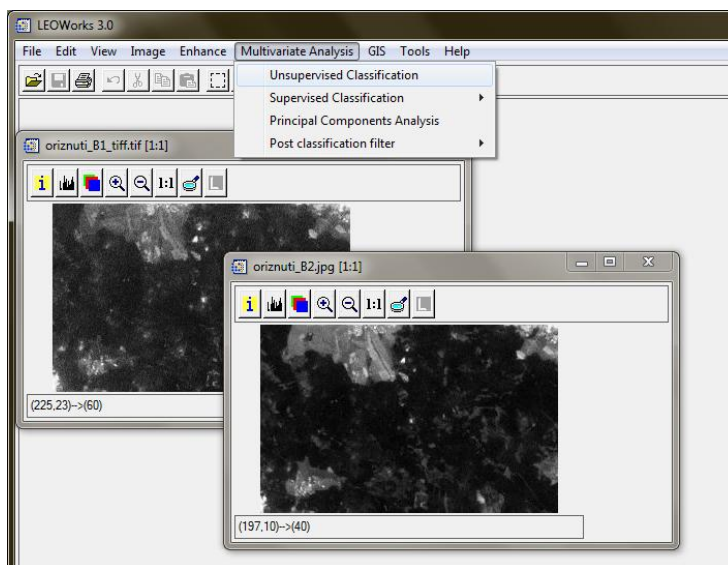
Zdroj: vlastní

7.3 Klasifikace jednotlivých časových horizontů

Existují různé způsoby detekce změn, ale pro následnou analýzu byla zvolena klasifikace. Analýza snímků je realizována v několika krocích. Prvním krokem je klasifikace prvního časového horizontu, poté druhého časového horizontu a následně jejich porovnání. Pro analýzu je použita neřízená klasifikace. Jedním z hlavních důvodů použití neřízené klasifikace je rychlost vyhodnocování výsledků a výsledky klasifikace poskytovaly přijatelné výsledky. Neřízená klasifikace v softwaru LEOWorks využívá algoritmus ISODATA. [12]

Výsledek klasifikace byl rozdělen do 5 tříd. Třídy jsou určeny podle typu povrchu, která se na území nejčastěji vyskytuje. Do následující klasifikace jsou vybrány třídy - lesy, zemědělské plochy, holá půda, zastavěné plochy a louky.

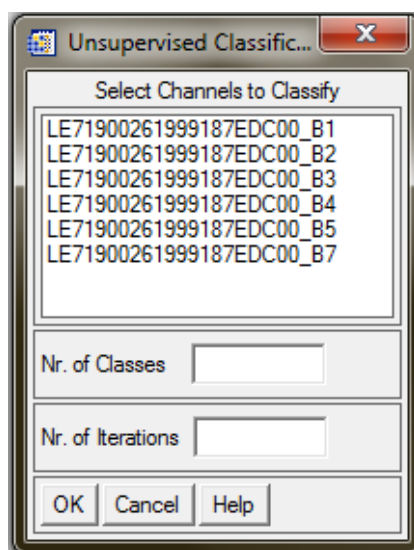
Nástroje klasifikace jsou umístěny v záložce *Multivariate Analysis* a vybrat první nabízenou možnost a to *Unsupervised Classification* viz Obrázek 10.



Obrázek 10: Klasifikace v LEOWorks

Zdroj: vlastní

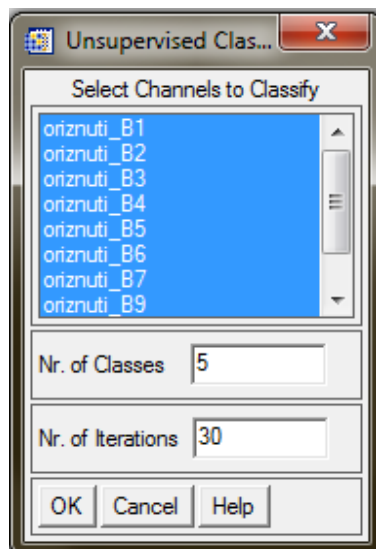
Po vybrání neřízené klasifikace je zobrazena tabulka s možným výběrem parametrů v *Select Channels to Classify* je možné vybrat pásma, která budou do klasifikace zahrnuta. *Nr. Of Classes* určuje počet tříd klasifikace. *Nr. Of Iterations* zaručuje, kolikrát bude algoritmus proveden. Viz Obrázek 11.



Obrázek 11: Neřízená klasifikace v LEOWorks

Zdroj: vlastní

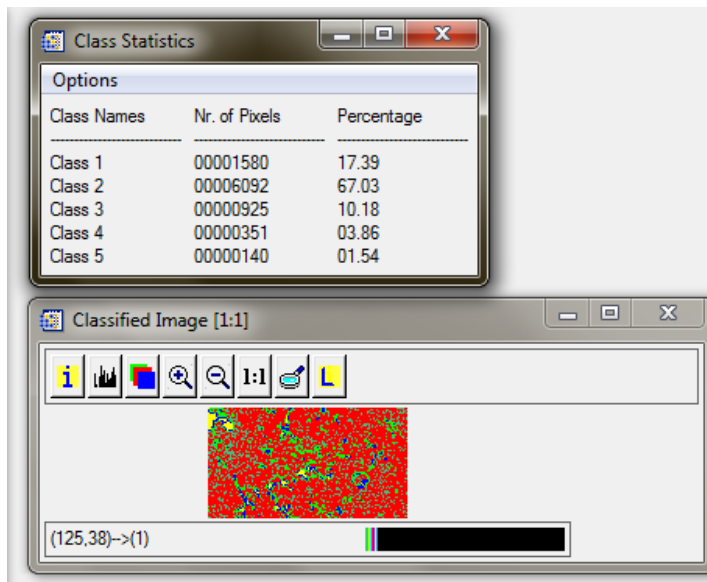
Pro oba snímky byla vybrána všechna pásma, počet tříd je nastaven na pět a počet opakování algoritmu je nastaven na číslo 30, jak zobrazuje obrázek 12. Testovány byly i jiné hodnoty algoritmu, ale hodnota 30 podávala vizuálně nejlepší výsledky.



Obrázek 12: Neřízená klasifikace II v LEOWorks

Zdroj: vlastní

Následující obrázek 13 zobrazuje výsledek neřízené klasifikace s tabulkou zobrazující procentuální rozdělení jednotlivých tříd.



Obrázek 13: Výsledek neřízené klasifikace

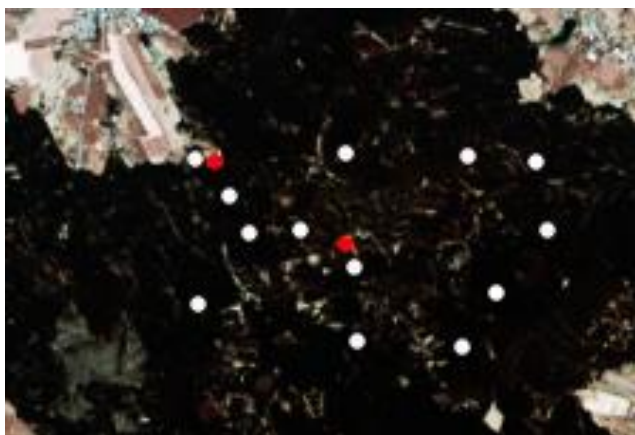
Zdroj: vlastní

7.3.1 Hodnocení přesnosti klasifikace

Pro hodnocení přesnosti neřízené klasifikace bylo použito vizuální porovnání snímků. Pro hodnocení je využito manuálně rozmístěných bodů a jejich následné zkoumání, zda patří do

příslušně přidělené třídy. Hodnocení klasifikace je porovnáváno na družicovém snímku, který je zobrazen pouze pásmem 2, 3 a 4.

Z obrázku byly náhodně vybrány body, které byly následně vizuálně porovnány s klasifikovaným snímek (viz obrázek 14). Z 15 vybraných bodů 13 bodů se ztotožňovalo s klasifikovanými třídami, což odpovídá 86,6 % úspěšnosti zařazení. Body, které spadají do odpovídající třídy, jsou na obrázku znázorněny bílou barvou, naopak body, které se neshodovaly, jsou zobrazeny barvou červenou.



Obrázek 14: Poloha bodů pro hodnocení přesnosti klasifikace

Zdroj: vlastní zpracování

7.3.2 Neřízená klasifikace 2011

Pro neřízenou klasifikaci pro rok 2011 byly použity data družice Landsat 5, do klasifikace však nebyly zahrnuta všechna poskytovaná pásma, ale pouze pásma 1, 2, 3, 4, 5 a 7.

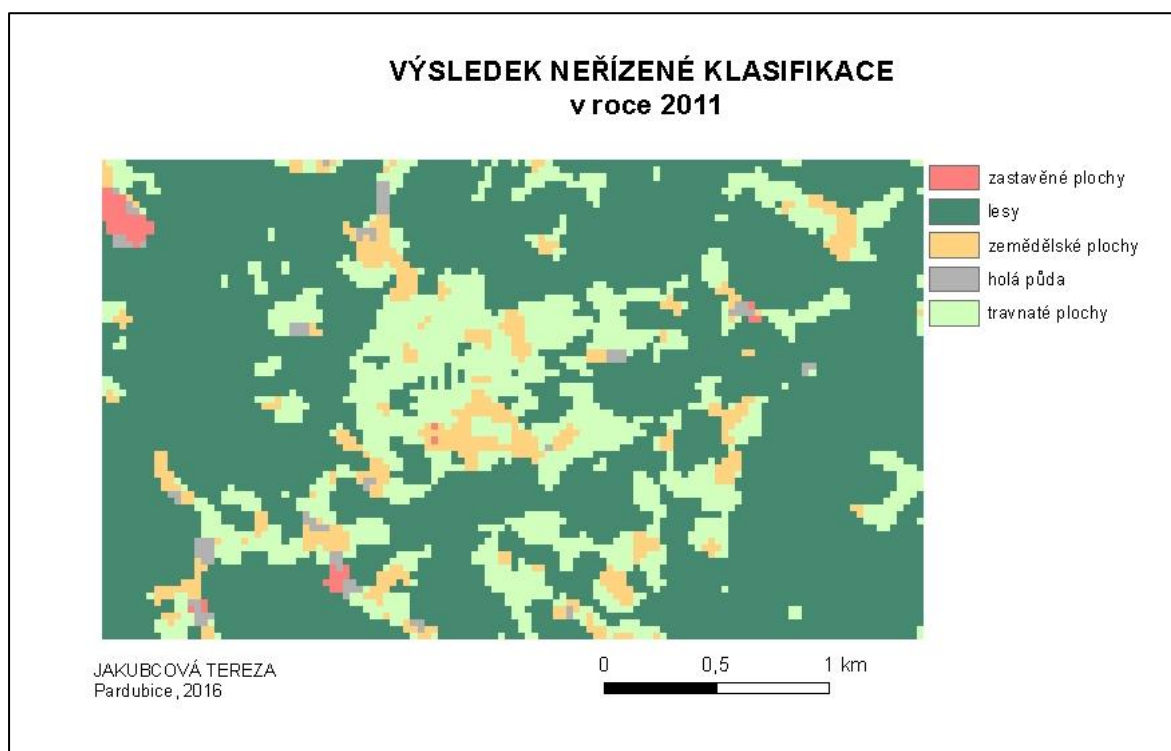
Výsledky neřízené klasifikace pásmem 1, 2, 3, 4, 5 a 7 družice Landsat 5 zobrazuje Příloha A. Výsledek klasifikace byl upraven pomocí nástroje *Post classification filter 3×3*, což je majoritní průměrný filtr, který odstraní osamocené pixely a tak se stává výsledek přehlednějším. Na první pohled je patrné, že největší část zájmového území tvoří lesy a travnaté porosty viz Příloha A.

Pro další práci byla vybrána matice 3×3 protože v rámci testování poskytuje nejpřijatelnější výsledky, software nabízí i výběr matice 5×5, porovnání obou filtrů zobrazuje Příloha A.

Neřízená klasifikace pro vybraná pásma Landsat 5, klasifikovala 66,10 % plochy jako lesy, 23,31 % jako travnaté plochy, 7,81 % jako zemědělské plochy, 2 % připadla holé půdě a 0,70 % definoval algoritmus jako zastavěnou plochu.

Po klasifikačních úpravách bylo přiřazeno 71,61 % plochy lesů, 20,06 % travnatých ploch, 6,25 % zemědělských ploch, 1,28 % holé půdy a 0,80 % zastavěných ploch.

Obrázek 15 zobrazuje výsledek neřízené klasifikace, kde převládají lesy, které jsou klasifikovány tmavě zelenou barvou.



Obrázek 15: Výsledek neřízená klasifikace časového horizontu 2011

Zdroj: vlastní zpracování

Klasifikace byla také provedena pouze na určitá pásma družice a to na pásma 3, 4 a 5. Jedním z důvodů vybrání těchto pásem je jejich poloha blízko infračervenému pásmu, které je citlivé na vegetaci.

Pro klasifikaci těchto třech pásem byly hodnoty nadefinovány následovně. Lesům náleží 64,94 %, 21,31 % zabírají travnaté plochy, 10,57 % zemědělská půda, 2,44 % náleží holé půdě a 0,73 % zastavěným plochám.

7.3.3 Neřízená klasifikace 2015

Neřízená klasifikace pro rok 2015 byla vytvořena z dat družice Landsat 8. Do klasifikace z družice byla použita pouze pásma 2, 3, 4, 5, 6 a 7. Tyto pásma byla vybrána v závislosti na vybraných pásmech z družice Landsat 5 použité v klasifikaci viz kapitola 7.3.2. Byly vybrány pásma se stejným prostorovým rozlišením.

Příloha B zobrazuje výsledky klasifikace pásem 2, 3, 4, 5, 6 a 7, a také snímek upravený klasifikačním filtrem 3×3.

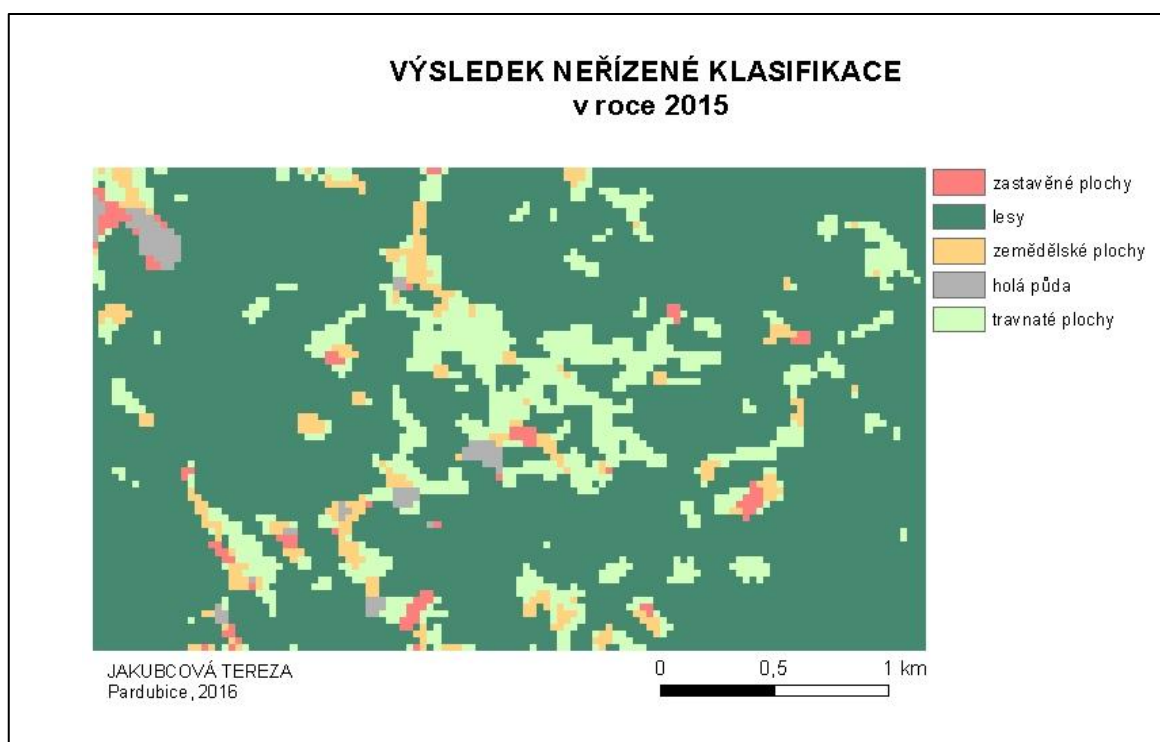
Stejně jako u klasifikace z roku 2011 byl použit i filtr 5×5, jak zobrazuje Příloha B.

Klasifikace pro rok 2015 zařadila 72,61 % plochy do třídy lesů, 17,65 % plochy bylo klasifikováno jako travnaté plochy, 5,86 % je definováno jako zemědělské plochy, 2,44 % jako holá půda a 1,43 % jako zastavěné plochy.

Po klasifikačních úpravách bylo 80,63 % plochy zaraženo do třídy lesů, 12,97 % do třídy travnatých ploch, 3,64 % náleží do třídy zemědělských ploch, 1,49 % do třídy holé půdy a 1,27 % do zastavěných ploch.

Neřízená klasifikace byla provedena i pro pásma, které se nacházejí blízko infračervenému pásmu v případě družice Landsat 8 jde o pásma 4,5 a 6. Pomocí této klasifikace bylo 71,04 % plochy definováno do třídy lesů, 17,09 % do travnatých ploch, 6,88 % do zemědělských ploch, 2,92 % spadá do holé půdy a 2,08 % do zastavěných ploch.

Na první pohled je viditelné, že i v roce 2015 převládají na zájmovém území lesy, které jsou zobrazeny tmavě zelenou barvou, jak zobrazuje Obrázek 16.



Obrázek 16: Výsledek klasifikace časového horizontu 2015

Zdroj: vlastní zpracování

7.4 Vegetační index - porovnání vegetačního indexu

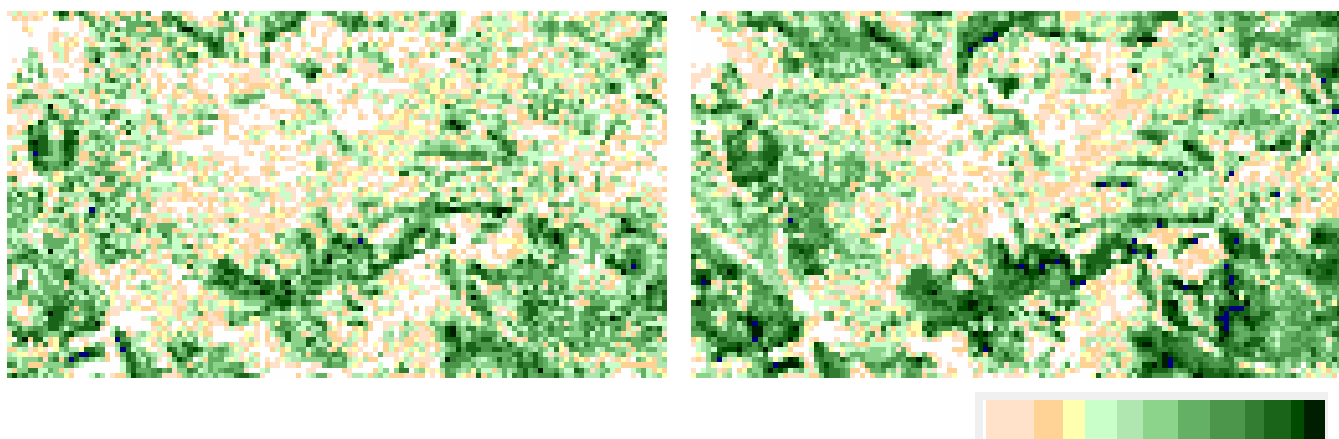
Dalším způsobem detekce změn vegetace je použití vegetačního indexu. Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI) je jeden z nejrozšířenějších vegetačních indexů, které se používají pro zobrazení biomasy na snímku. Index využívá kontrastu dvou spektrálních pásem červené pásmo a pásmo NIR. V červeném pásmu využívá absorpci díky chlorofylu a v NIR

pásmu díky odrazivosti rostlinných materiálů. [12] NDVI je vyjádřen následujícím podílem: $(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$. [10]

Pro vytvoření NDVI indexu je použita funkce *Compute NDVI*, která se nachází v záložce *Tools*. Následně jsou vybrána dvě pásma, která jsou k vytvoření indexu potřeba – RED a NIR pásmo.

Rozsah indexu NDVI je v rozmezí od -1 do 1. Nejnižší hodnotu mají plochy, které zobrazují vodní toky, nádrže či jiné vodní plochy naopak nejvyšší hodnotu mají plochy zobrazující hustou vegetaci, což představují například lesy.

Následující obrázek porovnává NDVI v jednotlivých letech. Obrázek NDVI pro rok 2011 a pro rok 2015. Barevná škála zobrazuje rozmezí hodnoty indexu od -1 (nejsvětlejší barva) do 1 (nejtmavší barva). Vizuelním porovnáním nejsou markantní změny v časových horizontech.



Obrázek 17: NDVI index pro rok 2011 (vlevo) a pro 2015 (vpravo)

Zdroj: vlastní zpracování

7.5 Interpretace změn

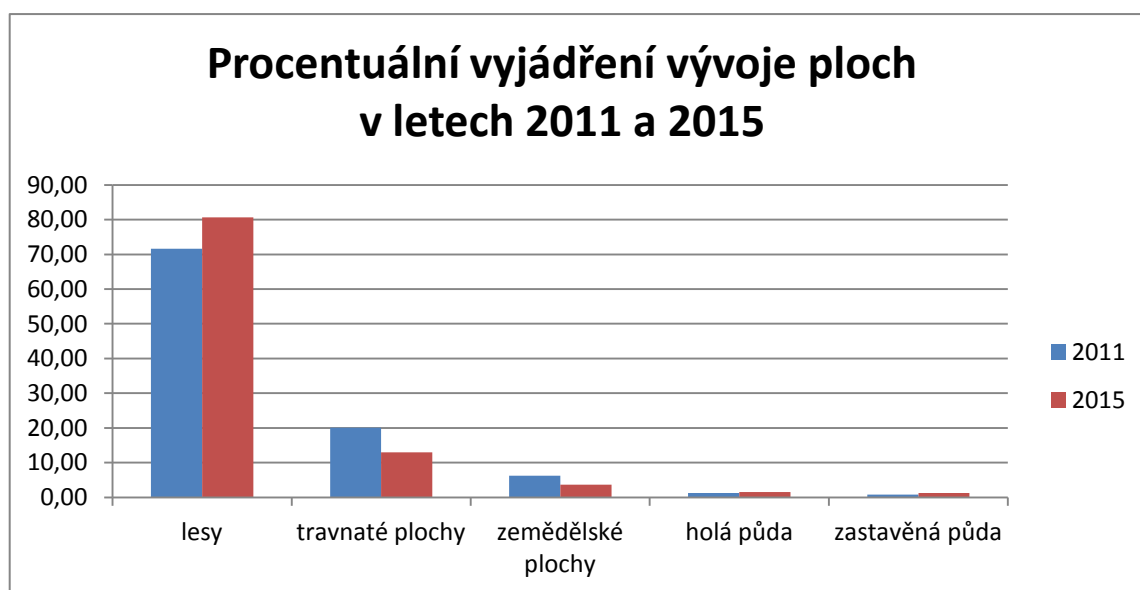
Pro porovnání změn v jednotlivých letech byly použity klasifikované snímky s postklasifikační úpravou. Na první pohled je z obrázku vidět, že je zde nárůst lesního porostu a naopak úbytek travnatých ploch viz Příloha D.

Tabulka 1: Porovnání snímku z roku 2011 a 2015

	2011		2015		Rozdíl	
	v %	v ha	v %	v ha	v %	v ha
Lesy	71,61	569,30	80,63	641,01	9,02	71,71
Travnaté plochy	20,06	159,48	12,97	103,11	-7,09	-56,37
Zemědělské plochy	6,25	49,69	3,64	28,94	-2,61	-20,75
Holá půda	1,28	10,18	1,49	11,85	0,21	1,67
Zastavěné plochy	0,8	6,36	1,27	10,10	0,47	3,74

Zdroj: vlastní zpracování

Následující obrázek 18 zobrazuje porovnání ploch v jednotlivých časových horizontech, modrou je znázorněn rok 2011 a červeně rok 2015.



Obrázek 18: Procentuální porovnání ploch ve vybraných letech

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je viditelné na klasifikovaných obrázcích (viz Příloha D) dochází zde k nárůstu lesního porostu a to o 9,02 % což odpovídá 71,71 ha, jak uvádí Tabulka 1. Naopak na zájmovém území dochází k úbytku travnatých ploch o 7,09 % (5,37 ha) a zemědělských ploch o 2,61 % (20,75 ha). Pouze nepatrný nárůst zaznamenávají třídy holé pudy o 0,21 % (1,67 ha) a zastavěné plochy o 0,46 % (3,74 ha).

Podle dostupných novinových článků bylo předpokládáno, že na daném území bude úbytek lesního prostoru, v okolí Devíti skal došlo ke kácení stromů kvůli napadení stromů kůrovcem, ale na základě výsledků klasifikace úbytek lesního prostoru kolem skal nebyl a tak velkým zásahem, aby významně zasáhl do vegetace zájmového území CHKO.

Ovlivnit výsledky může i výběr senzoru, tudíž by pro interpretaci změn bylo nejvýhodnější mít vstupní data ze stejného senzoru, což se u zkoumaných dat v daném časovém horizontu nepodařilo. Snímky jsou pořízeny z družice Landsat 5 a 8. U těchto družic je rozdíl, jak u počtu spektrálních pásem, tak u prostorového rozlišení. Landsat 5 má rozlišení 30, 120 m, Landsat 8 15,30, 100 m. [13]

Pro podání základní informace o klasifikaci jsou satelitní snímky s rozlišením 30 metrů dostatečné, ale pro detailnější klasifikaci území by bylo vhodnější použít snímky ze stejného senzoru a s vyšším prostorovým rozlišením nebo snímky letecké.

ZÁVĚR

K mapování vegetace jsou velmi často využívány družicové snímky, které zobrazují celý povrch Země a pořizují obraz povrchu Země v různých spektrálních pásmech a jelikož má vegetace určité a jedinečné spektrální chování, lze ji tak různými metodami odlišit od jiných ploch, které se na zemském povrchu nachází.

V úvodu práce jsou vysvětleny základní pojmy, jako je DPZ, metody DPZ, DZO, charakteristika digitálního obrazového záznamu, krajina, změny v krajině, letecké a družicové snímkování. Tyto základní pojmy jsou úzce spjaty s tímto tématem a jejich vysvětlení je nedílnou součástí práce. V práci je také část zaměřená na základní charakteristiku CHKO Žďárské vrchy a to především na historii, geografii, klima, kulturu, faunu, flóru a vodstvo.

Cílem této práce byla analýza vegetačního pokryvu ve vybrané části CHKO Žďárské vrchy. Analýza změn vegetace byla prováděna ze satelitních snímků družic ve vybraných časových horizontech. K analýze byla využita data z družic Landsat 5 a Landsat 8. Z družice Landsat 5 byla využita pásma 1, 2, 3, 4, 5 a 7 s prostorovým rozlišením 30 m a z družice Landsat 8 byla k analýze vybrána pásma 2, 3, 4, 5, 6 a 7 s prostorovým rozlišením 30 m. Tyto pásma byla vybrána podle vlnových délek snímaných pásem, aby výsledky klasifikace byly porovnatelné. Snímky byly zvoleny podle oblačnosti a přibližně sejného období pořízení snímku, aby bylo porovnání snímků co nejpřesnější a aby výsledky nebyly zkresleny.

K analýze vegetačního pokryvu byl využit software LEOWorks, protože je uživatelsky dostupný a v tomto softwaru bylo na USII UPa řešeno minimum bakalářských či diplomových prací.

Pro analýzu byla zvolena neřízená klasifikace, byla vybrána kvůli rychlosti vyhodnocování výsledků. Klasifikace území byla provedena do pěti tříd – lesy, travnaté plochy, zemědělské plochy, holá půda a zastavěné plochy. Klasifikace byla provedena ve dvou časových horizontech a to v roce 2011 a 2015 a výsledky obou klasifikací byly následně porovnány. V závěru práce je pomocí softwaru LEOWorks vypočítán NDVI index pro rok 2011 i rok 2015, který je také graficky vyjádřen. Vegetační index je totiž jednou z dalších možností detekce změn v krajině.

Výsledkem porovnání jednotlivých časových horizontů je jak vizuální porovnání jednotlivých výsledných klasifikací, tak tabulkové porovnání pomocí procentuálního zastoupení i hektarové vyjádření jednotlivých ploch v zájmovém území. Procentuální vyjádření je zobrazeno i formou grafu. Výsledkem analýzy vegetace je přírůstek lesů v zájmovém území a naopak úbytek

travnatých ploch o 56,37 ha i zemědělských ploch, které se snížily o 20,75 ha. Výsledky klasifikace pro změnu v krajině nejsou markantní, jedná se pouze o minimální změny.

Práce je určena pro správu CHKO Žďárské vrchy nebo pro zájemce o studium detekci změn v krajině v zájmovém území CHKO.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AOPK ČR. *Krajinný ráz CHKO Žďárské vrchy* [online]. 2016 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/charakteristika-oblasti/krajinny-raz/>
- [2] AOPK ČR. *Přírodní památka Devět skal* [online]. 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/zvlaste-chranena-uzemi/prirodni-pamatka-devet-skal/>
- [3] AOPK ČR. *Regionální pracoviště Správa CHKO Žďárské vrchy* [online]. 2016 [cit. 2016-02-16] Dostupné z: <http://zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/>
- [4] AOPK ČR. *Rozbory chráněné krajinné oblasti Žďárské vrchy k 31. 12. 2009* [online]. 2016 [cit. 2016-01-19] Dostupné z: <http://docplayer.cz/2987034-Rozbory-chranene-krajinne-oblasti-zdarske-vrchy.html>
- [5] APPLE INC. *iPhoto, Aperture: Definice související s velikostí obrázků* [online]. 2016 [cit. 2016-02-28] Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT202719>
- [6] ARCDATA PRAHA. *ArcGIS for Desktop* [online]. 2016 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis>
- [7] ARCDATA PRAHA. *Envi* [online]. 2016 [cit. 2016-03-28] Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/envi>
- [8] COUFALOVÁ, O., LUKÁŠ, V., KŘEN, J. *Multispectral images of cereal crops* [online] [cit. 2015-10-17] Dostupné z: <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2006/articles/fyto/coufalova.pdf>
- [9] ČESKÉ DĚDICTVÍ UNESCO. *Žďár nad Sázavou – Představení* [online]. [cit. 2016-02-17] Dostupné z: <http://www.unesco-czech.cz/zdar-nad-sazavou/predstaveni/>
- [10] DOBROVOLNÝ, P. *Dálkový průzkum Země*. Digitální zpracování obrazu. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1998. 208 s. ISBN 80-210-1812-7.
- [11] ESA. *Co je Esa?* [online]. 2012 [cit. 2016-03-18] Dostupné z: http://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Co_je_ESA
- [12] ESA. *LEOWorks 3.0 Tutorial* [online]. 2013 [cit. 2016-04-18] Dostupné z: <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/eduspace/leoworks3-tutorial.pdf>

- [13] ESRI. *Družice Landsat* [online]. 2016 [cit. 2016-03] Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/druzicova-data/landsat>
- [14] EUROPEAN SPACE AGENCY. *What tools does it offer?* [online]. 2015 [cit. 2016-02-09] Dostupné z: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMNNBANJTF_0.html
- [15] GEHEROVÁ, L. *Mapy vegetačního krytu vybrané části jižní Moravy vytvořené metodami DPZ a verifikace jejich přesnosti*. Brno, 2012. 52 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta Přírodovědecká. Vedoucí práce RNDr. Petr Dobrovolný Csc. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/324419/prif_b/BP_Geherova.pdf
- [16] GISAT. *Landsat* [online]. 2012 [cit. 2016-03-12] Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/landsat>
- [17] GISAT. *Vyhodnocení dat* [online]. 2012 [cit. 2016-01-10] Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/sluzby/zpracovani-dat/vyhodnoceni-dat>
- [18] GRASS DEVELOPMENT TEAM, CC-BY-SA. *Home* [online]. 2016 [cit. 2016-01-19] Dostupné z: <https://grass.osgeo.org/>
- [19] HÁKOVÁ, Marie. *Dálkový průzkum Země dnes a zítra* [online]. 2016 [cit. 2016-03-21] Dostupné z: <http://www.geobusiness.cz/2012/01/dalkovy-pruzkum-zeme-dnes-a-zitra/>
- [20] HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. *Dálkový průzkum Země*. 1. vyd. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005. 192 s. ISBN 80-01-03124-7.
- [21] HORÁKOVÁ, A. *Zhodnocení dat dálkového průzkumu Země poskytovaných Evropskou unií*. Pardubice, 2015. 57 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/60003/BP_Horakova.pdf?sequence=2&isAllowed=n
- [22] HOZMAN, J. *Základní metody předzpracování obrazu* [online]. 2003 [cit. 2015-10-18] Dostupné z: http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/Zprac_obr_prisp_kurz_UEM_3_2003.pdf
- [23] HROMÁDKO, T. *Využití leteckých snímků pro analýzu vývoje krajiny v okolí obce Staré Jesenčany*. Pardubice, 2009. 43 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: <http://www.starejesencany.cz/file.php?nid=479&oid=1925715>
- [24] KACHLÍK, Přemysl. *Přehled družicových systémů s velmi vysokým rozlišením* [online]. 2011 [cit. 2016-03-12] Dostupné z: <http://druzice.kachlik.com>

- [25] KALINOVÁ, M. *Soubor příkladů zpracování obrazu nástroji ERDAS Imagine v ArcGIS Desktop*. Pardubice, 2013. 45 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52060/KalinovaM_SouborPrikladu_PS_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [26] KOLEJKA, J. *Nauka o krajině: geografický pohled a východiska*. 1. vyd. Praha: Academia, 2013. 439 s. ISBN 978-80-200-2201-1
- [27] KUPKOVÁ, L. *Země z nadhledu (3. část): charakteristiky dat DPZ* [online]. 2010 [cit. 2016-02-02] Dostupné z: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2010/06/12-13.pdf>
- [28] KUPKOVÁ, L. *Země z nadhledu – dálkový průzkum Země* [online]. 2010 [cit. 2015-10-16] Dostupné z: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2010/02/10-11.pdf>
- [29] KUPKOVÁ, Lucie a Luboš KRÁL. *Země očima satelitů: vzdělávací modul Geografie: výukový a metodický text*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství P3K s. r. o., 2011. 51 s. ISBN 978-80-87186-55-8.
- [30] LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6 th ed. Hoboken: Wiley, 2008. 758 s. ISBN 978-0-470-05245-7.
- [31] LOKOČ R., LOKOČOVÁ, M. *Vývoj krajiny v české republice*. 1. vyd., Lipka - školské zařízení pro environmentální vzdělávání, Brno, 2010. 43 s. ISBN: 9788090480735. Dostupná na World Wide Web: <http://www.lowaspol.cz/_soubory/KR_kniha.pdf>
- [32] LONGLEY, P. A. et al. *Geographic Information Systems and Science*. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011. 539 s. ISBN 978-0-470-72144-5.
- [33] NENIČKOVÁ, P. *Mapování vegetace ve vybrané části údolní nivy Moravy prostředky DPZ*. Brno, 2009. 49 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta přírodovědecká. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Petr Dobrovolný, CSc. Dostupní z: <http://www.mycartography.wz.cz/bp.html>
- [34] OPRCHAL, J. *Detekce změny landuse dolního toku řeky Moravy na sérii družicových snímků*. Brno, 2007. 52 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta přírodovědecká. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Petr Dobrovolný, CSc. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/105993/prif_b/BP_OPRCHAL.pdf

- [35] PETŘÍČEK, V. *Péče o chráněná území*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1999. 451 s. ISBN 80-86064-42-5.
- [36] PLÁNKA, L. *Dálkový průzkum Země. Modul 03* [online]. 2007 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE05_M03-D%C3%A1lkov%C3%BD%20pr%C5%AFzkum%20Zem%C4%9B%20-%20Zpracov%C3%A1n%C3%AD%20dat.pdf
- [37] RINDOVÁ, K. *Temporální analýza vývoje krajiny v okolí obce Lázně Bohdaneč*. Pardubice, 2008. 40 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/28877/RindovaK_Temporalni%20analyza_PS_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [38] SALLABA, Florian. Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes. Lund, 2009. 49 s. LUND UNIVERESITY Geobiosphere Science Centre. Supervisor Ulf Helldén. Dostupné z: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=1887139&fileOId=1887140>
- [39] SEDLÁRIKOVÁ, R., MULKOVÁ, M. *Vizualizace změn v krajině* [online]. 2008 [cit. 2016-01-27] Dostupné na Internetu: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2008/sbornik/Lists/Papers/083.pdf
- [40] SEEMANN, P., JANATA, T. *Další software na poli digitální kartografie* [online]. 2010-2013 [cit. 2016-02-28] Dostupné z: <http://kartografie.fsv.cvut.cz/4-3-0-dalsi-gis-software.php>
- [41] SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. 2. vyd. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- [42] STOREY, Michael. *Using Landsat 5 TM imagery to analyse the relationship between live fuel moisture content and fire severity in eucalypt dry sclerophyll forest*, Bachelor of Science (Honours), School of Earth & Environmental Sciences, University of Wollongong, 2013. Dostupné z: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=thsci>
- [43] SVATOŇOVÁ, Hana a Lubomír LAUERMAN. *Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2010. 96 s. ISBN 978-80-210-5162-1.

- [44] TERRASIGNA. *General description* [online]. 2008-2015 [cit. 2016-01-10] Dostupné na Internetu: <http://leoworks.terrasigna.com/index.php?s=about>
- [45] TROJOVSKÁ, E. *Využití automatické klasifikace obrazu pro analýzu vývoje krajiny v obci Staré Jesenčany*. Pardubice, 2012. 82 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52583/TrojovskaE_VyuzitiAutomaticke_PS_2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [46] TURISTIKA.CZ. *Turistické cíle – Žďárské vrchy* [online]. 2007-2016 [cit. 2016-02-19] Dostupné z: <http://www.turistika.cz/zdarske-vrchy/mista>
- [47] Ustanovení §3 odst. 1 písm. m) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění
- [48] VACEK, S., VACEK, Z., ULBRICHOVÁ, I., HYNEK, V. *Soubor map: Mapa zonace ochrany přírody v CHKO Žďárské vrchy* [online]. 2012 [cit. 2016-02-28] Dostupné z: http://fld.czu.cz/vyzkum/maps/kpl/vacek/soubor_map_vacek_24.pdf
- [49] VÁVRA, V. *Devět skal - Křižánky* [online]. 2006 [cit. 2016-03-19] Dostupné z: http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/devet_skal/devet_skal.html
- [50] VOZENÍLEK, V. *Geografické informační systémy I: pojetí, historie, základní komponenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1998. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.
- [51] VYSOČINA TOURISM. *CHKO Žďárské vrchy* [online]. 2016 [cit. 2016-02-16] Dostupné z: <http://www.region-vysocina.cz/chko-z-darske-vrchy-cx1064>
- [52] WHITE, L. *Aerial photography and remote sensing for soil survey*. Oxford: Clarendon Press, 1977. 104 s. ISBN 0198545096
- [53] ZELENÁ KŘÍŽOVÁ, Helena. *V Křižánkách proběhla konference k odlesnění dominant Žďárských vrchů* [online]. 2013 [cit. 2016-04-11;19:20]. Dostupné z: <http://www.zdarskevrchy.cz/region/reportaze/6682-v-krizankach-probehla-konference-k-odlesneni-dominant-zdarskych-vrchu>
- [54] ZEYNEP, Nahide Aydin. *The Application of Multi-Sensor Remote Sensing Techniques in Archaeology*. Mississippi, 2004. 70 s. University of Mississippi http://kerkenes.metu.edu.tr/kerk2/17downlds/znaydin_thesis.pdf

- [55] ŽÍŽALA, Daniel a Pavel NOVÁK. *Hodnocení historického vývoje land use s využitím DPZ*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. 115 s. ISBN 978-80-87361-13-9

SEZNAM PŘÍLOH

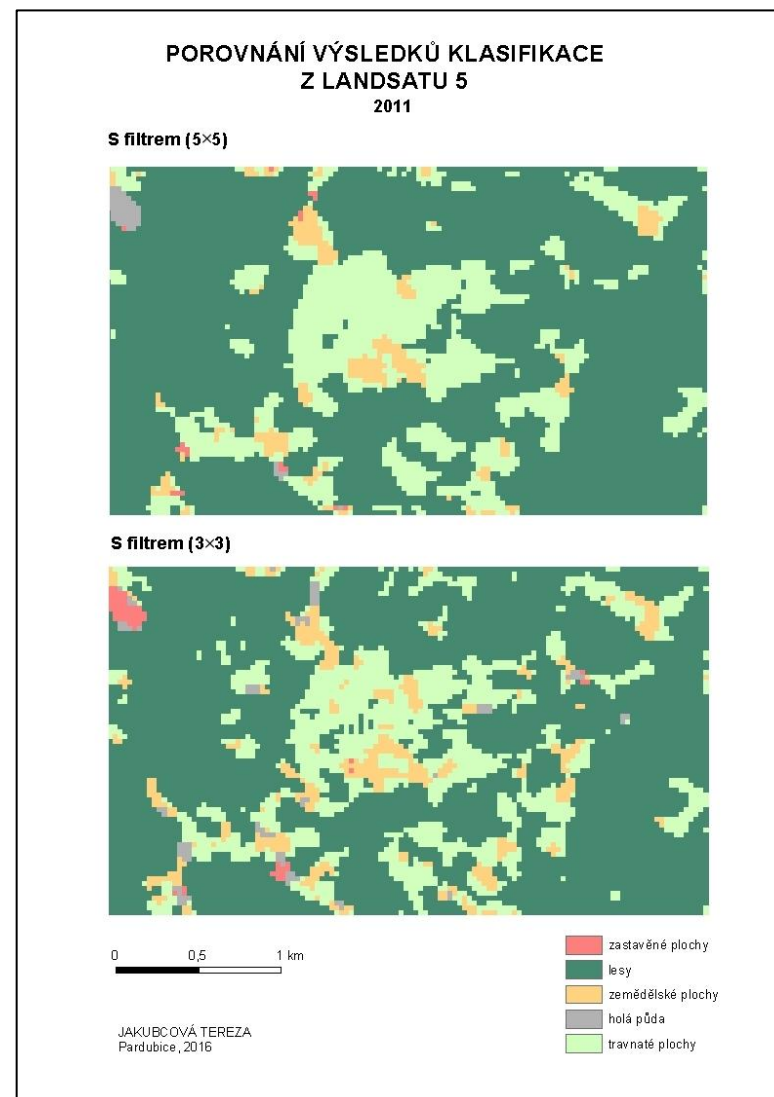
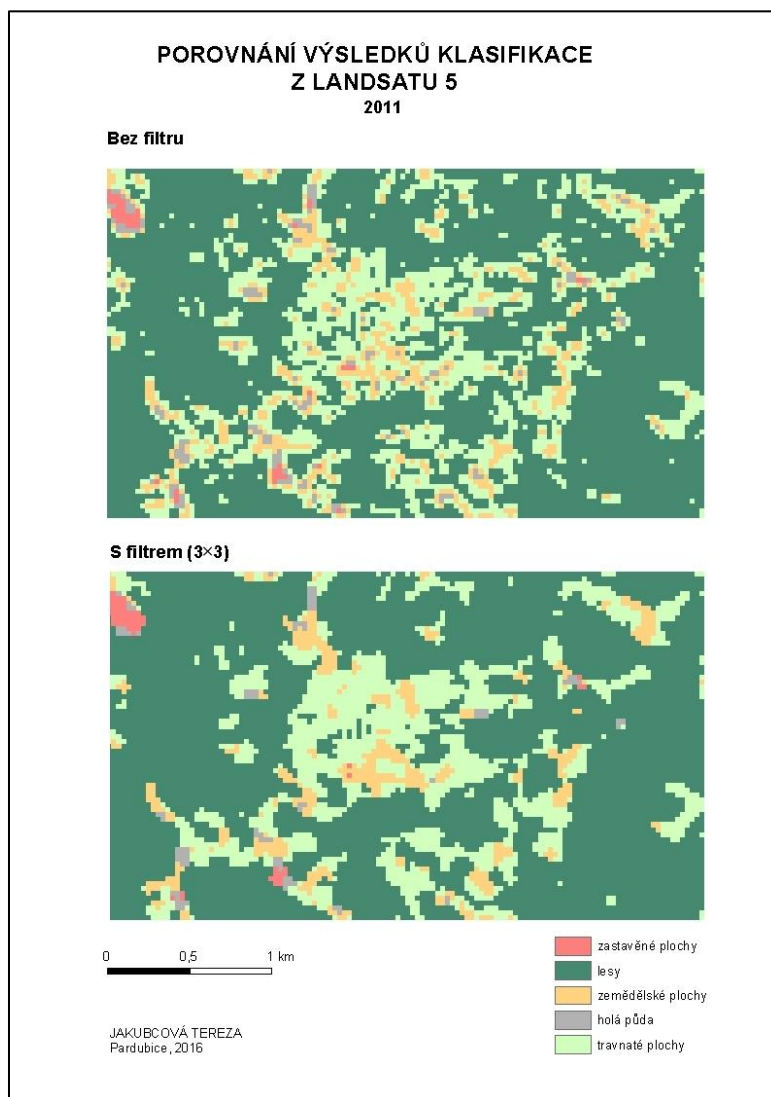
Příloha A: Porovnání výsledků klasifikace bez filtru a s filtrem 3×3 v roce 2011 a porovnání výsledků klasifikace s filtrem 3×3 a s filtrem 5×5 v roce 2011

Příloha B: Porovnání výsledků klasifikace bez filtru a s filtrem 3×3 v roce 2015 a porovnání výsledků klasifikace s filtrem 3×3 a s filtrem 5×5 v roce 2015

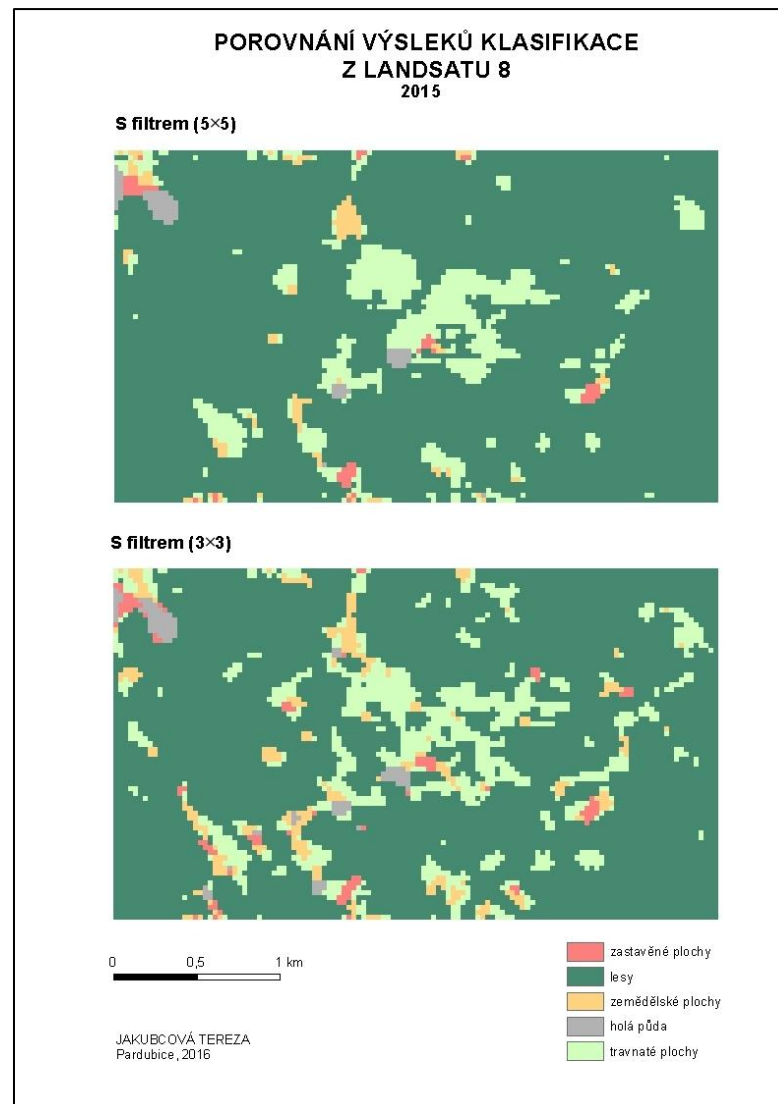
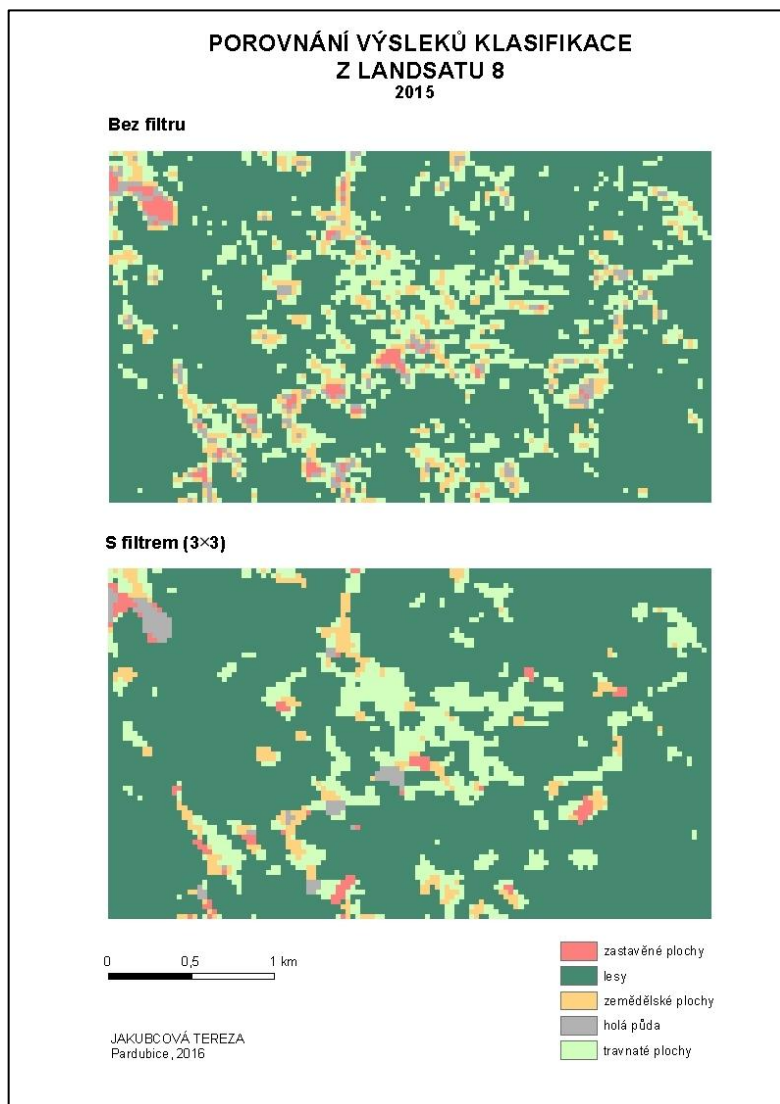
Příloha C: Výsledky neřízené klasifikace v roce 2011 a 2015

Příloha D: Porovnání výsledků neřízené klasifikace v letech 2011 a 2015

Příloha A

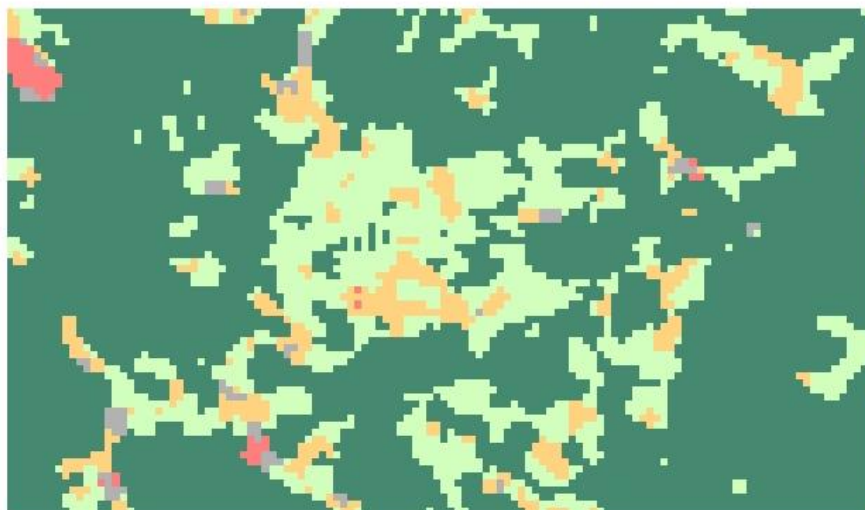


Příloha B



Příloha C

VÝSLEDEK KLASIFIKACE Z LANDSATU 5 2011

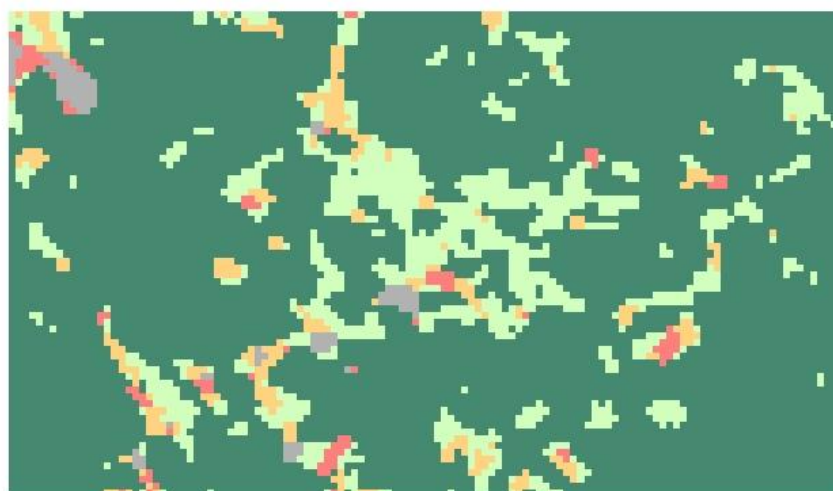


0 0,5 1 km

JAKUBCOVÁ TEREZA
Pardubice, 2016

- zastavěné plochy
- lesy
- zemědělské plochy
- holá půda
- travnaté plochy

VÝSLEDEK KLASIFIKACE Z LANDSATU 8 2015



0 0,5 1 km

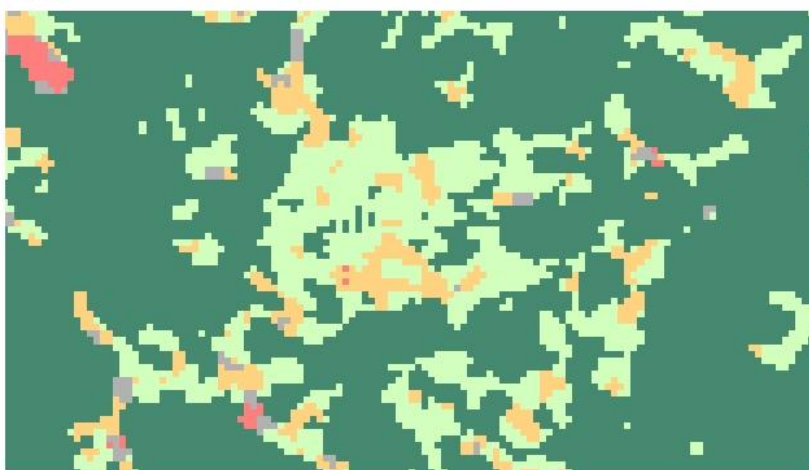
JAKUBCOVÁ TEREZA
Pardubice, 2016

- zastavěné plochy
- lesy
- zemědělské plochy
- holá půda
- travnaté plochy

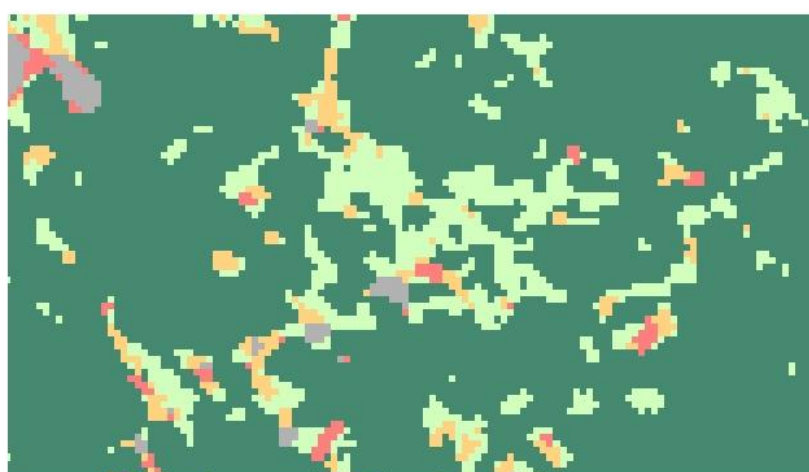
Příloha D

POROVNÁNÍ VÝSLEKŮ KLASIFIKACE

2011



2015



0 0,5 1 km

JAKUBCOVÁ TEREZA
Pardubice, 2016

-  zastavěné plochy
-  lesy
-  zemědělské plochy
-  holá půda
-  travnaté plochy