

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**Bc. Marek ADAMEC**

**NÁVRH A REALIZACE NÁSTROJE  
AUTOMATICKÉ AKTUALIZACE VYUŽITÍ ÚZEMÍ  
V PROSTŘEDÍ ARCGIS**

**Magisterská práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Jaroslav BURIAN, Ph.D.**

**Olomouc 2013**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Jaroslava Buriana, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 22. dubna 2013

---

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jaroslavu Burianovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantům Mgr. Lee Maňákové a Mgr. Miloslavu Dvořákovi z Oddělení územního plánování a architektury Odboru koncepce a rozvoje Magistrátu města Olomouce za rady a poskytnutá data.

Za poskytnutá data rovněž děkuji Krajskému úřadu Pardubického kraje, Českému úřadu zeměměřičskému a katastrálnímu a společnosti Geodis.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek ADAMEC**  
Osobní číslo: **R110730**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Geoinformatika**  
Název tématu: **NÁVRH A REALIZACE NÁSTROJE AUTOMATICKÉ AKTUALIZACE VYUŽITÍ ÚZEMÍ V PROSTŘEDÍ ARCGIS**  
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Cílem práce je v prostředí Esri technologií (zejména ArcGIS) vytvořit nástroj umožňující automatickou aktualizaci dat využití území pro účely územně plánovací činnosti na Magistrátu města Olomouce. Student v teoretické části práce zhodnotí možné postupy a využitelné datové zdroje pro pravidelnou aktualizaci datové sady využití území. Na základě svého úsudku, návaznosti na metodiku MINIS a konzultací s pracovníky Magistrátu města Olomouce navrhne postup automatické aktualizace, který zrealizuje pro programové řešení ArcGIS. Ve zvoleném území bude na závěr práce otestována funkčnost vytvořeného řešení.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr diplomové práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

**Metodiky využívané pro tvorbu ÚAP v ČR**  
**Šablona KGI pro psaní bakalářských a magisterských prací**  
**ÚAP jednotlivých krajů a vybraných ORP**  
**Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství**  
**Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.**

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D.**  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **23. dubna 2013**

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEOINFORMATIKY  
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc



Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 1. října 2011

# OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	8
ÚVOD .....	9
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>11</b>
2.1 Postup zpracování.....	11
2.2 Použitá data .....	13
2.3 Použité programy .....	14
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....</b>	<b>15</b>
3.1 Využití území.....	15
3.2 Podobné projekty.....	16
3.3 Data.....	18
3.3.1 Družicové snímky.....	18
3.3.2 Data z katastru nemovitostí.....	19
3.3.3 Letecké snímky.....	19
3.3.4 Ostatní data a postupy.....	20
<b>4 SESTAVENÍ NÁSTROJE.....</b>	<b>24</b>
4.1 VÝBĚR METODY PRO ZJIŠŤOVÁNÍ ZMĚN.....	24
4.1.1 Vizuální interpretace.....	24
4.1.2 Přímé srovnání pixelů dvou snímků.....	24
4.1.3 Objektově-orientovaná klasifikace.....	25
4.1.4 Algoritmy řízené a neřízené klasifikace.....	25
4.2 PROCES VÝPOČTU.....	26
4.2.1 Vstupní parametry výpočtu (data).....	26
4.2.2 Optimalizace rozlišení.....	26
4.2.3 Klasifikace.....	27
4.2.4 Odečtení rastrů.....	28
4.2.5 Aplikace obrazového filtru.....	29
4.2.6 Vyhlazení hranic.....	29
4.2.7 Převod rastru na polygony.....	30
4.2.8 Výběr nově vzniklých ploch zástavby, zpevněných ploch a holé půdy... 31	
4.2.9 Vytvoření vrstvy stínů.....	33
4.2.10 Spojení vrstev změnových ploch do jedné vrstvy.....	34
4.2.11 Eliminace polygonů s extrémními hodnotami rozlohy.....	34
<b>5 VÝSLEDKY.....</b>	<b>36</b>
5.1 Nástroj.....	36
5.2 Testování nástroje na vybraných lokalitách.....	38
<b>6 DISKUZE.....</b>	<b>43</b>
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>46</b>

**POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE**  
**SUMMARY**  
**PŘÍLOHY**

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CORINE	Coordination of Information on the Environment
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DN	Digital Number
DPZ	Dálkový průzkum Země
EEA	European Environment Agency
FAO	Food and Agricultural Organization
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
KN	Katastr nemovitostí
k. ú.	Katastrální území
LPIS	Land Parcel Identification System
MMOL	Magistrát města Olomouce
ORP	Obec s rozšířenou působností
PK	Pardubický kraj
USGS	United States Geological Survey
ÚAP	Územně analytické podklady
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
WMS	Web Map Service



## ÚVOD

Územní plánování se stává stále důležitějším oborem lidské činnosti. Lidská populace je koncentrována především do velkých měst. Ať již právě ve velkých městech, tak i v menších obcích a méně obydlené krajině dochází k různě častým a různě rozsáhlým změnám. Největší a nejintenzivnější změny v kulturní krajině, například v současné středoevropské krajině, jsou zapříčiněny lidskou činností. Méně časté jsou změny přírodní, nejčastěji v podobě extrémních přírodních jevů (například půdní eroze, polomy, sesuvy apod.). Člověk okolní krajinu výrazným způsobem ovlivňuje a přetváří. Aby změny nebyly neorganizované, chaotické a nevýhodné nebo dokonce nebezpečné jak pro samotné obyvatele krajiny, tak pro krajinu obecně, je s výhodou v současné době využíváno právě nástrojů a postupů územního plánování. Právní předpisy platné v České republice definují přesné podmínky pro provádění změn v krajině. Veškeré změny musí být prováděny v souladu s územním plánem příslušné obce. Územní plány jsou podřízeny Zásadám územního rozvoje a Politice územního rozvoje. Veškeré územně plánovací dokumenty jsou vytvářeny odborníky tak, aby byla udržována rovnováha mezi kvalitou životního prostředí, potřebami obyvatel a ekonomickými aktivitami v území. Jak již bylo řečeno, krajina se stále mění a vyvíjí. ÚPD (územně plánovací dokumentace) je třeba udržovat aktuální tak, aby zachycovala současný stav krajiny a řešila její aktuální problémy. Z tohoto důvodu je ÚPD v souladu s platnými předpisy a dle potřeb konkrétní lokality v určitých časových intervalech přepracovávána a obnovována. Při provádění změn v ÚPD využívají odborníci ÚAP (územně analytické podklady). ÚAP jsou informace o území, které správce (úřad ORP (Obec s rozšířenou působností) nebo Krajský úřad) musí dle zákon průběžně aktualizovat. Některé informace pro aktualizaci ÚAP jsou poskytovány veřejnými nebo soukromými subjekty (správci sítí, správci povodí apod.), některé informace aktualizuje správce ÚAP vlastními prostředky. Informace o současném využití území je jedním z údajů vedeným v rámci ÚAP. V současnosti nejsou využívány jednotné postupy nebo nástroje k aktualizaci těchto dat. Správci ÚAP často provádějí aktualizaci například vizuálním vyhodnocením změn z ortofotosnímků, případně dle informací o dění ve sledovaném území. Cílem této práce je usnadnit proces aktualizace vrstvy využití území úřadům ORP částečnou automatizací procesu v prostředí ArcGIS for Desktop 10.0. Vytvořený nástroj poskytne uživatelům konzistentní a objektivní podklady pro identifikaci změn především antropogenního původu.

# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce bylo v prostředí Esri technologií (zejména ArcGIS for Desktop 10.0) vytvořit nástroj, umožňující automatickou aktualizaci dat využití území pro účely územně plánovací činnosti na Magistrátu města Olomouce. Celá práce byla rozčleněna do několika dílčích cílů, které byly postupně realizovány. Prvním dílčím cílem byl výběr nejvhodnějších dat a metody. Druhým podcílem byla implementace navrženého postupu v prostředí ArcGIS for Desktop 10.0. Posledním z dílčích cílů bylo testování funkčnosti vytvořeného řešení na vybraném zájmové území.

Požadavky na funkčnost nástroje a možný postup byly konzultovány s pracovníky Magistrátu města Olomouce. Práce byla již od počátku limitována několika faktory. Jednalo se o použitý software - ArcGIS for Desktop 10.0, který je využíván na Magistrátu města Olomouce. Dále dostupnost dat. Data musela být ideálně volně dostupná pro subjekty veřejné zprávy, případně musela být jejich pořizovací hodnota relativně nízká.

Vzhledem k výše uvedeným omezením a k celkové složitosti problematiky určování využití území bylo již v počátcích práce zřejmé, že se plně automatický nástroj pro aktualizaci využití území s největší pravděpodobností nepodaří sestavit. Podrobněji je tato skutečnost rozebrána v kapitole Diskuze. Pozornost proto byla věnována sestavení nástroje, který by při zachování přesnosti a spolehlivosti dat celou aktualizaci co nejvíce usnadnil.

## 2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Cílem celé práce bylo především sestavit nástroj. Nástroj byl vytvořen v prostředí Model Builder, vznikl tak model. Tento model je v textu práce označován jako nástroj. Při procesu výpočtu změn do nástroje jako vstupní data vstupují dva ortofotosnímky, jeden starší (v textu práce označován jako starý nebo starší snímek) a druhý novější, pořízený ideálně 2 – 5 let po předchozím starším snímku (v textu práce označován jako nový nebo novější snímek). Dále je v práci operováno s pojmem snímkové kategorie. Jedná se o celkem šest kategorií, do kterých jsou vstupní ortofotosnímky klasifikovány. Tyto kategorie byly definovány autorem na základě možností vstupních dat, požadavků na výstupní data a s přihlédnutím k robustnosti celého procesu výpočtu a konzistentnosti a srovnatelnosti výstupních dat.

Nástroj byl sestaven a testován v prostředí operačního systému Windows 8 v software ArcGIS for Desktop 10.0 na notebooku s následujícími parametry: Procesor Intel Core i3 – 3110M 2,4 GHz, RAM 4 GB DDR3, HDD SATA (5400 ot./min) 500GB, Grafická karta NVIDIA GeForce GT 635M 2 GB. Zkušební testování bylo provedeno i na stolním počítači s operačním systémem Windows 7 v software ArcGIS 10.1 s procesorem Intel Core i5 – 3570M 3,4 GHz a RAM 8 GB DDR3. Z hlediska nároků na hardware by měl být nástroj funkčních na veškerých zařízeních, na kterých je provozován software ArcGIS for Desktop 10.0, případně ArcGIS for Desktop 10.1.

### 2.1 Postup zpracování

Jako první v celém procesu sestavování nástroje bylo důležité se seznámit s problematikou. Aktuální přehled termínů a postupů v územním plánování je možné nalézt například v metodice pro tvorbu územních plánů (Poláček a Poláčková, 2010), kterou využívá většina krajů v České republice. Jelikož bylo cílem práce sestavení nástroje pro potřeby Magistrátu města Olomouce, byla domluvena společná schůzka zástupců Magistrátu, vedoucího práce a realizátora práce. S Mgr. Leou Maňákovou a Mgr. Miloslavem Dvořákem z Oddělení územního plánování a architektury Odboru koncepce a rozvoje Magistrátu města Olomouce byla diskutována podoba nástroje, vstupní data, požadavky na software, možné principy nástroje a další důležité body. Na základě závěrů z jednání byla vybrána a testována potenciálně vhodná vstupní data. Po výběru vstupních dat bylo přistoupeno k podrobnému návrhu výpočetního postupu nástroje. Dílčí kroky postupu byly při sestavování nástroje testovány na několika vybraných sadách testovacích dat a celý postup včetně elementárních parametrů jednotlivých dílčích nástrojů byl neustále modifikován a optimalizován pro dosažení co nejlepších výsledků. V první fázi fungoval nástroj jako sada několika dílčích operací, realizovaných oddělenými nástroji software ArcGIS for Desktop 10.0, případně vlastními sestavenými nástroji v prostředí Model Builder. Tyto operace byly následně integrovány do jednoho komplexního nástroje, který zajišťuje kompletní výpočet. Následně byl nástroj důkladně otestován a odladěn. Byly určeny optimální hodnoty pro všechny uživatelsky modifikovatelné i interní parametry. Dále bylo editováno uživatelské

rozhraní, nápověda a nástroj byl připraven pro publikaci a sdílení. V závěru práce byl nástroj aplikován na několik vybraných lokalit a výsledky identifikace změn v těchto lokalitách byly vizualizovány. Samozřejmou součástí procesu je podrobné popsání celého nástroje i výsledků dosažených na testovacích lokalitách.



Obr. 1: Diagram procesu výpočtu vytvořený v prostředí Model Builder

Nástroje použité v procesu výpočtu změn v území:

- **Resample (Data Management)** – je použit pro sjednocení rozlišení dvou vstupní snímků a pro redukci rozlišení na nižší hodnotu (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.2)
- **Maximum Likelihood Classification (Spatial Analyst)** – slouží pro klasifikaci dvou vstupních snímků do předem definovaných kategorií (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.3)
- **Raster Calculator (Spatial Analyst)** - odečte hodnoty překrývajících se pixelů dvou snímků, výsledné hodnoty rozdílu pak vypovídají o existenci změny a o jejím charakteru (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.4)
- **Majority Filter (Spatial Analyst)** – vyhladí obraz nahrazením hodnoty osamocených pixelů hodnotou sousedních pixelů (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.5)
- **Boundary Clean (Spatial Analyst)** – provede další vyhlazení obrazu změnou hodnot hraničních pixelů dvou skupin pixelů se stejnou hodnotou (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.6)
- **Raster to Polygon (Conversion)** – převede rastrový obraz na vektorovou polygonovou vrstvu (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.7)
- **Select (Analysis)** – provede výběr prvků vrstvy na základě předem definované podmínky a vybrané prvky uloží do nové vektorové vrstvy (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.8)
- **Calculate Field (Data Management)** – dle zadaného výrazu vypočte pro všechny prvky vrstvy nové hodnoty atributového sloupce (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.11)

- **Dissolve (Data Management)** – na základě stejného atributu spojí sousedící polygonové prvky do jednoho polygonu (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.8)
- **Merge (Data Management)** – sloučí všechny prvky tří polygonových vrstev do jediné nové vrstvy (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.10)
- **Add Field (Data Management)** – přidá do atributové tabulky nový atributový sloupec (podrobnějšímu popisu nástroje je věnována kapitola 4.2.11)

## 2.2 Použitá data

Proces návrhu a implementace nástroje zahrnoval i výběr vhodných dat. Volba dat se odvíjela od posouzení několika základních kritérií. Jednak musela být data dostupná pro cílové uživatele nástroje, tedy nejčastěji pro Magistráty měst, úřady ORP (Obce s rozšířenou působností), Krajské úřady, eventuálně pro další sekundární uživatele. Z tohoto důvodu byla tedy přijatelná především data, která orgány státní správy získávají bezplatně od jiných subjektů, data volně dostupná, eventuálně data s nízkou pořizovací cenou. Dalším hlediskem byla perioda aktualizace dat, která navazuje na interval aktualizací ÚAP (Územně analytické podklady), jež vychází z litery Zákona o územním plánování a stavebním řádu (Česká republika, 2006). Ideálním intervalem by byl jeden rok, maximálním intervalem dva roky. Dalším parametrem bylo prostorové rozlišení, tedy minimální velikost objektů, které budou procesem určování změn zachytitelné. Požadavek činil možnost identifikace změn menšího prostorového rozsahu v kontextu území ORP. Jednalo se tedy například o změny komunikací a jednotlivých budov. Vhodnost dat byla posuzována i z hlediska potenciálu pro identifikaci využití území. Tedy například data KN (Katastr nemovitostí) v častých případech nevypovídají o současném reálném využití dané jednotky (neshoda právního stavu se skutečným stavem). Jedním z dalších parametrů byla i míra možnosti automatického zpracování dat. Tabulka 1 obsahuje výčet dat, která byla v práci použita. Jako nejvhodnější vstupní data pro nástroj byly vybrány letecké ortofotosnímky. Podrobný rozbor jednotlivých dat a další bližší informace jsou uvedeny v kapitole 3.3.

Tab. 1: Přehled testovaných dat

DATA	ZDROJ
Ortofotomky lokality Hlušovice	Magistrát města Olomouce (Geodis, ČÚZK)
Ortofotomky lokality Tabulový vrch	Magistrát města Olomouce (Geodis, ČÚZK)
Ortofotomky lokalit v Pardubickém kraji	WMS služba Krajského úřadu Pardubického kraje (Geodis, ČÚZK)
Multispektrální snímek LANDSAT oblasti Moravy	USGS
Budovy k. ú. Velký Týnec	Magistrát města Olomouce (ČÚZK)
Hranice parcel a způsoby využití parcel	Magistrát města Olomouce (ČÚZK)

Pro dosažení ideální funkčnosti, zajištění vhodné volby parametrů a zaručení maximální míry nezávislosti a robustnosti nástroje bylo při jeho konstrukci využíváno

průběžného testování dílčích částí nástroje na několika sadách testovacích dat. Mimo několik lokalit, které byly využity spíše výjimečně (Vysoké Mýto, Horní Jelení, Choceň – sever, Choceň, Pardubice) bylo hlavní testování prováděno na lokalitách Hlušovice, Olomouc – Tabulový vrch, Svitavy - jih a Ústí nad Orlicí – sídliště Na Štěpnici. Byly vybrány lokality, v kterých docházelo k různým typům změn. Důraz byl kladen i na různorodost testovacích lokalit z hlediska velikostí, typů, struktury i uspořádání ploch (velké město – menší město - venkov, průmyslové objekty – sídliště - rodinné domy, apod.) Příslušné dvojice použitých ortofotosnímků byly pořízeny s různým časovým odstupem (2 až 7 let). Byla využita různá prostorová rozlišení (velikosti pixelu v rozmezí 0,25 až 1,00 m), která byla při výpočtu sjednocována na optimální hodnotu 1,00 m. Snímky v některých dvojicích byly pořízeny různými pořizovateli a různými snímači. Tedy i barevnost, jas, kontrast a další parametry snímků byly proměnlivé. Pro každý snímek zvlášť byla sestavena množina trénovacích ploch a následně exportován signature file s charakteristikami jednotlivých spektrálních tříd. Každý dílčí nástroj i jednotlivý parametr byl tedy vždy volen a nastaven na základě minimálně čtyř (v naprosté většině případů více) nezávislých testů na odlišných datech. Touto snahou bylo dosaženo relativně vysoké univerzálnosti nástroje.

## 2.3 Použité programy

V současné době existuje celá řada software, jenž by byl potenciálně vhodný pro sestavení nástroje pro automatickou aktualizaci vrstvy využití území. V nabídce komerčního i open source software se jistě vyskytují produkty, které by byly pro realizaci některých částí postupu vhodnější než v práci použitý software, například produkt eCognition od společnosti Trimble, IDRISI od Clark Labs nebo ERDAS IMAGINE od firmy Intergraph. Nižší úroveň funkčnosti při práci s rastrovými daty se projeví především v počáteční fázi procesu – tedy při zpracování rastrových dat (klasifikace ortofoto snímků, reklasifikace a aplikace filtrů apod.). Zpracování je však dle zadání limitováno využitím produktů společnosti Esri, především software ArcGIS for Desktop 10.0, kterým disponují příslušná pracoviště Magistrátu města Olomouce. Kromě nedostatku v podobě menších možností pro práci s rastrovými daty oproti jiným profesionálním řešením však přináší ArcGIS for Desktop 10.0 výhodu v podobě relativně snadné tvorby uživatelských rozšíření prostřednictvím nástroje Model Builder, případně přímou editací skriptů v jazyce Python. Další výhodou je poměrně velké rozšíření produktů Esri mezi institucemi veřejné správy, což může vytvořenému nástroji zajistit potenciálně větší nasazení.

### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Využitím území se zabývá celá řada prací a projektů, některé z nich jsou popsány níže v této kapitole. Jedná se však většinou o jednotlivé studie zaměřené na konkrétní území a určené ke konkrétním účelům. Projektů, které se zabývají studiem využití území na obecné úrovni, potažmo projektů zaměřených právě na automatickou aktualizaci je však velmi málo (vybrané práce jsou popsány níže v této kapitole). Většina projektů se navíc věnuje pouze části celého procesu, tedy například přejímá klasifikační schémata a metodiku a pouze aplikuje postup na určité zájmové území nebo se naopak zabývá tvorbou klasifikačního schématu využití půdy pro daný účel a neřeší postup tvorby vrstvy využití území, případně aplikaci na konkrétním zájmovém území.

#### 3.1 Využití území

Při studiu krajiny je nutné odlišovat dva odlišné pojmy: půdní kryt (angl. land cover) a využití půdy eventuálně využití pozemků (angl. land use). Využívání uvedených českých ekvivalentů bylo doporučeno po poradě Technicko-normalizační komise TNK 122 Geografická informace/Geomatika dne 28. ledna 2010, jak uvádí Šíma (2011).

Land cover je podle Wikipedia (2013) fyzickým materiálem (hmotou) na povrchu Země. Zahrnuje například trávu, asfalt, stromy, holou zemi, vodu atd. land use je podle Organizace OSN pro výživu a zemědělství (FAO, Food and Agriculture Organization) souhrnem úprav, činností a vstupů, které člověk uskutečňuje v určitém typu land cover.

Půdní kryt je charakteristickou vlastností dané části krajiny v určitém čase. Pokud pomineme odchylky způsobené klasifikačním procesem (různé způsoby klasifikace), je půdní kryt přesně a jednoznačně určitelnou vlastností krajiny. Dalším významným aspektem je, že existují materiály a metody, které umožňují určit půdní kryt přímo. Existují dva základní způsoby určování půdního krytu. První možností je využití metod DPZ (Dálkový průzkum Země), možností druhou je terénní průzkum.

K určení využití půdy je nutné znát širší vazby a souvislosti a proto je tato problematika komplikovanější, než zjišťování půdního krytu. Například při detailním určování využití půdy v případě městské zástavby nestačí znát parametry určitelné přímo z dostupných podkladů (materiály DPZ), jakými jsou např. typ zástavby, její vzhled nebo velikost. Potřebujeme znát konkrétní reálné aktivity aktuálně provozované v dané budově. Informace tohoto typu nejsou dostatečně uspokojivě určitelné z žádných současných primárních zdrojů. Jedním z nejspolehlivějších a nejpresnějších způsobů určení využití půdy je proto terénní průzkum dané lokality.

Jelikož aktuální půdní kryt do jisté míry podmiňuje aktuální využití území, lze s určitou omezenou přesností odvodit využití půdy na základě půdního krytu, tedy například pomocí materiálů a metod Dálkového průzkumu Země.

V oblasti územního plánování v ČR je jednotně používán pojem využití území. Konkrétní definice pojmu využití území, tak jak ho chápe například Stavební zákon, nebyla v zákonech ani vyhláška, souvisejících s touto tematikou nalezena. S největší pravděpodobností tak právní definice tohoto pojmu v prostředí české legislativy

neexistuje. Typy jednotlivých ploch a související pojmy definuje Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území (Česká republika, 2006). Obsah vyhlášky stručně shrnuje paragraf 1 odstavce 1 a 2 o Úvodních ustanoveních:

*„(1) Tato vyhláška stanoví obecné požadavky na využívání území při vymezení ploch a pozemků, při stanovování podmínek jejich využití a umístování staveb na nich a rozhodování o změně stavby a o změně vlivu stavby na využití území.*

*(2) Ustanovení části druhé této vyhlášky se použije při vymezení ploch v územních plánech. Ustanovení částí třetí a čtvrté této vyhlášky se použije při vymezení pozemků a umístování staveb na nich; při rozhodování o nástavbách, stavebních úpravách, změně vlivu stavby na využití území, při vymezení pozemků veřejných prostranství a u zastavěných stavebních pozemků stavbami, které jsou kulturními památkami nebo jsou v památkových rezervacích nebo památkových zónách, se podle vyhlášky postupuje, pokud to závažné územně technické nebo stavebně technické důvody nevyklučují.“*

### **3.2 Podobné projekty**

Hodnocením změn využití území na základě družicových snímků se ve své práci zabývá Erickson (Erickson a kol., 2006). Cílem projektu bylo detekovat změny ve využití území v oblasti západního Washingtonu s využitím automatických postupů. V projektu byl využit software ArcGIS for Desktop, eCognition Professional a ERDAS Imagine. Autoři uvádí, že objektově-orientovaná klasifikace družicových dat je efektivní a kvalitní metodou pro klasifikaci land cover. Po klasifikaci land cover dále autoři pomocí software eCognition a různých nástrojů i vlastních skriptů v prostředí produktů společnosti Esri určují využití území pro rozsáhlou zájmovou oblast. Následuje porovnání dat z různých časových období a odvození změn využití území.

Klasickým postupem při určování kategorií využití území je řízená klasifikace základních čtyř pásem družicových nebo leteckých snímků (tří viditelných pásem a blízkého infračerveného pásma). Tento způsob byl využit např. v práci Karner (Karner a kol., 2006), jenž se zabývá virtuální rekonstrukcí měst a krajiny na základě multispektrálních digitálních snímků. Dílčím krokem práce je rovněž klasifikace využití území. Autoři využívají právě výše zmíněnou řízenou klasifikaci multispektrálních snímků.

Velice přehledně, včetně několika ilustrací, vysvětluje problematiku změn v území, jejich mapování a modelování článek od Americké geologické služby - United States Geological Survey (USGS, 1999)

Vyhodnocením změn v krajině na základě leteckých snímků se zabývají také některé bakalářské a magisterské práce, například Vývoj urbanizovaného území na základě leteckých snímků (Sádovská, 2011). V této práci se autor nezabývá využitím území komplexně, ale sleduje pouze změny zastavěného území a to konkrétně na lokalitě města Olomouce. Při studiu vývoje urbanizovaného území využívá sérii leteckých snímků z období dlouhého 82 let. Jelikož pocházejí snímky využívané v práci z různých zdrojů



a různých období, zabývá se část práce jejich přípravou (zejména geometrické korekce snímků). Detekce změn je prováděna na základě vzájemného překrytí vrstev z jednotlivých období. Autor stav zástavby z jednotlivých snímků získává „pouze“ manuální digitalizací ploch na základě vizuální interpretace. Výstupem práce jsou pak především komentované tabulky a grafy, popisující vývoj zástavby v zájmovém území.

Další studentskou prací je práce s názvem Využití technologie Dálkového průzkumu Země při monitoringu dynamiky rozvoje města Olomouce (Závodník, 2004). Autor v práci využívá družicových snímků Landsat z let 1990 a 2000 a software ArcView Image Analysis. Autor zvolil čtyři klasifikační třídy (urbanizované plochy, zemědělská půda, zeleň a vodní plochy) a klasifikaci provedl metodou neřízené klasifikace. V celém procesu určení využití i nalezení změn je využito několik nástrojů výše zmíněného software. Výstupem práce jsou jednak vizualizace využití území v obou snímcích a dále přehled změn využití mezi lety 1990 a 2000. Dále autor v práci publikuje několik komentovaných tabulek a grafů, shrnujících výsledky. Postup opět není automatický a opět je aplikován pouze na jedno konkrétní zájmové území.

Práce s názvem Změny land use v ČR a Evropě a důvody těchto změn (Vacková, 2012) podrobně rozebírá historický vývoj land use na území Česka i v Evropě a dále přehledně popisuje různé klasifikační systémy používané jednak v ČR a i systémy využívané pro klasifikaci land use v zahraničí. Z klasifikačních schémat Vacková podrobně popisuje následující:

- IGU LUCC (klasifikační systém používaný v ČR)
- VÚKOZ (klasifikační systém používaný v ČR)
- CORINE (klasifikační systém používaný v ČR)
- ISIC (mezinárodní klasifikační systém)
- THE WORLD LAND USE SURVEY COMMISSION (mezinárodní klasifikační systém)
- ANDERSON (mezinárodní klasifikační systém)
- ECE-UN (mezinárodní klasifikační systém)
- LAND UTILIZATION TYPE (mezinárodní klasifikační systém)
- REMMELZWAAL (mezinárodní klasifikační systém)
- ADAMEC (mezinárodní klasifikační systém)
- YOUNG (mezinárodní klasifikační systém)
- UK LAND US (národní klasifikační systém Velké Británie)
- TER-UTI (národní klasifikační systém Francie)
- LBCS (národní klasifikační systém USA)

V rámci práce byly nastudovány i další materiály, které sloužily k lepšímu uvedení do problematiky a k inspiraci při tvorbě nástroje. Z těch nejvýznamnějších lze jmenovat například práci o změnách krajiny ve Španělsku (Estany a Badia a Otero a Boada, 201?),

kapitoly 1.1 a 1.2 dokumentu Science Plan and Implementation Strategy (Global Land Project, 2005), knihu Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective (Meyer a Turner, 1994) a dále také dokument, který podrobně popisuje problematiku klasifikace land use a land cover ve Velké Británii (Harrison, 2006).

### 3.3 Data

#### 3.3.1 Družicové snímky

První skupinou vstupních dat, která se logicky nabízela byly družicové snímky (obrázek 2). Velkou výhodou těchto dat je existence multispektrálních snímků, které jsou jedním z nejlepších podkladů pro klasifikaci využití území. Podmínka maximální délky periody aktualizace je v případě družicových dat rovněž lehce splnitelná. Prostorové rozlišení některých dnešních senzorů dosahuje hodnot, které jsou pro potřeby klasifikace využití území dostatečné. Problémy však nastávají v oblasti dostupnosti těchto dat. Existují bezplatně dostupná data (v rámci práce byla testována data z programu Landsat, která jsou dostupná na webu <http://glovis.usgs.gov/>), tato data však nedisponují potřebným prostorovým rozlišením a nejsou tak vhodná k takto detailní (z pohledu prostorového rozlišení) klasifikaci. Data Landsat jsou použitelná pro klasifikaci využití území v projektech, které pracují s větším zájmovým územím (řádově států) a umožňují práci v menším měřítku (ztrátu detailů), která by byla v kontextu ÚAP nepřijatelná (ztráta liniových komunikací, liniové vegetace, remízků, budov apod.). Existují i data s velmi vysokým prostorovým rozlišením, která zachycují i drobné objekty. Tato data jsou však typická vysokou pořizovací cenou, která je ve spojení s omezenými rozpočty příslušných pracovišť činí pro potřeby aktualizací ÚAP prakticky nedostupnými. Dalším, spíše okrajovým problémem je nutnost korektní transformace všech družicových dat do lokálního prostorového souřadnicového systému.



Obr. 2: Ukázka testovaných dat - družicová data Landsat (Zdroj USGS)

### 3.3.2 Data z katastru nemovitostí

Druhou skupinou dat jsou data z KN. V rámci práce byla testována data z katastrálního území Velký Týnec (obrázek 3). Velkými výhodami „katastrálních dat“ je jejich bezplatná dostupnost pro orgány veřejné správy a zároveň jejich kontinuální aktualizace. Dále je výhodou i velice snadné automatické zpracování (přímá práce s vektorovou grafikou a atributy o využití a typu parcely). Problémem je však již zmíněný nesoulad reálného stavu krajiny a údaji vedenými v katastru nemovitostí. Z tohoto důvodu jsou data vhodná pouze jako sekundární data, nesoucí informativní hodnotu, nikoli jako primární zdroj popisující skutečný, reálný stav krajiny. Tato data jsou vhodná pro studium využití území na úrovni okresu a větší. V takovém měřítku se nesoulad mezi skutečným stavem a informacemi vedenými v katastru nemovitostí vytrácí a pro orientační znázornění tendencí vývoje většího územního celku je tento přístup dostačující. Dále je nutné si uvědomit, že současné pokrytí území České republiky Digitální katastrální mapou není zdaleka stoprocentní. Aktualizace vrstvy využití území pro potřeby územního plánování však vyžaduje kompletní a konzistentní aktualizaci celého území daného správního obvodu obce s rozšířenou působností. Jelikož proces tvorby Digitální katastrální mapy ještě není u konce a existují správní obvody, které nemají kompletně pokryté území Digitální katastrální mapou je použití těchto dat limitováno i z tohoto hlediska.



Obr. 3: Ukázka testovaných dat - katastrální data (polygony parcel) (Zdroj ČÚZK prostřednictvím MMOL)

### 3.3.3 Letecké snímky

Třetí skupinou potenciálně vhodných vstupních dat jsou letecké snímky Zemského povrchu (obrázek 4). Ortofotosnímky disponují dostatečným prostorovým rozlišením a jsou stejně jako data KN bezplatně dostupná pro orgány veřejné správy. Dle současných

tendencí by měl ČÚZK (Český úřad zeměměřičský a katastrální) v budoucnu zkrátit periodu snímkování pravděpodobně na dvouleté intervaly, což by pro potřeby aktualizace ÚAP bylo na hranici přijatelnosti. Perioda pořizování státních ortofotosnímků by se dala zkrátit nákupem snímků od komerčních producentů. Situace by pak vypadala tak, že by příslušná ORP pro aktualizaci ÚAP využívala např. snímky od ČÚZK v sudé roky a snímky od komerčního dodavatele v liché roky. Pochopitelně u komerčních dodavatelů je nutné počítat s jistou finanční náročností při pořizování ortofotosnímků. Spousta krajů či měst však již v současné době tyto produkty pravidelně pořizuje a využívá i v jiných oblastech své působnosti, tudíž by vynaložené náklady nebyly jedno účelné a zdaleka tak vysoké, jako v případě pořizování dat DPZ. Rovněž je nutné podotknout, že letecké snímky přináší objektivní, nezkrácený pohled na land cover, prostřednictvím kterého se dá do určité míry odvodit i land use. Právě ortofotosnímky se jeví jako nejvhodnější data pro aktualizaci využití území na úrovni ORP.

Ortofotosnímky poskytnuté Magistrátem města Olomouce (jedná se o snímky lokality Tabulový vrch a Hlušovice) byly poskytnuty výhradně pro zpracování magisterské práce. Jejich další využití je možné jen se souhlasem správce těchto dat. Ostatní ortofotosnímky použité v práci byly staženy ze serveru Krajského úřadu Pardubického kraje prostřednictvím služby WMS. Tyto snímky byly získány rovněž pouze pro účely této magisterské práce. Jejich využití je možné ve shodě s licenčními podmínkami definovanými provozovatelem WMS služby.



Obr. 4: Ukázka testovaných dat – data leteckého snímkování  
(Zdroj ČÚZK prostřednictvím WMS PK)

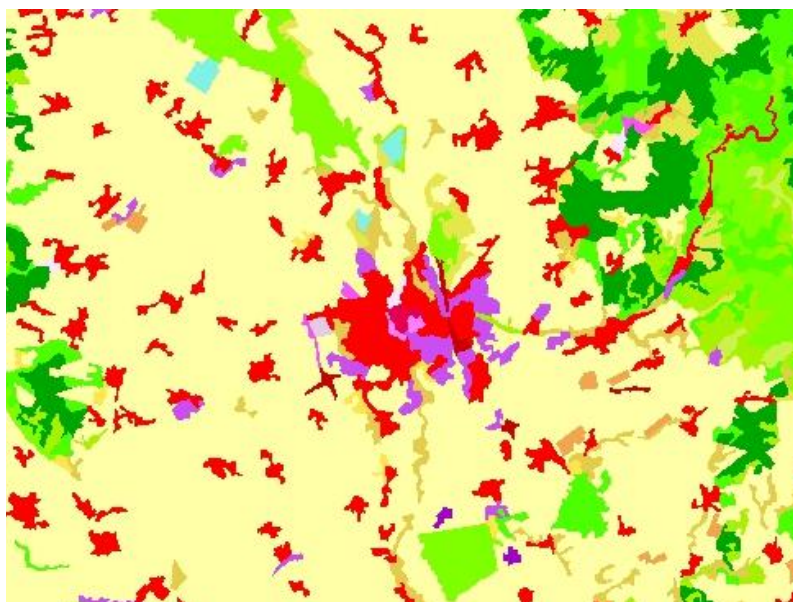
### 3.3.4 Ostatní data a postupy

Pro doplnění nutno uvést i další podkladová data/metody pro odvození využití území. Tyto další postupy jsou obecně nepoužitelné pro automatické zpracování a pro tuto práci



tak nevhodné. Jsou využitelné při konkrétních jednotlivých projektech, zabývajících se využitím území na určitém území. Mezi tato data/metody patří pozemní pozorování – průzkum. Tato metoda je vhodná pro jednorázové projekty, případně jako doplňující způsob pro určení využití ploch, které některý z jiných způsobů klasifikace (např. interpretace družicových dat) není schopen rozlišit. Dalším možným přístupem je využití krajinářských metod. Krajina se dělí na jednotlivé složky (les, pole, louka, město) a dále podrobněji na tesery (kukuřičné pole, mýtina, jednotlivé budovy) a podrobně se studují vlastnosti a vazby dílčích prvků krajiny. Tento způsob studia je komplexní a poměrně náročný, jeho případná automatizace by tak byla značně komplikovaná. Územně plánovací data - ÚP (územní plány) ÚAP apod. nelze využít už ze samotné podstaty věci. Jsou to totiž produkty, které jsou z vrstvy využití území (která je součástí ÚAP) odvozovány. Dále lze jmenovat data LPIS (Land Parcel Identification System). Jedná se o informační systém, evidující data o zemědělských plochách. Přístup umožňuje pouze zobrazení informace o aktuálním využití zemědělské půdy, nikoli minulý stav. Informace obsažené v LPIS jsou poměrně konzistentní a aktuální (systém LPIS využívá naprostá většina zemědělců). Dalšími daty jsou data BPEJ (Bonitované půdní ekologické jednotky). Zájmovou oblastí BPEJ je opět pouze zemědělská půda a systém jejich aktualizace je naprosto nedostačující pro účely této práce. Jistě by se dalo ve výčtu dále pokračovat. Další potenciální data však jsou pro automatickou aktualizaci využití území v rozsahu ORP prakticky nepoužitelná a jejich další zkoumání postrádá smysl.

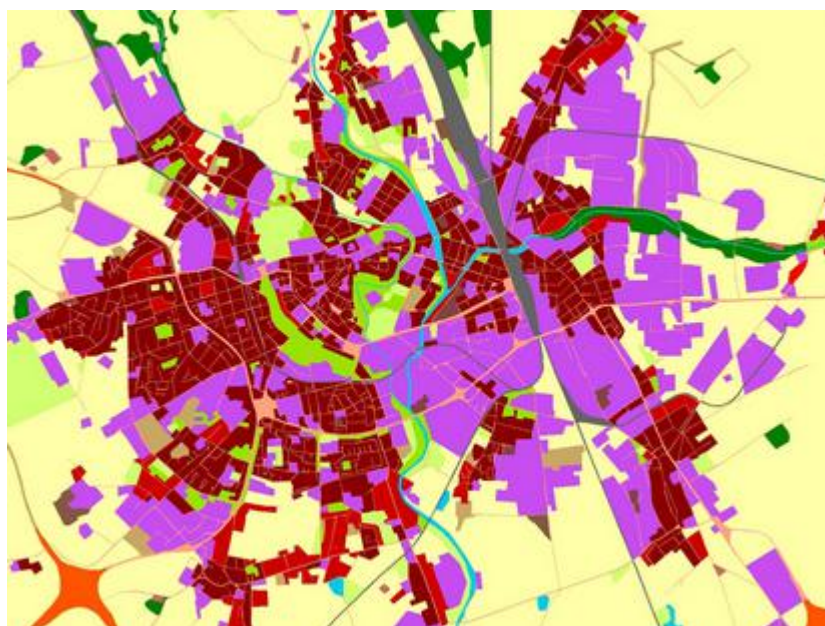
Data land use a land cover jsou cenným podkladem pro mnohé organizace a projekty. Proto jsou vytvářeny vrstvy nesoucí tyto informace i na mezinárodní úrovni. Mezi významné nadnárodní projekty patří především projekt CORINE Land Cover a Urban Atlas.



Obr. 5: Ukázka dat z projektu CORINE Land Cover pro okolí města Olomouce (Zdroj: CENIA, 2013)

Projekt CORINE Land Cover je projektem EEA (European Environment Agency), která je agenturou Evropské unie. Pro celkem 32 členských států zajišťuje EEA monitoring a poskytování informací o životním prostředí. Na webu EEA (EEA, 2013) jsou k dispozici ke stažení publikace, mapy, data a další informace. Data CORINE Land Cover pro území České republiky jsou dostupná například na Národním geoportálu INSPIRE, který provozuje CENIA (Česká informační agentura životního prostředí). Data CORINE Land Cover nedosahují potřebné podrobnosti (měřítko) a periody aktualizace, tak aby vyhovovaly potřebám územního plánování.

Projekt Urban Atlas je opět projektem na evropské úrovni. Opět je to aktivita realizovaná pod hlavičkou EEA, respektive GMES (Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti). Cílem toho projektu je vytvořit aktuální vzájemně srovnatelné datové vrstvy s informacemi o land use na území celkem 305 velkých evropských měst k referenčnímu roku 2006. Pro projekt byly vybrána evropská města s počtem obyvatel nad 100 000. Data za jednotlivé lokality jsou volně stažitelná na webu EEA. Výstupy z projektu Urban Atlas byly vytvořeny jednorázově a není zajištěna jejich průběžná aktualizace v přijatelných časových intervalech. Podrobnost (měřítko) dat je poměrně velké, data jsou však dostupná pouze pro několik lokalit v České republice. Z těchto důvodů je případné využití těchto dat pro potřeby aktualizace vrstev land use nevhodné.



Obr. 6.: Ukázka dat o využití území z projektu Urban Atlas pro území města Olomouce (Zdroj: vlastní ( na základě dat z EEA, 2010))

V současné době neexistují běžně dostupná pravidelně aktualizovaná data, která by dostatečně přesně popisovala využití území nebo z kterých by se dalo využití území s dostatečnou přesností odvodit. Pro účely nástroje sloužícího k automatické aktualizaci využití území správních obvodů ORP se jeví jako nejvhodnější letecké snímky. Jako doplňující způsob, především pro potřeby podrobnější klasifikace a pro kontrolu je vhodný terénní průzkum. Jako další potenciálně vhodná data v případě

změny některých podmínek se nabízejí družicová data (snížení ceny snímků s velmi vysokým prostorovým rozlišením) případně katastrální data (nutnost většího souladu mezi skutečným stavem a obsahem KN).

## 4 SESTAVENÍ NÁSTROJE

Za účelem sestavení nástroje bylo testováno velké množství funkcí a nástrojů programu ArcGIS for Desktop 10.0. Rovněž byla vybírána nejvhodnější data. Důležité je podotknout, že nástroj je omezen několika limity, které výrazně omezují současné možnosti software, dat i teoretických poznatků a neumožňují konstrukci dokonalejšího nástroje, ač by to bylo možné. Prvně se jedná o volbu dat. Jak je podrobně rozebráno v kapitole 3.3, jako podkladová data byly zvoleny letecké ortofotosnímky, které jsou v kontextu s plánovaným nasazením nástroje dostupné. Vhodnějšími by pravděpodobně byly multispektrální materiály DPZ s velmi vysokým rozlišením, které však nejsou pro celou řadu institucí finančně dostupné. Dalším limitem je rozhodně použitý software, neboť na trhu existují produkty mnohem lépe vybavené pro práci s rastrovými daty. Posledním omezením je kombinovaná snaha jednak o automatizaci a jednak o spolehlivost nástroje. Při dalším snižování míry automatizace nebo využitím méně robustních postupů je pochopitelně možné v jednotlivých případech získat kvalitnější výstupy avšak na úkor spolehlivé funkčnosti nástroje.

### 4.1 VÝBĚR METODY PRO ZJIŠŤOVÁNÍ ZMĚN

Geografické informační systémy obecně nabízejí možnost volby z více odlišných postupů, vedoucím k určení změn na dvou snímcích. Volba metody závisí na různých podmínkách a okolnostech dané konkrétní úlohy. Pro posouzení vhodnosti a vybrání nejlepšího postupu pro účely sestavení nástroje pro aktualizaci využití území byly vybrány a posouzeny především následující postupy.

#### 4.1.1 Vizualní interpretace

První možnou metodou je metoda vizualní interpretace změn na dvou snímcích. Tato metoda je pro účely automatizovaného zpracování nevhodná, navíc využití tohoto postupu je dostačující samo o sobě a není nutné pro aplikaci této metody používat či sestavovat nástroj. Aplikace této metody je vhodná na zájmovém území malého rozsahu. Z výše uvedených důvodů nebyla tato metoda samostatně pro sestavení nástroje použita. Částečně je vizualní interpretace využito ve finální části postupu aktualizace vrstvy využití půdy. Operátor však již má pro interpretaci k dispozici vhodné podklady, které proces rozhodování značně zjednodušují, zrychlují a zpřesňují.

#### 4.1.2 Přímé srovnání pixelů dvou snímků

Druhou možnou metodou je přímé porovnání odpovídajících si pixelů ve dvojici snímků. Při tomto postupu dochází k přímému srovnání DN (digital number) hodnot dvou pixelů. Tato metoda vyžaduje stejné rozlišení snímků, totožné umístění středů pixelů v souřadném systému a shodný tvar pixelů (např. čtvercový). Snímky využívané v rámci sestavovaného nástroje mohou disponovat různým rozlišením a disponují neshodným umístěním středu pixelů. Tyto parametry by tak bylo nutné před použitím této metody sjednotit. Větším problémem je různorodost použitých snímků (jiný pořizovatel,



odlišný snímač, odlišná doba snímání) a z toho pramenící nevyváženost snímků. Metoda se úspěšně využívá při pořízení série snímků stejným senzorem za přesně stejných podmínek, často v krátkém časovém odstupu. Tato metoda je tedy rovněž k sestavení nástroje nevhodná.

### 4.1.3 Objektově-orientovaná klasifikace

Další možností je objektově-orientovaná klasifikace a následné srovnání snímků. Použití této metody by bylo pravděpodobně velice vhodné, prostředí ArcGIS for Desktop 10.0 však neobsahuje potřebné nástroje pro tento postup a jejich samotná implementace by byla extrémně náročná. Pro efektivní implementaci by bylo vhodné zasáhnout do jádra software, případně provádět výpočty v externím software.

### 4.1.4 Algoritmy řízené a neřízené klasifikace

Známými metodami pro klasifikaci obrazových dat jsou jednotlivé algoritmy řízené a neřízené klasifikace. Tyto postupy nejsou dokonalé, ale při určité toleranci chyb jsou použitelné. Navíc extenze Spatial Analyst software ArcGIS for Desktop 10.0 obsahuje některé nástroje pro řízenou i neřízenou klasifikaci. Tyto metody byly vybrány jako nejvhodnější pro potřeby využití v této práci.

Zpočátku bylo v nástroji využito neřízené klasifikace. V rámci Spatial Analyst je v ArcGIS for Desktop 10.0 k dispozici nástroj *Iso Cluster Unsupervised Classification*. Využití neřízené klasifikace umožňuje plně automatický a prakticky bezobslužný proces klasifikace. Nevýhodou je časová náročnost výpočtu a nižší přesnost klasifikace. Po srovnání řízené a neřízené klasifikace na několika zájmových územích byla jako vhodnější vybrána řízená klasifikace, v ArcGIS for Desktop 10.0 reprezentovaná nástrojem *Maximum Likelihood Classification*. Při její aplikaci je nutné vytvořit množinu trénovacích ploch pro jednotlivé spektrální třídy. Doba samotného výpočtu je však mnohonásobně kratší a i při použití většího počtu kategorií je dosahováno větší přesnosti klasifikace než u neřízené klasifikace. Řízená klasifikace umožnila na rozdíl od neřízené poměrně spolehlivě odlišit i zástavbu (budovy) asfaltové komunikace a holou půdu bez vegetace. Rovněž je díky řízené klasifikace možné vytvořit speciální kategorii pro zastíněné plochy a tyto plochy mohou být následně z procesu identifikace změn vyloučeny.



Obr. 7: Srovnání neřízené (vlevo) a řízené klasifikace (vpravo)

## 4.2 PROCES VÝPOČTU

### 4.2.1 Vstupní parametry výpočtu (data)

Nezbytné vstupní parametry:

- Ortofotosnímek zájmového území
- Druhý ortofotosnímek zájmového území, pořízený v časovém odstupu od prvního
- Signature file pro první ortofotosnímek
- Signature file pro druhý ortofotosnímek

Volitelné vstupní parametry (možno změnit výchozí hodnoty):

- Velikost buňky pro optimalizaci vstupních rastrů
- Podmínka maximální a minimální velikosti pro zachování polygonu

Vstupní rastry procházejí procesem řízené klasifikace. Uživatel předem připraví soubory signature file, které charakterizují jednotlivé spektrální třídy. Může k tomu využít nástrojů *Image Classification* v prostředí ArcGIS for Desktop 10.0. Je nezbytné vytvořit signature file pro oba vstupní rastry zvlášť. Výhodou nástroje je, že do něho mohou vstupovat mozaikové rastry, které usnadní a urychlí práci v případě rozsáhlého zájmového území. Pro jednu sadu rastrů v podobě mozaiky postačuje jediný signature file, o to precizněji by však měly být jednotlivé spektrální třídy vytvořeny. Při vytváření mozaikových rastrů je důležité zajistit jednotnost jednotlivých rastrů (pořízeny v rámci jednoho snímkování stejným senzorem, vhodně provedené korekce obrazu).

### 4.2.2 Optimalizace rozlišení

Základními vstupními daty nástroje jsou dva rastrové ortofotosnímky ze dvou různých časových období. Prvním krokem v celém procesu je počáteční převzorkování rastrů. Účelem je sjednocení velikosti pixelu obou rastrů a optimalizace velikosti pixelu. Prvním problémem, který tento krok řeší je, že snímky mohou být pořízeny v odlišném rozlišení a pro správnost a přesnost výpočtu je vhodnější rozlišení (velikost pixelu) sjednotit na stejnou hodnotu. Druhým úskalím je příliš vysoké rozlišení rastru. Například při rozlišení 0.25 m/px u čtvercového pixelu jsou ve snímku obsaženy nadbytečné informace, které nejsou pro určení změn v území ve zvoleném měřítku (měřítko odpovídající potřebám územního plánování) potřebné. Volba příliš malé velikosti pixelu při zachování velikosti zájmového území logicky způsobí růst počtu pixelů snímku, což vede k většímu počtu elementárních operací s jednotlivými pixely při výpočtu a tudíž i k nárůstu výpočetního času. Uživatel má možnost zvolit velikost pixelu pomocí parametru, vstupujícího do výpočtu. Testováním byla přibližně určena optimální velikost pixelu na 1 m. Při převzorkování snímku je využito výchozí metody

nástroje, tedy metody *Nearest Neighbor*. Zkušenější uživatelé mohou v případě potřeby metodu převzorkování změnit (úpravou parametrů dílčího nástroje *Resample* v prostředí Model Builder).

### 4.2.3 Klasifikace

Převzorkované ortofotosnímky vstupují, každý zvlášť, do řízení klasifikace. Spolu se snímky musíme zadat jako vstup do nástroje *Maximum Likelihood Classification* i dva soubory se statistickými charakteristikami spektrálních tříd vygenerované z trénovacích ploch (signature file). Nástroj na základě uživatelem definovaných kategorií v signature file klasifikuje snímky.

Tab. 2: Hodnoty jednotlivých tříd pro klasifikaci snímků

KATEGORIE	HODNOTA PIXELU (VALUE)	
	STARŠÍ SNÍMEK	NOVĚJŠÍ SNÍMEK
Zástavba	8	256
Travnaté plochy	16	512
Zpevněné plochy	32	1024
Holá půda	64	2048
Stromy	128	4096
Stíny	20000	40000

Aby celý proces výpočtu proběhl korektně je nutné dodržet pokyny pro tvorbu trénovacích ploch. Celkem by mělo být vytvořeno 6 následujících kategorií pro každý ortofotosnímek (zástavba, travnaté plochy, zpevněné plochy, holá půda, les a stíny). Pixelům jednotlivých kategorií je nutné přiřadit hodnoty dle tabulky 2. Výstupem tohoto kroku jsou dva rastry, obsahující pouze hodnoty uvedené v tabulce 2.



Obr. 8: Klasifikovaný snímek - rastr je v průběhu výpočtu uložen jen dočasně jako pomocný dílčí soubor

#### 4.2.4 Odečtení rastrů

Dalším krokem je odečtení dříve klasifikovaných rastrů pomocí nástroje *Raster Calculator*. Při pohledu na tabulku 2 je zřejmé, že odečteme novější snímek od staršího, dostaneme tak většinu výsledných hodnot jako hodnoty kladné. Výstupem bude nový rastr, který bude obsahovat více jak 30 jedinečných kategorií. Jejich přesný počet závisí na překrytu jednotlivých kategorií při odečítání. V ideálním případě by mělo vzniknout 25 kategorií pro běžné plochy (kombinace pěti hodnot ze starého snímku a pěti hodnot z nového snímku). Dále vznikne ideálně 11 kategorií pro stíny. Výsledné hodnoty běžných ploch se pohybují v rozmezí od 128 do 4088. Hodnoty pro zastíněné plochy se pohybují v řádově odlišných číslech, aby byly tyto plochy jednoznačně a snadno odlišitelné od běžných ploch.

Tab. 3: Přehled vstupních a výstupních hodnot pro rozdíl rastrů

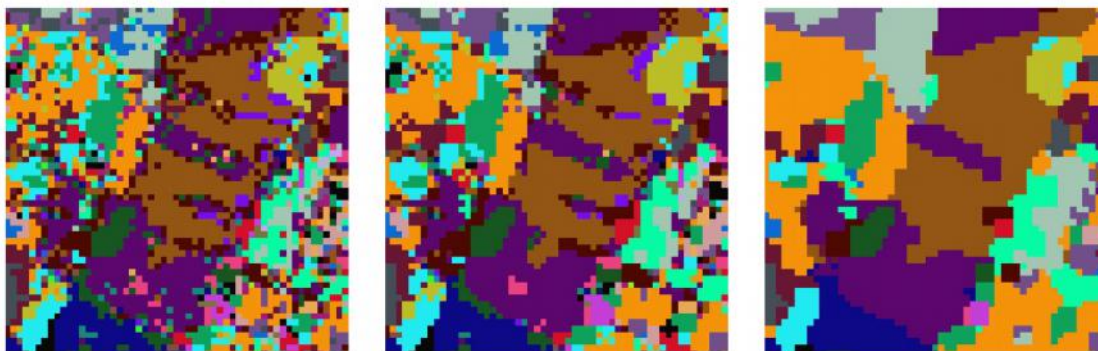
HODNOTA PIXELU (VALUE)		
NOVĚJŠÍ SNÍMEK	STARŠÍ SNÍMEK	VÝSLEDNÝ RASTER
256	128	128
256	64	192
256	32	224
256	16	240
256	8	248
512	128	384
512	64	448
512	32	480
512	16	496
512	8	504
1024	128	896
1024	64	960
1024	32	992
1024	16	1008
1024	8	1016
2048	128	1920
2048	64	1984
2048	32	2016
2048	16	2032
2048	8	2040
4096	128	3968
4096	64	4032
4096	32	4064
4096	16	4080
4096	8	4088
40000	8	39992
40000	16	39984
40000	32	39968
40000	64	39936
40000	128	39872
40000	20000	20000
256	20000	-19744
512	20000	-19488
1024	20000	-18976
2048	20000	-17952
4096	20000	-15904

#### 4.2.5 Aplikace obrazového filtru

Výsledkem rozdílu rastrů je nový „surový“ rastr. Nově vzniklý rastr je poměrně zrnitý. Aby byly plochy stejných kategorií jednolitě, je aplikován obrazový majoritní filtr (*Majority Filter*), jehož účelem je vyhlazení obrazu. Nastavení filtru je voleno tak, aby bylo výsledné zhlazení co největší. Filtrační okno je tedy zvoleno pouze o velikosti čtyř okolních pixelů. Pro nahrazení hodnoty pixelu dostačuje, když polovina okolních pixelů, tedy dva, má shodnou hodnotu. Po aplikaci majoritního filtru je obraz vyhlazenější, jednotlivé spojitě plochy pixelů se stejnou hodnotou jsou poměrně jednolitě.

#### 4.2.6 Vyhlazení hranic

K dalšímu vyhlazení dochází pomocí nástroje *Boundary Clean*. Proces vyhlazení pomocí nástroje *Boundary Clean* je aplikován celkem dvakrát. Po průchodu rastru jedním majoritním filtrem a dvěma cykly *Boundary Clean* je dosaženo optimální úrovně vyhlazení obrazu. Plochy jsou dostatečně jednotné a bez zbytečných osamocených pixelů s jinými hodnotami. V obrazu jsou však zároveň zachovány všechny důležité informace. Tedy žádné významnější plochy nejsou eliminovány ani deformovány. Pouze jsou změněny hodnoty osamocených pixelů, případně pixelů na příliš členité hranici plochy. V obou průchodech nástrojem *Boundary Clean* jsou nastaveny totožné vstupní parametry. Jedná se především o třídící techniku obrazových prvků. Tento parametr je nastaven na hodnotu *Descend*. To znamená, že jsou preferovány hodnoty pixelů, které vytvářejí souvislou plochu s větší rozlohou. Tedy když bude příliš členitá hranice mezi plochou tisíce pixelů s hodnotou 128 a plochou sta pixelů s hodnotou 4088, budou hraničním pixelům plochy o velikosti sta pixelů přiřazeny hodnoty 128. Hranice ploch tedy bude vyhlazena ve prospěch plochy s větší rozlohou. Parametr je volen s ohledem na to, že dojde k dalšímu odstranění extrémně malých ploch (jednotlivých osamocených pixelů, případně malých osamocených skupinek pixelů). Parametr *Run expansion and shrinking twice* je vybrán. To znamená, že vyhlazování proběhne ve dvou postupných krocích.



Obr. 9: Proces vyhlazení - surový rastr (vlevo), aplikace majoritního filtru (uprostřed), aplikace majoritního filtru a dva průchody nástrojem *Boundary Clean* (vpravo)

#### 4.2.7 Převod rastru na polygony

Po předchozích operacích je již rastr v optimální podobě připraven na převod do vektorové polygonové vrstvy. K transformaci je využito nástroje *Raster to Polygon*. Rastr je převeden na vektor na základě hodnot buněk. K převodu je tedy využito pole *Value*. Parametr *Simplify polygons* je vybrán. Dochází tak k dalšímu vyhlazení ploch, navíc hranice mezi jednotlivými polygony neprochází po hranách jednotlivých pixelů, ale i skrz jednotlivé pixely. Výsledné polygony tak nejsou „kostrbaté“ a hranice ploch je vyhlazená.



Obr. 10: Vliv změny parametru na tvar výsledných polygonů při převodu rastru na vektorovou vrstvu - funkce *Simplify Polygons* vypnutá (vlevo) a zapnutá (vpravo)

Vzniklá polygonová vrstva je charakteristická vysokou informační hodnotou. Sloupec *Gridcode* v atributové tabulce obsahuje číselné označení kategorie. Kategorie jsou vytvořeny na základě rozdílu klasifikovaných snímků. Z číselného označení kategorie je možné jednoznačně určit jednak novou snímkovou kategorii, zároveň lze i odvodit starší snímkovou kategorii. Uživatel může s těmito informacemi libovolně pracovat dle konkrétních požadavků. Vrstvu je možné vizualizovat například tak, že jsou barevně odlišeny jednotlivé snímkové kategorie novějšího snímku (uživatel vidí současný stav



krajiny). Tento způsob vizualizace je volen jako výchozí. Po skončení výpočtu je vrstva přidána do mapového okna ArcGIS for Desktop 10.0. Její symbologie je načtena z předem vytvořené definice, uložené v souboru lyr. Proto je při instalaci nástroje nutné zkopírovat na disk počítače celou složku s nástrojem a nikoli pouze samostatný toolbox. Definiční soubory symbologie pro legendu jsou totiž uloženy ve složce spolu s toolboxem.

#### 4.2.8 Výběr nově vzniklých ploch zástavby, zpevněných ploch a holé půdy

Vektorová vrstva vzniklá v předchozím kroku již sice obsahuje všechny potřebné informace o změnách krajiny, změny však jsou v kontextu dalších informací skryty a jsou tak pro běžného uživatele těžce dostupné. Proto následuje selekce změn, důležitých pro územní plánování. Byly vybrány celkem tři kategorie z původních pěti. Výsledná vrstva změn pak tedy obsahuje plochy, kde došlo ke změně snímkového využití na plochy zástavby, zpevněné plochy a holou půdu. Nově vzniklé travnaté plochy a plochy

	FID	Shape *	ID	GRIDCODE
▶	0	Polygon	1	4080
	1	Polygon	2	4080
	2	Polygon	3	4080
	3	Polygon	4	496
	4	Polygon	5	4080
	5	Polygon	6	496
	6	Polygon	7	384
	7	Polygon	8	448
	8	Polygon	9	384
	9	Polygon	10	3968
	10	Polygon	11	496
	11	Polygon	12	384
	12	Polygon	13	4080
	13	Polygon	14	240
	14	Polygon	15	240
	15	Polygon	16	496
	16	Polygon	17	4080
	17	Polygon	18	4080
	18	Polygon	19	496
	19	Polygon	20	496
	20	Polygon	21	448
	21	Polygon	22	384
	22	Polygon	23	384
	23	Polygon	24	384
	24	Polygon	25	3968

Obr. 11: Náhled atributové tabulky polygonové vrstvy s atributem *Gridcode* vzniklé převodem rastru na vektorovou vrstvu

stromů nejsou ve výsledné vrstvě změn obsaženy z několika důvodů. Hlavním důvodem je příliš velká změna spektrálního chování jednotlivých ploch vegetace v období mezi dvěma snímky a změna úhlu a pozice senzoru při pořizování snímků. Uveďme si pro lepší pochopení tento fakt na konkrétním příkladu. Pokud pořídíme první ortofotosnímek lesa a následně za dva roky snímek druhý, dojde během dvou vegetačních období mezi snímky k drobnému nárůstu větví, rozmístění jednotlivých listů nebo například k ulomení některých větví. Rovněž bude druhý snímek v reálném případě pořízen z jiného místa než první, díky čemuž se změní úhel pozorování jednotlivých objektů na snímku. Koruny stromů a mezery mezi nimi tak budou na obou snímcích odlišné. Proto by došlo k identifikaci velkého počtu změn v rámci ploch vegetace, kde k reálným výrazným změnám nedošlo. Druhým důvodem je menší významnost změn vegetace pro územní plánování. Další důvod je, že samotná změna vegetace často přímo neindikuje změnu využití území, například když dochází k odlesňování v rámci běžného hospodaření s lesem a využití plochy zůstává nezměněno (lesní paseky). Pokud by byly ve výsledné vrstvě změn obsaženy i kategorie stromů a travnatých ploch, výrazně by klesala přehlednost výstupu a důležité změny zástavby a komunikací by se v záplavě nepodstatných změn vegetace ztratily. Z těchto důvodů jsou selektovány pouze tři výše uvedené kategorie změn.

K výběru jednotlivých kategorií dochází odděleně. V prvním kroku jsou vybrány nově vzniklé plochy zástavby. To je provedeno pomocí nástroje *Select*. Tento nástroj na základě definované podmínky vybere prvky vektorové vrstvy a vytvoří z nich novou vektorovou vrstvu. Pro výběr zástavby je aplikována následující podmínka:

`"GRIDCODE" = 128 OR "GRIDCODE" = 192 OR "GRIDCODE" = 224 OR "GRIDCODE" = 240`

Dojde tedy k selekci ploch, jejichž původní snímkové využití bylo travnaté plochy, zpevněné plochy, holá půda a stromy a jejich nové snímkové využití je zástavba. Analogicky jsou do oddělených vrstev selektovány i nově vzniklé zpevněné plochy a plochy holé půdy.

Tab. 4: Přehled SQL příkazů pro výběr jednotlivých ploch změn

KATEGORIE ZMĚN	PŘÍKAZ PRO VÝBĚR PRVKŮ
Zástavba	"GRIDCODE" = 128 OR "GRIDCODE" = 192 OR "GRIDCODE" = 224 OR "GRIDCODE" = 240
Zpevněné plochy	"GRIDCODE" = 896 OR "GRIDCODE" = 960 OR "GRIDCODE" = 1008 OR "GRIDCODE" = 1016
Holá půda	"GRIDCODE" = 1920 OR "GRIDCODE" = 1984 OR "GRIDCODE" = 2016 OR "GRIDCODE" = 2032

Po výběru ploch dané kategorie následuje sjednocení označení kategorie. U první selekce, tedy selekce zástavby je do sloupce *Gridcode* namísto hodnot 128, 192, 224, a 240 přiřazena všem záznamům hodnota 1, která označuje, že se jedná o nově vzniklé plochy zástavby. Opět je tomu tak analogicky i u zbývajících dvou vrstev změn. Tedy u zpevněných ploch a ploch holé půdy. Zpevněným plochám je nově přiřazena



hodnota 2, plochám holé půdy hodnota 3. Změna hodnot sloupce *Gridcode* je provedena pomocí nástroje *Calculate Field*.

Dalším krokem je spojení jednotlivých sousedících polygonů, které jsou nově zařazeny v jedné kategorii např. všechny sousedící nově vzniklé plochy zástavby, nyní již tedy plochy obsahující ve sloupci *Gridcode* hodnotu 1, budou spojeny do větších polygonů pomocí nástroje *Dissolve*. Těmito kroky se z vrstev ztrácí informace o původním snímkovém využití. Plochy jsou však sjednoceny do logicky správnější tvarů a velikostí, více se blížíci tvarům a velikostem změněných objektů v krajině a vrstvy se stávají přehlednější. Při aplikaci nástroje *Dissolve* jsou polygony slučovány na základě atributu *Gridcode*. Vznik polygonů s více částmi (*Create multipart features*) není povolen a k určení hodnot sloupce *Gridcode* je využito hodnoty *Gridcode* prvního načteného slučovaného prvku *Gridcode*. Tato hodnota je následně nahrazena hodnotu 1.

#### 4.2.9 Vytvoření vrstvy stínů

Jednou z výstupních vrstev je i polygonová vrstva zastíněných ploch. Tato vrstva vzniká z polygonové vrstvy všech ploch, která vznikla při převodu rastru na vektorovou vrstvu. Pokud byly korektně vytvořeny trénovací plochy, měly by být zastíněné plochy ve vrstvě všech ploch reprezentovány extrémními hodnotami *Gridcode*. K jejich identifikaci a vyjmutí z vrstvy všech ploch je opět využit nástroj *Select*. Podmínka pro výběr prvků vypadá následovně:

*"GRIDCODE" > 10000 OR "GRIDCODE" < -10000*

Jednotlivé plochy stínů jsou pochopitelně identifikovatelné již ve vrstvě všech ploch, jejich využití v této podobě je však pro méně zkušené uživatele náročnější a rovněž jsou ve vrstvě obsaženy i některé příliš malé polygony – jednotlivé sousedící polygony stínů nejsou sjednoceny. Z těchto důvodů je vytvořena zvláštní vrstva stínů.



Obr. 12: Ukázka spojení stínů liniové vegetace - oddělené stíny vzniklé klasifikací a odečtením (vlevo) a následně spojené stíny (vpravo)

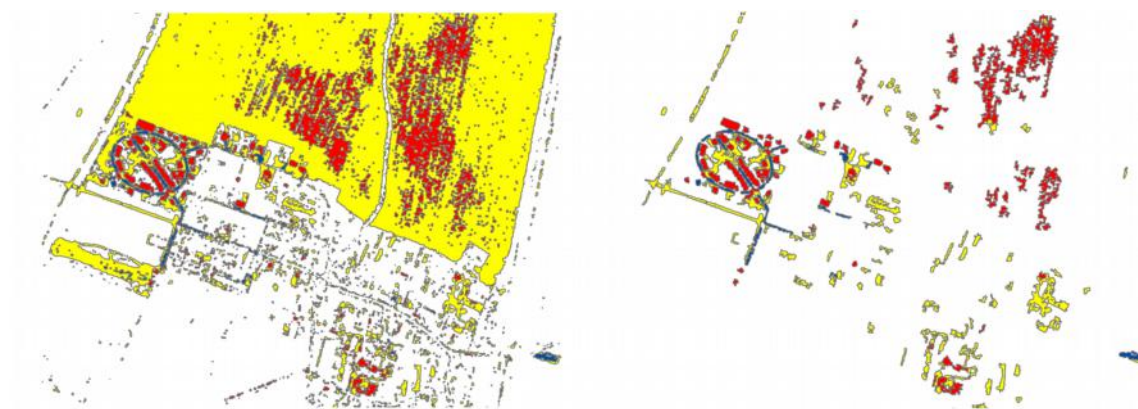
Po provedení selekce následuje opět postup analogický s postupem tvorby jednotlivých změnových ploch. Tedy nejprve jsou za pomoci nástroje *Calculate Field* přepočteny hodnoty sloupce *Gridcode*. Všechny předchozí hodnoty jsou nahrazeny hodnotou jedna. Je tak ztracena informace o snímkových kategoriích obou původních snímků, vrstva je však přehlednější a připravená k sjednocení sousedících ploch. V případě potřeby získání informace o snímkových kategoriích může uživatel využít vrstvu všech ploch, kde jsou tyto hodnoty zachovány. Následuje avizované spojení polygonů. Opět je využito shodného nastavení nástroje *Dissolve*. Tedy sjednocení podle hodnoty sloupce *Gridcode*. Pro určení hodnoty *Gridcode* u nových polygonů je využita první získaná hodnota sloupce *Gridcode*. *Create multipart features* je zakázáno.

#### 4.2.10 Spojení vrstev změnových ploch do jedné vrstvy

V předchozích odstavcích byl popsán postup extrakce tří typů změnových ploch do tří oddělených vrstev. Nyní následuje spojení těchto tří vrstev dohromady. Vrstvy jsou již pro tento účel připraveny, jelikož obsahují ve sloupci *Gridcode* hodnoty 1, 2 a 3, vždy podle příslušného typu nově vzniklé plochy (zástavba, zpevněná plocha, holá půda). Ke spojení uvedených tří vrstev do jedné vrstvy změn použijeme nástroj *Merge*. V parametru *Field Map* jsou zvoleny sloupce *Gridcode* ze všech třech vstupních vrstev, takže je obsah těchto sloupců přenesen do nově vzniklé vrstvy.

#### 4.2.11 Eliminace polygonů s extrémními hodnotami rozlohy

Poslední dílčí částí nástroje je proces eliminace ploch s extrémně malou a extrémně velkou rozlohou. Uživatel může změnit definici podmínky pro eliminaci malých a velkých ploch a nastavit libovolné prahové hodnoty pro zachování ploch. Rovněž je možné vhodnou definicí podmínky eliminaci ploch úplně vypnout. Jako výchozí hodnoty jsou nastaveny rozlohy 100 m<sup>2</sup> a 10 000 m<sup>2</sup>. Tedy pokud je rozloha polygonů v rozmezí 100 m<sup>2</sup> a 10 000 m<sup>2</sup>, budou polygony zachovány. Plochy s rozlohou mimo tento rozsah budou eliminovány.



Obr. 13: Srovnání vrstvy všech změnových ploch (vlevo) a vrstvy změnových ploch po eliminaci ploch s extrémní rozlohou (vpravo)

V rámci procesu eliminace polygonů je nejprve přidán atributový sloupec *Area*, který slouží pro uložení hodnoty rozlohy. K přidání sloupce je využit nástroj *Add Field*. Poté je pomocí nástroje *Calculate Field* vypočítána rozloha jednotlivých polygonů. Pro zajištění korektního výpočtu je vhodné zvolit v menu *View - Data Frame Properties*, záložce *General* jako mapové jednotky metry (*Map Units – Meters*) a jako zobrazované jednotky kilometry (*Display Units – Kilometers*). Pro výpočet ploch je využit příkazu! *Shape.Area!* v jazyce Python. Posledním krokem je samotná eliminace polygonů, respektive výběr polygonů splňujících podmínku a jejich uložení do nové výsledné vrstvy. Výběr je zajištěn prostřednictvím nástroje *Select*. V nástroji je definována podmínka pro výběr, kterou je možné, jak již bylo výše uvedeno, v uživatelském rozhraní nástroje změnit.

Podmínka pro výběr polygonů, splňujících limity velikosti:

*"Area" > 100 AND "Area" < 10000*

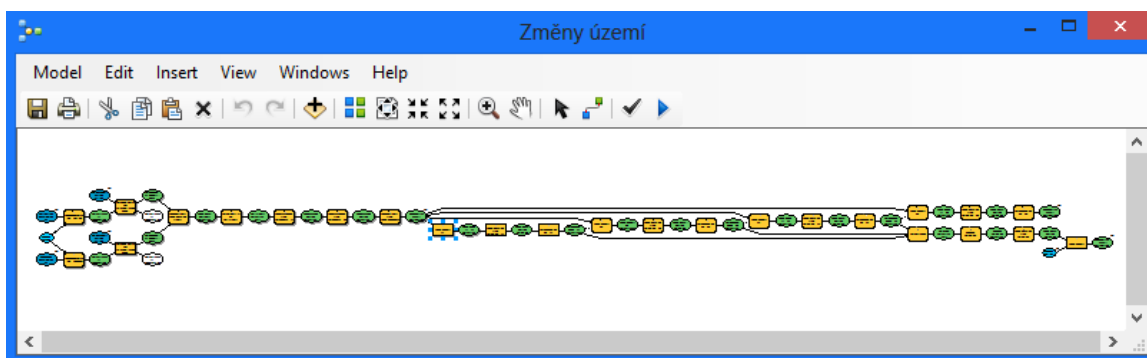
Plochy s malou nebo naopak velkou rozlohou, které jsou v tomto kroku eliminovány jsou obvykle ve skutečnosti plochami změn v krajině. Malé plochy o velikosti několika metrů čtverečních (např. pokácený strom, zaparkovaný automobil apod.) však buď nejsou změnou využití území a pokud ano, tak je rozsah této změny tak malý, že ho lze zanedbat. Naopak rozsáhlé plochy obvykle představují změnu spektrálního chování daného povrchu, které obvykle nekorresponduje se změnou využití území (např. pole se vzrostlou plodinou na jednom snímku a zorané holé pole na snímku druhém způsobí klasifikaci této plochy jako nově vzniklé plochy holé půdy, ve skutečnosti holá půda sice nově vznikla, ale ke změně využití nedošlo). I když při tomto procesu dochází k eliminaci některých ploch, jež by bylo vhodné zachovat, je obecně aplikace tohoto kroku přínosná, protože je odstraněna většina zbytečných polygonů a ve vrstvě více vyniknou podstatné plochy, kde dochází k důležitým změnám.

## 5 VÝSLEDKY

Prvním, hlavním, výsledkem je nástroj sestavený v prostředí Model Builder software ArcGIS for Desktop 10.0. V kapitole 5.1 je popsána obsluha nástroje, uživatelské rozhraní, vstupní požadavky a další důležité poznatky týkající se nástroje. Druhou skupinou výsledků jsou poté grafické výstupy z testování nástroje na několika konkrétních lokalitách. Kapitola 5.2 obsahuje ukázky všech tří výstupních vrstev pro lokalitu Hlušovice. Výstupní vrstvy všech ploch a výstupní vrstvy změn, zobrazené nad ortofotosnímky pro čtyři různé lokality (Svitavy – příloha 1 a 2, Hlušovice – příloha 3 a 4, Tabulový vrch – příloha 5 a 6 a Ústí nad Orlicí - příloha 7 a 8) jsou umístěny ve vázané příloze. Dále byla pro zhodnocení funkčnosti nástroje vytvořena vizualizace orientačního poměru chybně a korektně klasifikovaných změnových ploch. Výstupy byly rovněž porovnány s výstupy podobných projektů (obrázek 19). Posledním výsledkem je přehled příkladů konkrétních změn v krajině, umístěný v příloze (příloha 9 - 14).

### 5.1 Nástroj

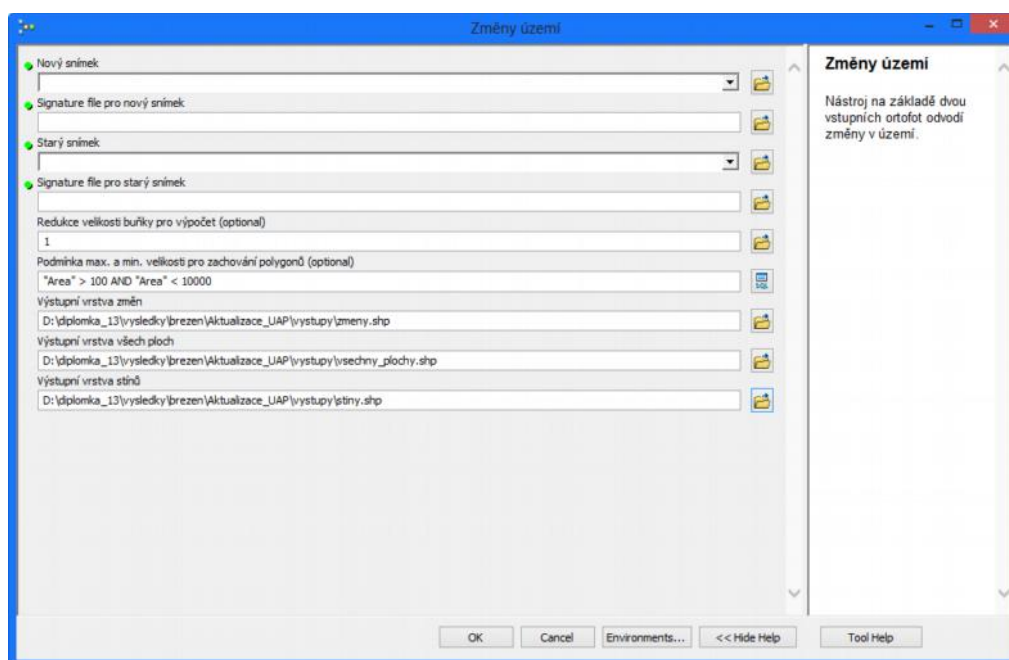
Hlavním výsledkem celé práce je sestavený nástroj pro prostředí ArcGIS for Desktop 10.0. Nástroj byl sestaven v prostředí Model Builder. To přináší výhodu jednak v podobě veliké přehlednosti celého procesu výpočtu a rovněž tato forma zpracování umožňuje uživatelům se základní znalostí prostředí Model Builder případně velice jednoduše modifikovat i neparаметrizované proměnné procesu nebo upravovat nástroj jako takový přidáváním dalších dílčích nástrojů.



Obr. 14: Podoba nástroje v editačním módu prostředí Model Builder

Nástroj je umístěn ve složce *Aktualizace\_UAP* a sadě nástrojů (Toolbox) s názvem *Aktualizace\_UAP*. Nástroj byl pojmenován jako *Změny území*. Nástroj byl sestaven v prostředí software ArcMap 10.0. Tato verze byla volena z důvodu jejího současného nasazení na Magistrátu města Olomouce. Sestavený nástroj byl však testován a odladěn i pro verzi ArcMap 10.1., kde by měl rovněž správně pracovat. Řešení využívá nástrojů extenze Spatial Analyst, tudíž je pro práci s nástrojem *Změny území* nutné vlastnit licenci na tuto extenzi. Přesný popis použitých nástrojů a z toho vyplývající požadavky na licence je možné nalézt v kapitole 2.1.

Při práci s nástrojem postupujeme následovně. Otevřeme software ArcMap a zkontrolujeme dostupnost všech potřebných licencí. V menu *View – Data Frame Properties* nastavíme jako souřadný systém systém S-JTSK Krovak EastNorth, jako mapové jednotky metry a jako zobrazované jednotky kilometry. Pomocí nástrojové lišty otevřeme *ArcToolbox Window*. Pravým tlačítkem myši klikneme na ikonu *ArcToolbox* a v kontextové nabídce zvolíme *Add Toolbox*. Nyní vybereme Toolbox *Aktualizace UAP*, který jsme předem i s celou složkou uložili na pevný disk počítače. Je důležité uložit na disk nikoli pouze Toolbox, ale celou složku *Aktualizace\_UAP*, protože složka obsahuje mimo samotný Toolbox i složky a data, které nástroj využívá. Mimo Toolbox, který obsahuje nástroj, je ve složce *Aktualizace\_UAP* složka data, která obsahuje tři lyr soubory, které nesou definici symbologie. Symbologie definovaná v souborech lyr je po výpočtu změn území použita pro vizualizaci výstupních vrstev. Složka *vystupy* je určena pro ukládání výstupních vrstev. Výchozí umístění výstupních souborů je nastaveno na tuto složku, uživatel však může podle potřeb místo pro ukládání výstupů změnit. Dočasné soubory jsou při výpočtu ukládány do pracovního prostředí (Workspace) definovaného v rámci aktuálního projektu.



Obr. 15: Uživatelské rozhraní nástroje

V současné chvíli je nástroj v aktuálním projektu dostupný a připravený k použití. Uživatelské rozhraní nástroje otevřeme dvojitým poklepnutím myši na nástroj. Objeví se okno, které ukazuje obrázek 15. Pro nástroj je kompletně zpracována nápověda, která se zobrazuje při umístění kurzoru do příslušného textového pole pro vstup parametrů. Uživatel musí zadat celkem čtyři vstupní parametry. Do prvního a třetího pole zadá umístění a název novějšího a staršího ortofotosnímku. Snímky by měly být pořízeny v časovém odstupu řádově několika let. Ideálně by měli být pro dosažení lepších výsledků pořízeny ve shodné denní době, přibližně stejném datu a se shodnými parametry

(velikost pixelu, bitová hloubka, stejný snímač apod.). Nástroj funguje i pro snímky s odlišnými charakteristikami, je pak ale pochopitelně dosahováno horších výsledků. Jako vstup mohou být zvoleny i mozaikové rastry. S rostoucí velikostí území je však důležité klást větší důraz na kvalitu volby trénovacích ploch. U rozsáhlých území pak dochází k výskytu většího počtu chyb, protože trénovací plochy pro velká území již tak spolehlivě nevystihují spektrální charakteristiky všech typů ploch v takto rozsáhlých územích. Dalším vstupem (ve druhém a čtvrtém textovém poli pro vstup parametrů) jsou soubory signature files pro oba ortofotosnímky, které uživatel již dříve pro dané území připravil. Hodnoty kategorií trénovacích ploch musí být voleny dle tabulky 2. Od správné volby trénovacích ploch se odvíjí přesnost klasifikace i celková kvalita a přesnost všech výstupů. Dále může uživatel zvolit umístění a názvy všech tří výstupních vrstev (jako výchozí je zvoleno umístění do složky vystupy, umístěné ve složce společně s Toolboxem). Dalším nepovinným krokem je volba velikosti pixelu a podmínky velikosti pro zachování polygonů.

## **5.2 Testování nástroje na vybraných lokalitách**

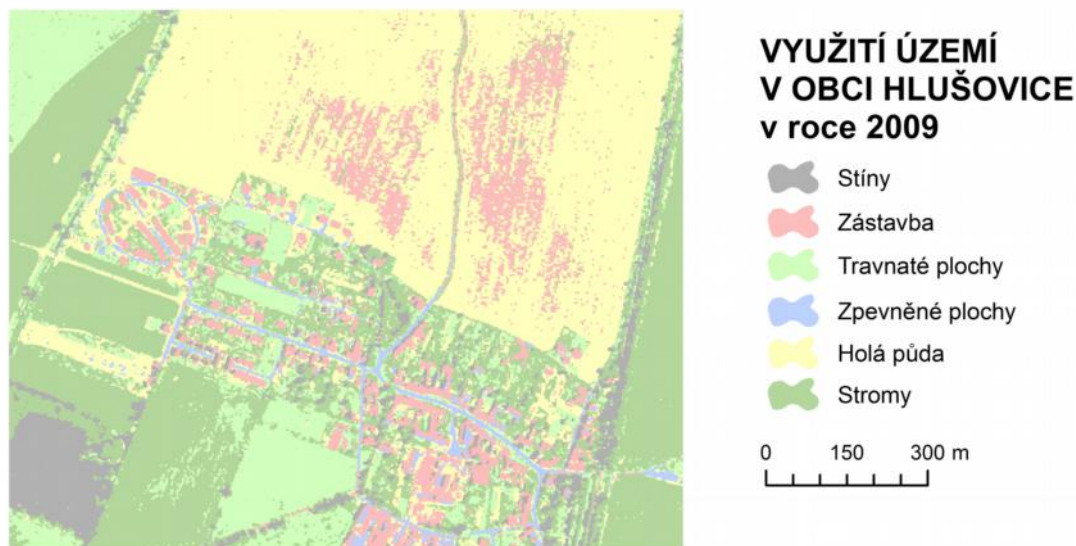
Nástroj byl podrobně testován na čtyřech lokalitách. Výstupy nástroje pro tyto lokality jsou umístěny v příloze. První lokalitou bylo město Svitavy. Jednalo se o jižní část města. Na obrázcích v příloze 1 a 2 jsou patrné především změny v jižní části území, kde byly vybudovány nové rodinné domy. Další větší shluk změn je patrný v severovýchodní části území, kde se rozšiřovala nákupní zóna a některé průmyslové objekty. Chybně jsou na snímku identifikovány změny východně od nově vzniklé zástavby rodinných domů v jižní části snímku. Jedná se o bytové domy s plochou střechou, kde je tato plochá střecha tmavé barvy klasifikována jako nově vzniklá zpevněná plocha (na obrázku modrá barva). Další lokalitou, zachycenou v příloze 3 a 4 je území obce Hlušovice nedaleko Olomouce. V této lokalitě je na první pohled viditelná koncentrace změnových ploch v západní části území, kde vznikla velice specificky uspořádaná zástavba rodinných domů. Další drobné změnové plochy jsou roztroušené po celé obci (jedná se o výstavbu nových domů, rozšíření odstavných a skladovacích ploch, o změny v rámci drobných poliček-záhonů apod.). Výrazné změny, tentokrát chybné, jsou patrné v severovýchodní části území. Tyto chyby jsou způsobeny odlišným využitím zemědělských pozemků (zorané pole na jednom snímku, vzrostlá vegetace na druhém). Třetí lokalitou (příloha 5 a 6) je lokalita Tabulový vrch v Olomouci. Na této lokalitě byla testována funkčnost při odhalování změn v rámci již existující zástavby. Jednalo se o výstavbu bytových domů – modrá barva v centrální části snímku označuje některé drobné změny, nové budovy však příliš kvalitně identifikovány nebyly. Lépe jsou viditelné změny v podobě žlutých a červených barev (staveniště a budovy) ve středu snímku. Jako poslední lokalita bylo vybráno sídliště Na Štěpnici ve východní části města Ústí nad Orlicí (příloha 7 a 8). Hlavní barevné shluky na snímku lze interpretovat následně. V severozápadní části snímku se jedná o rozšiřování nákupní zóny (výstavba obchodních domů včetně odstavných ploch). Zhruba ve středu území na pomezí zástavby a pole, vznikaly nové bytové domy. Další výraznou změnou je rozšíření zástavby

rodinných domů v jižní části území. Ostatní změnové plochy jsou většinou rovnoměrně rozmístěny v zájmovém území.

Tab. 5: Parametry testování nástroje na vybraných lokalitách

LOKALITA	ROK STARŠÍHO SNÍMKU	ROK NOVĚJŠÍHO SNÍMKU	PŘÍBLIŽNÁ ROZLOHA ÚZEMÍ (km <sup>2</sup> )	DOBA VÝPOČTU (s)	POČET VŠECH PLOCH	POČET PLOCH ZMĚN
Hlušovice	2006	2009	1, 250	69	22 024	228
Choceň	2003/2004	2010/2011	4, 975	195	119795	752
Pardubice	2003/2004	2010/2011	50, 815	997	814 434	14 271
Svitavy	2003/2004	2010/2011	1, 615	86	35 052	253
Tabulový vrch	2006	2009	1, 250	54	29 542	223
Ústí nad Orlicí	2003/2004	2010/2011	1, 515	83	27 738	232

Parametry testování na několika vybraných lokalitách shrnuje tabulka 5. Z tabulky je patrné, že doba výpočtu, celkový počet všech ploch i celkový počet změnových ploch vykazují kladnou závislost na velikosti zájmového území (s rostoucí velikostí území roste doba výpočtu, a počty polygonů). Dále jsou doba výpočtu a počty polygonů závislé na struktuře území. Tedy u území s výskytem velkých a souvislých ploch (louky, pole, lesy – obecně krajina venkova) bude výpočetní doba kratší a počty polygonů menší než v případě území s velkým množstvím menších ploch (městská krajina).

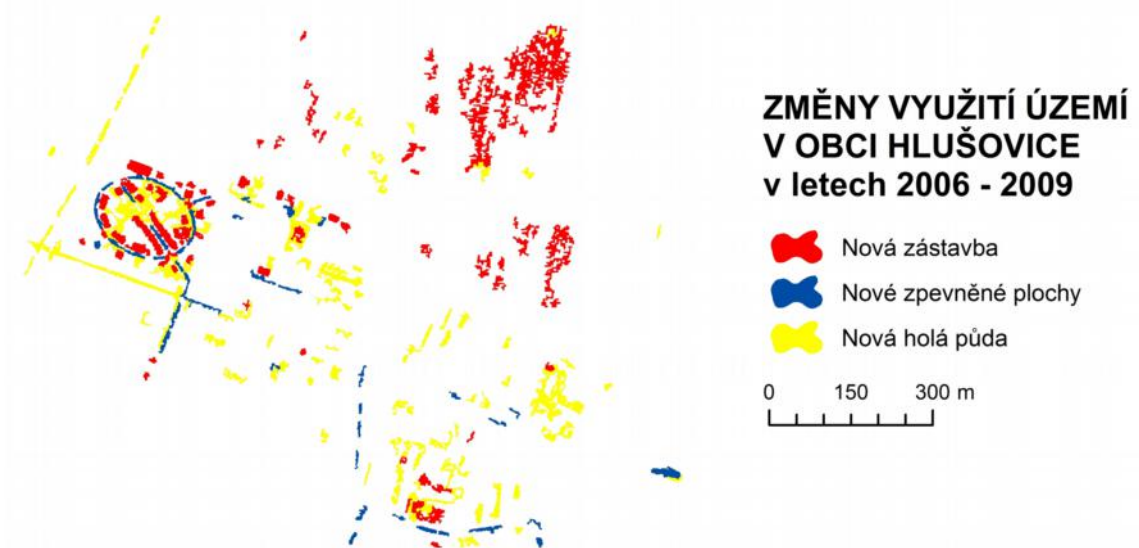


Obr. 16: Vizualizace výstupní vrstvy všech ploch

Obrázky 16, 17 a 18 zobrazují 3 výstupní vrstvy, které byly vytvořeny pomocí nástroje pro lokalitu Hlušovice. Prvním výstupem je vrstva všech ploch (obrázek 16). Jedná se o vrstvu, která kompletně pokrývá celé zájmové území. Prostřednictvím atributu nese každý polygon ve vrstvě informaci jednak o snímkovém využití na starším snímku a zároveň i informaci o snímkovém využití na snímku novějším. Jednoznačně tak lze určit z jakého typu plochy a do jakého nového typu změna probíhala. Po výpočtu je jako

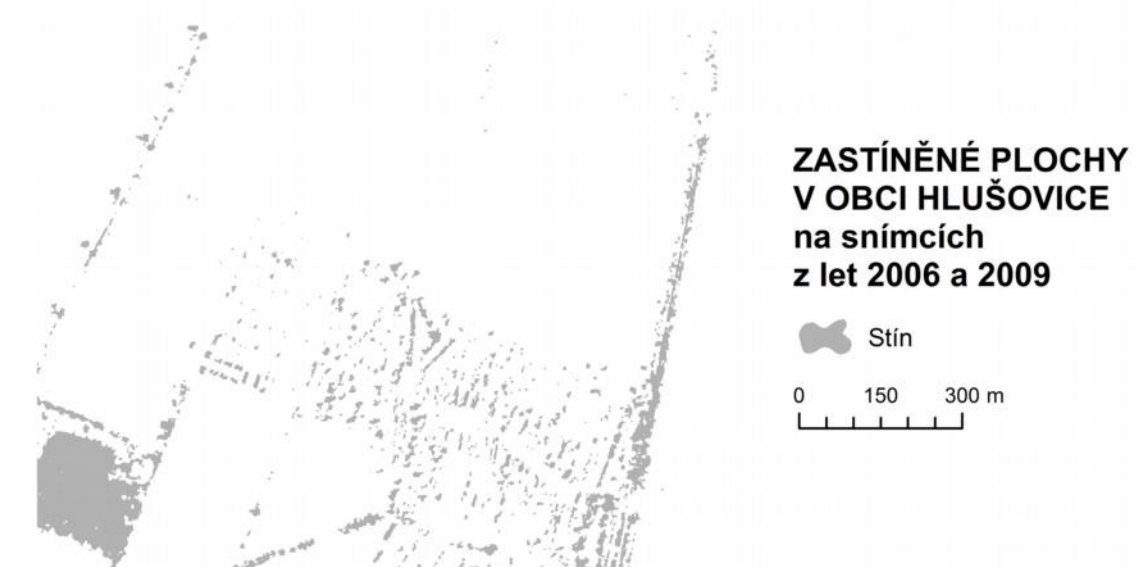


výchozí způsob vizualizace stejně jako na obrázku 16 zvolena klasifikace podle novějšího snímkového využití. Jednotlivé hodnoty atributů, které mohou prvky vrstvy nabývat jsou uvedeny v tabulce 3.



Obr. 17: Vizualizace výstupní vrstvy změnových ploch

Na obrázku 17 vidíme druhou výstupní vrstvu, kterou nástroj vytvořil pro území obce Hlušovice. Vrstva znázorňuje změnové plochy v území. Obsaženy jsou pouze změny, kdy vzniká nová zástavba, zpevněné plochy nebo holá půda. Nově vzniklé travnaté plochy nebo plochy stromů vrstva neobsahuje. Ve vrstvě jsou obsaženy i plochy, kde došlo pouze ke změnám spektrálních charakteristik a ve skutečnosti se krajina nijak neměnila. Celková přesnost identifikace změnových ploch závisí jednak na kvalitě a charakteristikách snímků a zároveň také na kvalitě vytvořených souborů trénovacích ploch (signature files).



Obr. 18: Vizualizace výstupní vrstvy stínů



Posledním výstupem nástroje je vektorová vrstva stínů (obrázek 18). V této vrstvě jsou obsaženy zastíněné plochy z obou snímků. Tyto plochy nemohly být z důvodu zastínění okolními objekty klasifikovány do předem definovaných kategorií. Vrstva slouží jako pomocná vrstva pro uživatele, který pracuje s předchozími dvěma výstupními vrstvami. Na základě znalosti polohy stínu uživatel ví, že se v daném místě může nacházet změnová plocha, která není ve vrstvě změnových ploch z důvodu zastínění zachycená. Do kategorie stínů jsou při klasifikaci často zařazeny vodní plochy.

V rámci testování bylo provedeno také srovnání výstupní vrstvy všech ploch s podobnými vrstvami z jiných projektů. Na území obce Hlušovice byl proveden výpočet nástrojem *Změny území* a výsledek byl porovnán s vrstvou využití území z projektu Urban Atlas a s vrstvou CORINE Land Cover z roku 2006. Toto srovnání ukazuje obrázek 19. Na první pohled je patrná především různá podrobnost. Data CORINE Land Cover jsou nejméně podrobná – obec je reprezentována pouze jedním polygonem. Větší podrobnost již vykazují data z projektu Urban Atlas – v rámci obce jsou již rozlišitelné jednotlivé druhy funkčních ploch (obytná zástavba, průmyslové plochy, komunikace, vodní plochy). Data vypočtená nástrojem *Změny území* sice nedisponují tak velkým počtem kategorií jako třeba data Urban Atlas, zato jsou typické největší podrobností ze všech tří datových sad. Na obrázku jsou tak patrné i jednotlivé budovy.



Obr. 19: Orientační srovnání vrstvy CORINE Land Cover 2006 (vlevo), vrstvy z projektu Urban Atlas 2006 (uprostřed) a vrstvy vytvořené nástrojem *Změny území* k roku 2009 (vpravo) na území obce Hlušovice

Za účelem zjištění přibližné chybovosti procesu výpočtu bylo využito vizuálního srovnání výsledné vrstvy změnových ploch s ortofotosnímky. Na základě srovnání byly označeny chybové plochy. Za chybové plochy jsou považovány jednak plochy, které byly nástrojem klasifikovány do jiné změnové kategorie, než je kategorie určená vizuálním srovnáním ortofotosnímků (např. nástroj vyhodnotil, že vznikla zpevněná plocha, ale dle vizuálního srovnání bylo rozhodnuto, že se jedná o plochu holé půdy) a jednak také plochy, které nástroj klasifikoval dle dostupných podkladů správně jako změny v krajině, ale z pohledu využití území se nejedná o změnu, ale pouze o změnu vzhledu (respektive tedy v tomto případě především změnu spektrálních charakteristik dané plochy) (například pokud je plocha stále polem, ale jednou je klasifikována jako travnatá plocha – pole je oseté plodinou a na druhém snímku je klasifikována jako holá půda – pole je zorané). Obrázek 20 přehledně zachycuje poměr mezi správně klasifikovanými plochami a plochami chybnými. Nutné ještě podotknout, že tento přehled chybovosti je

pouze orientační a nelze tento poměr považovat za obecný a globálně platný pro všechny výstupy. Je to především z důvodu, že klasifikace každého snímku vychází z trénovacích ploch definovaných uživatelem, tedy ze subjektivního a proměnného faktoru.



Obr. 20: Orientační vizualizace chybně klasifikovaných ploch (červené polygony) a ploch korektních (zelené polygony) (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)

## 6 DISKUZE

Za největší problém lze jednoznačně považovat, že se nepodařilo sestavit nástroj zcela automatický a zároveň zahrnující celý proces aktualizace. V této souvislosti je nutné na práci pohlížet jako na experimentální sondu v příslušné oblasti, která má na základě definovaných požadavků prozkoumat a maximálně využít možnosti dat a technologií. I člověku, který se v této problematice příliš neorientuje je zřejmé, že plně automatický proces aktualizace dat využití území je sám o sobě velice těžko realizovatelný, s největší pravděpodobností dokonce nerealizovatelný. V souvislosti s datovými, softwarovými a finančními limity (plánované nasazení na Magistrátu města Olomouce, případně dalších úřadech ORP) je plná automatizace nástroje vyvíjeného v rámci této práce nemožná. Základním problémem je skutečnost, že využití území je jevem, který není možné jednoznačně a dostatečně přesně odvodit z žádných současných dat o území. Pro jeho spolehlivé určení je třeba provést syntézu informací z více zdrojů. Součástí této syntézy je i rozhodování na základě širších souvislostí, vědomostí a znalostí území, které není možné spolehlivě algoritmizovat a automatizovat. Proto je v současné době zapotřebí ke kvalitnímu určení využití území odborníka a není možné proces kompletně nahradit počítačovým algoritmem. Kvalitu výsledků i míru automatizace by bylo možné zvýšit eliminací některých vstupních omezení. Například využitím dražších multispektrálních dat ze senzorů s velmi vysokým rozlišením nebo použitím jiného specializovaného software.

Výsledkem práce je tedy spíše než automatický nástroj pro aktualizaci nástroj pro odhalení nejvýznamnějších změn v území, které následně poslouží jako podklady pro aktualizaci dat o využití území. S přihlédnutím k určení nástroje (územní plánování) a snahu o maximální kvalitu, konzistentnost a přehlednost výstupů bylo zvoleno pět základních kategorií pro klasifikaci snímků a nástrojem jsou sledovány především změny antropogenního původu (vznik nových ploch zástavby, zpevněných ploch a holé půdy).

Při spuštění nástroje musí uživatel zvolit dva vstupní ortofotosnímky a rovněž vybrat dva soubory signature files (obsahují charakteristiky spektrálních tříd vstupních snímků), které před tím vytvořil přímo pro danou lokalitu. Dále uživatel zvolí umístění a názvy tří výstupních vrstev. Volitelně může uživatel upravit velikost pixelu pro výpočet a podmínku minimální a maximální rozlohy pro zachování polygonů. Následný výpočet proběhne plně automaticky. Při výpočtu dojde mimo jiné k redukci velikosti pixelu obou snímků, řízené klasifikaci, odečtení snímků, filtraci a vyhlazení dílčích mezivýsledků, převodu na polygony, několik cílených výběrů a sloučení prvků a odstranění polygonů s extrémní hodnotou rozlohy. Doba výpočtu pro průměrně velkou obec při ponechání výchozích hodnot parametrů se řádově pohybuje v desítkách vteřin až jednotkách minut, dle přesné velikosti a charakteru území. Pro průměrně velká území správních obvodů ORP jsou řádové hodnoty výpočtu jednotky, případně první desítky minut. Vše opět závisí na velikosti území, jeho charakteru, výpočetních parametrech (velikost pixelu, podmínka pro zachování polygonů) a použitím hardware.

Výstupem jsou celkem tři vrstvy. První vrstva nese informace o původním a současném využití (jedná se o využití území přímo identifikované z leteckých snímků, tedy spíše o krajinný pokryv) i o přechodech mezi jednotlivými kategoriemi. Nejdůležitější vrstvou je vrstva změn, která obsahuje nově vzniklé plochy zástavby, holé půdy a zpevněné plochy. Poslední spíše doplňující informační vrstvou je vrstva zastíněných ploch v území. Jedná se o plochy, které nemohly být vzhledem k přítomnosti stínů okolních objektů korektně klasifikovány.

Při využívání nástroje je nutné věnovat velkou pozornost především definici trénovacích ploch. Právě od kvality trénovacích ploch (respektive souborů signature files) se odvíjí kvalita a přesnost výstupů. Definice trénovacích ploch je subjektivní proces a může negativně i pozitivně ovlivnit podobu výstupů. S rostoucí velikostí a členitostí zájmového území (z hlediska velikosti a uspořádání jednotlivých ploch v území) je nutné věnovat větší pozornost volbě a rozmístění trénovacích ploch. Na druhou stranu s sebou uživatelská definice trénovacích ploch přináší i velkou výhodu v podobě nezávislosti na vstupních datech. Vzhledem k tomu, že uživatel definuje trénovací plochy přesně pro jedna konkrétní vstupní data, mohou být tato data (ortofotosnímky respektive teoreticky jakákoli jiná rastrová data) pořízená různými senzory s různými parametry za různých podmínek. Přirozeně při velkém počtu rozdílných parametrů snímků se budou stále více projevat ve výsledcích chyby.

Výhodou je snadné (z hlediska obsluhy) a finančně nenáročné nasazení nástroje v praxi. Výpočty probíhají v uspokojivém čase i při volbě větších zájmových území. Výpočty pro území o rozlohách řádově desítek kilometrů čtverečních, samozřejmě v závislosti na použitém hardware, trvají řádově jednotky, případně první desítky minut. U rozsáhlejších území je možné jako vstup s výhodou použít mozaikové rastry vytvořené v produktech Esri a výpočet pro více ortofotosnímků tak proběhne najednou. Při archivaci starších snímků a příslušných signature files je možné porovnávat nejnovější – aktuální snímek i s několika generacemi starších snímků. Při velkém časové odstavu snímků (řádově nad deset let) se mohou stávat výsledky vzhledem k velkému množství změnových ploch méně přehledné. Další výhodou je možnost úprav parametrů a dílčích kroků nástroje, případně snadné rozšíření nástroje v prostředí Model Builder. V budoucnu je tak možné například upravit počet a typy kategorií, přidat do výpočtu další vstupní data nebo automatizovat aktualizaci již existující vrstvy na základě vypočtené vrstvy změn (tato možnost je spíše teoretická, protože v praxi by výsledná vrstva obsahovala velký počet chyb).

Možností do budoucna, při předpokladu vyšších finančních nákladů, je i využití multispektrálních družicových dat, případně přidání snímků z infračervené části spektra. Využití těchto dat by mělo být možné bez jakýchkoli úprav nástroje. V rámci práce bylo testováno nasazení dat Landsat. Výpočet pro celou scénu Landsat proběhl úspěšně, data však nedisponují dostatečným prostorovým rozlišením pro potřeby územního plánování a rovněž některé kategorie využívané nástrojem není možné na snímcích s takovýmto rozlišením zachytit. Výsledky jsou tedy nepoužitelné, teoretická funkčnost ale byla potvrzena. Jako případně vhodná data, která bohužel nebyla testována, by bylo vhodné

zvolit snímky pořízené multispektrálními senzory na nosičích americké společnosti DigitalGlobe (družice QuickBird, GeoEye-1 nebo WorldView-2). Tato data disponují dostatečným prostorovým rozlišením, více spektrálními pásmy a rovněž již delší dobou archivace snímků (možno vyhodnotit změny za několik posledních let). Zajímavým využitím nástroje by bylo jeho umístění na server a využívání jako veřejné geoprocesingové služby. Uživatel by odeslal na server parametry extentu zájmového území. Dále by z nabídky zvolil dvě příslušné sady snímků, nad kterými by měl výpočet proběhnout. Nástroj umístěný na serveru by na základě parametrů zaslaných uživatelem stáhl z veřejně dostupných WMS (Web Map Service) služeb příslušná data a provedl výpočet. Výsledky by například ve formě vektorových vrstev odeslal na předem zadanou emailovou adresu nebo zobrazil v jednoduché mapové prohlížečce. Tímto způsobem by nástroj mohli využívat uživatelé bez znalostí GIS technologií. Největším problémem této aplikace by bylo kvalitní určení trénovacích ploch pro celou sadu snímků.

Výstupem práce je nástroj, který na základě vstupních parametrů a dat automaticky vyhodnotí důležité změny v území. Na základě výstupů nástroje lze provést aktualizaci vrstvy využití území. I když tento proces není z objektivních důvodů plně automatický, lze tvrdit, že byl v rámci práce sestaven nástroj, který je automatizován a slouží k aktualizaci využití území. Rovněž bylo úspěšně provedeno testování nástroje na několika různých lokalitách. Cíle práce tedy byly naplněny.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit nástroj pro prostředí ArcGIS for Desktop 10.0, který usnadní aktualizaci vrstvy využití území na úřadech ORP. V rámci pravidelné aktualizace dat ÚAP je zákonnou povinností příslušných úřadů ORP udržovat aktuální i vrstvu využití území. V současné době nejsou příliš rozšířeny jednotné postupy nebo vhodné nástroje. Smyslem této práce proto bylo prozkoumat možnosti a pokusit se vytvořit nástroj, který by subjektům, jenž využívají technologie Esri usnadnil aktualizaci této vrstvy.

Nejprve byla s ohledem na určitá omezení a limity (software, finanční limity na pořizování dat apod.) otestována možná vstupní data a vybrána ta nejvhodnější. Následně byl navrhnut a v prostředí Model Builder realizován postup výpočtu změnových ploch. Na závěr práce bylo provedeno testování sestaveného nástroje na několika různých lokalitách Olomouckého a Pardubického kraje.

V současné situaci se jako nejvhodnější data jeví ortofotosnímky. Je to především z důvodu nízkých pořizovacích nákladů (pro úřady ORP zdarma), pravidelné aktualizace (2-3 roky) a dostatečnému prostorovému rozlišení (pod 1m/pixel). Jako o možné budoucí alternativě lze uvažovat o multispektrálních a hyperspektrálních družicových snímcích s velmi vysokým prostorovým rozlišením. V současnosti je jejich využití nevhodné z důvodu relativně vysoké pořizovací. Případné využití těchto dat by však umožnilo přesnější a podrobnější klasifikaci a díky tomu by bylo dosaženo detailnějšího, přesnějšího a spolehlivějšího určení změn. Nástroj je připraven pro využití družicových snímků jako vstupních dat (případně lze potenciál těchto dat lépe využít drobnými úpravami nástroje – změny kategorií pro klasifikaci snímků).

V závěru práce byly pomocí nástroje vyhodnoceny změny v území v několika lokalitách. Díky testování je zřejmé, že nástroj je schopen identifikovat různorodé změny v krajině, především antropogenního původu. Ve sledovaných lokalitách byly identifikovány změny typu výstavba rodinných domů, výstavba bytových domů, výstavba komunikací, rozšíření nákupní zóny, vznik stavenišť (holá půda bez vegetace), vznik pasek následkem hospodářských úprav lesů i polomů a další.

S přihlédnutím k softwarovým a datovým možnostem i k samotnému charakteru sledovaného jevu lze tvrdit, že sestavení dostatečně spolehlivého plně automatického nástroje pro aktualizaci využití území je extrémně komplikovaný, pravděpodobně zatím neproveditelný úkol. Vytvořený nástroj automatizuje část tohoto procesu. Usnadňuje tak formou vytvoření podkladových dat práci při aktualizaci vrstvy využití území. Zároveň zanechává důležité rozhodování na operátorovi aktualizace, díky čemuž je zajištěna eliminace zbytečných chyb vzniklých při automatickém procesu bez využití vyšších souvislostí a znalostí území.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

CENIA. *Národní geoportál INSPIRE* [online] 2013. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z URL: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>>

ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 501/2006 Sb. ze dne 10. listopadu 2006 o obecných požadavcích na využívání území*. Sbírka zákonů České republiky. 2006. Dostupné z URL: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-501-2006-sb-o-obecnych-pozadavcich-na-vyuzivani-uzemi>>

ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č.183 ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. Sbírka zákonů České republiky. 2006. Dostupné z URL: <[http://www.zakonycr.cz/seznamy/183-2006-Sb-zakon-o-uzemnim-planovani-a-stavebnim-radu-\(stavebni-zakon\).htm](http://www.zakonycr.cz/seznamy/183-2006-Sb-zakon-o-uzemnim-planovani-a-stavebnim-radu-(stavebni-zakon).htm)>

EEA. *European Environment Agency* [online] 2013. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z URL: <<http://www.eea.europa.eu/>>

EEA. *Urban Atlas* [online] 2010. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z URL: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>>

ERICKSON, ROGERS, HURVITZ, HARRIS. *Challenges and Sollutions for a Regional Land Use Change Analys*. University of Washington, College of Forest. 2006. [cit. 2013-02-04] Dostupné z URL: <[http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc06/papers/papers/pap\\_1472.pdf](http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc06/papers/papers/pap_1472.pdf)>

ESTANY, Gemma, a BADIA, Anna, a OTERO, Iago, a BOADA, Martí.. *Socio-ecological Transformation from Rural into a Residential Landscape in the Matadepera Village (Barcelona Metropolitan Region), 1985-2008* [online]. 201? [cit. 2013-04-04]. Dostupné z URL: <[http://www.globalenvironment.it/Estany\\_Badia\\_Otero\\_Boada.pdf](http://www.globalenvironment.it/Estany_Badia_Otero_Boada.pdf)>

Global Land Project. 2005. *Science Plan and Implementation Strategy*. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19, IGBP Secretariat, Stockholm.

HARRISON, Andrew R. *National Land Use Database: Land Use and Land Cover Classification* [online]. 2006. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z URL: <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/11493/144275.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/11493/144275.pdf)>

KARNER, HESINA, MAIERHOFER, TOBLER. *Improved reconstruction and rendering of cities and terrains based on multispectral digital aerial images*. VRVis Research Center, Wien. 2006. [cit. 2013-02-04] Dostupné z URL: <[http://www.corp.at/archive/CORP2006\\_KARNER.pdf](http://www.corp.at/archive/CORP2006_KARNER.pdf)>

MEYER, W. B., a TURNER B. L. 1994. *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge England; New York, USA.

POLÁČEK, Jindřich, a POLÁČKOVÁ, Vlasta. *MINIS - Minimální standard pro digitální zpracování územních plánů GIS*. Praha. 2010

SÁDOVSKÁ, Petra. *Diplomová práce: Sádovská Petra* [online]. 2011 [cit. 2013-04-04]. Vývoj urbanizovaného území na základě leteckých snímků. Dostupné z URL: <<http://theses.cz/id/s9kkx9/text.pdf>>

ŠÍMA, Jiří. *Terminologický oříšek: Jak správně používat výrazy "land use" a "land cover"?* [online]. GeoBusiness. 2011. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z URL: <<http://www.geobusiness.cz/2011/04/terminologicky-orisek-jak-spravne-pouzivat-vyrazy-land-use-a-land-cover/>>

USGS. *Analyzing Land Use Change In Urban Environments* [online] 1999. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z URL: <<http://landcover.usgs.gov/urban/info/factsht.pdf>>

USGS. *USGS Global Visualization Viewer* [online] 2013. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z URL: <<http://glovis.usgs.gov/>>

VACKOVÁ, Lucie. *Bakalářská práce: Vacková Lucie* [online]. 2012 [cit. 2013-04-04]. Změny land use v ČR a Evropě a důvody těchto změn. Dostupné z URL: <[http://theses.cz/id/39fns8/BP\\_Vackov.pdf](http://theses.cz/id/39fns8/BP_Vackov.pdf)>

WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Land cover* [online]. Wikipedia, The Free Encyclopedia. 2013. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Land\\_cover](http://en.wikipedia.org/wiki/Land_cover)>

ZÁVODNÍK, Petr. *Bakalářská práce: Závodník Petr* [online]. 2004 [cit. 2013-04-04]. Využití technologie Dálkového průzkumu Země při monitoringu dynamiky rozvoje města Olomouce. Dostupné z URL: <<http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/zavodnik04//>>



## SUMMARY

The master thesis Design and implementation of tool for automatic updates of land use in ArcGIS for Desktop 10.0 was processed at the Department of Geoinformatics at the Faculty of Science at Palacký University in Olomouc. Supervisor was RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D. The main goal of the thesis was to create a procedure that would simplify process of land use layer updating in ORP offices. Another main goal was testing of completed tool in some various locations.

There are a lot of various data sources (cadastral data, remote sensing data, aerial images etc.) and methods (direct pixel comparison, supervised or unsupervised classification and others), which was tested to choose the best appropriated solution to defined limits. The main limit was usage of Esri technologies especially ArcGIS for Desktop 10.0 and usage of low cost data. The aerial images and supervised classification method was chosen as the best solution for this situation. The aerial images are free of charge for state offices, regularly updated and have sufficient space resolution (pixel size). There is a need to have user made signature files for supervised classification method, but the advantage of this method is relative correct classification and possibility of various aerial images usage (various sensors, space resolution etc.). Construction of a tool was realized in ArcGIS for Desktop 10.0 Model Builder interface. The advantage of this solutions is easy way of editing of all process parameters and all fractional steps (in case of upgrading or adapting tool). In the future there is a way of remote sensing data usage, especially multispectral and hyperspectral high spatial resolution materials. This materials are characteristic for their higher price, but their usage allow more correct and more detailed classification of landscape. The tool is ready for remote sensing material input.

In the first step of process user chose the input data (two aerial photos from various time period) and appropriate signature files. User can also change output data names and locations and modify some process parameters (new value of pixel size for processing and condition of minimum and maximum area for polygons preservation). The next computation is full automatic. Inter alia the tool reduce space resolution of both aerial images, classify both images, use *Raster Calculator*, *Majority Filter*, *Boundary Clean*, *Raster to Polygon Conversion*, a few selections and other steps. Total processing time depended on total area of processing region, segmentation of region, pixel size and hardware. Total processing time for smaller areas (town and village areas) is in tens of seconds or in first units of minutes. Processing time for larger areas (regions of ORP) is in units of minutes or in first tens of minutes.

The tool have three outputs – three polygon layers. The first layer is layer of “land use” (it is land use derived directly from aerial images, so correctly it is rather land cover). In this layer there are information (expressed by a number of category) about old and new land use. There is a lot of ways, how to visualise this layer. The second layer, the most important output, represents areas of changes in landscape. This layer contains three types of polygons (new built-up areas, new paved areas and new bare soil). Polygons

with extreme values of area are eliminated from this layer. The last output is layer of shadows. This layer contains shadow areas from both aerial images. It is not possible to classify these areas in standard categories due to shadows of nearby objects.

The testing of tool was realized in a few various locations in Olomouc and Pardubice region. Due to testing it is evident that the tool can recognise especially anthropogenic landscape changes. For example in testing there were recognised next types of changes: construction of new houses, construction of new flats, expansion of new shopping areas, construction of new paved areas or formation of glades in forests.

Today there is no ideal data and method for correct land use updating. Also the theme of land use is so complicated, that the automatic updating of land use layers with sufficient precision is extremely complicated, probably impossible. The tool is not a tool for full automatic land use layer updating. It is the tool for facilitation of updating process. In context of these facts all the aims were successfully realized.

# **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## **Vázané přílohy:**

- Příloha 1 Ukázka výstupu nástroje – vrstva všech ploch pro lokalitu Svitavy
- Příloha 2 Ukázka výstupu nástroje – vrstva změnových ploch pro lokalitu Svitavy
- Příloha 3 Ukázka výstupu nástroje – vrstva všech ploch pro lokalitu Hlušovice
- Příloha 4 Ukázka výstupu nástroje – vrstva změnových ploch pro lokalitu Hlušovice
- Příloha 5 Ukázka výstupu nástroje – vrstva všech ploch pro lokalitu Tabulový vrch
- Příloha 6 Ukázka výstupu nástroje – vrstva změnových ploch pro lokalitu Tabulový vrch
- Příloha 7 Ukázka výstupu nástroje – vrstva všech ploch pro lokalitu Ústí nad Orlicí
- Příloha 8 Ukázka výstupu nástroje – vrstva změnových ploch pro lokalitu Ústí nad Orlicí
- Příloha 9 Příklad vyhodnocení změn v krajině – rodinné domky Ústí nad Orlicí
- Příloha 10 Příklad vyhodnocení změn v krajině – bytové domy Ústí nad Orlicí
- Příloha 11 Příklad vyhodnocení změn v krajině – rodinné domky Svitavy
- Příloha 12 Příklad vyhodnocení změn v krajině – rodinné domky Hlušovice
- Příloha 13 Příklad vyhodnocení změn v krajině – průmyslový objekt Tabulový vrch
- Příloha 14 Příklad vyhodnocení změn v krajině – nákupní zóna Ústí nad Orlicí

## **Volné přílohy**

- Příloha 15 DVD

## **Popis struktury DVD**

Adresáře:

Text\_prace – obsahuje text Magisterské práce ve formátu \*.pdf

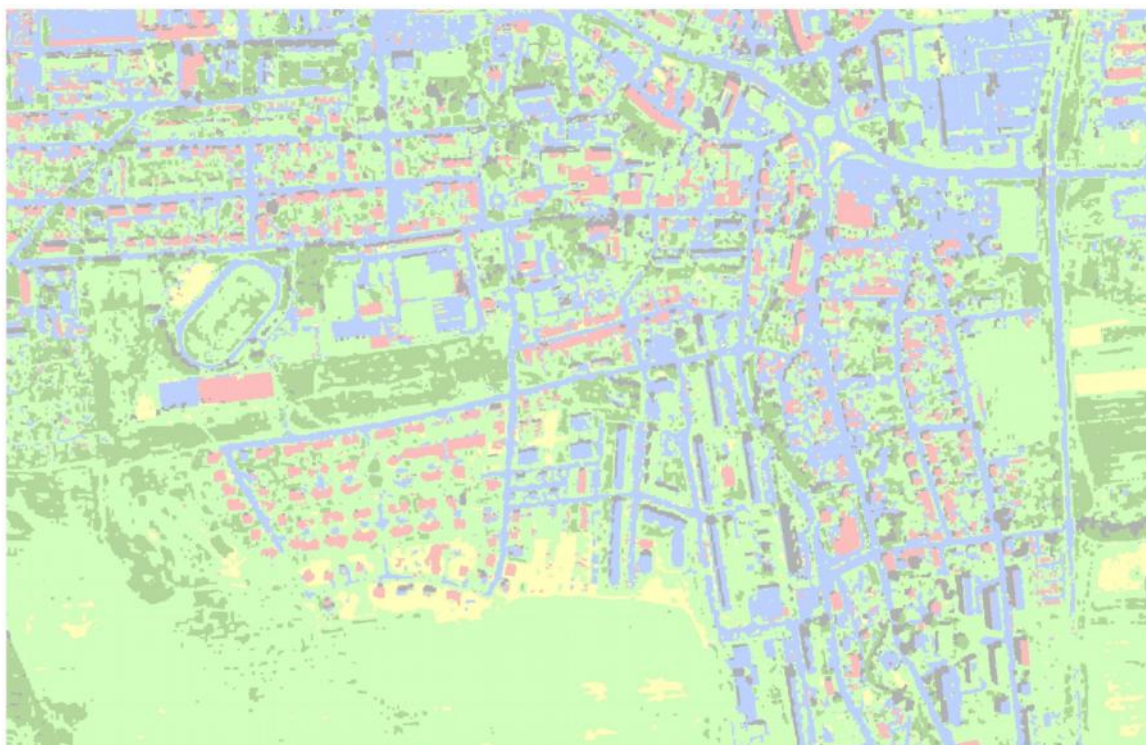
Aktualizace\_UAP – obsahuje nástroj a další potřebná data

Vstupni\_data – obsahuje ukázková vstupní data pro čtyři lokality

Vystupni\_data – obsahuje ukázková výstupní data a projekty \*.mxd pro čtyři lokality

Web – obsahuje webové stránky o práci

## Příloha 1



## Příloha 2 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)





**Příloha 3**



**Příloha 4 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**





**Příloha 5**



**Příloha 6 (Zdroj ortofotosnímku: ČÚZK a Geodis)**





**Příloha 7**



**Příloha 8 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**





**Příloha 9 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**



**Příloha 10 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**

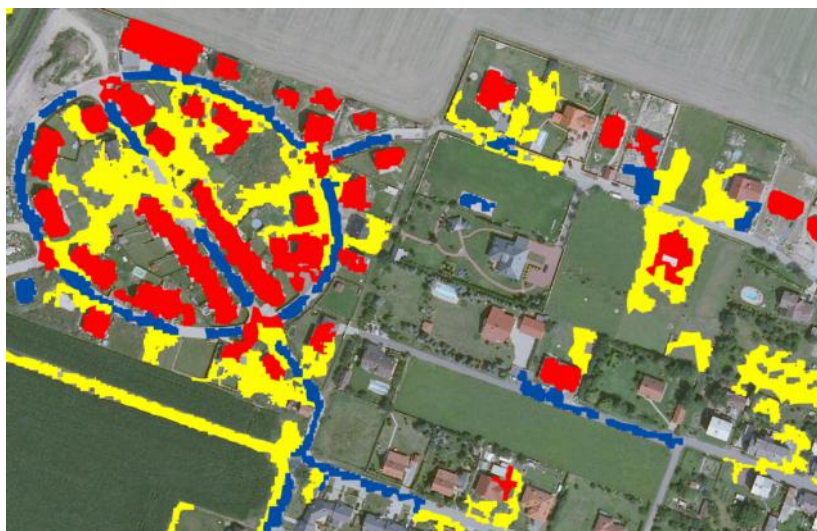




**Příloha 11 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**

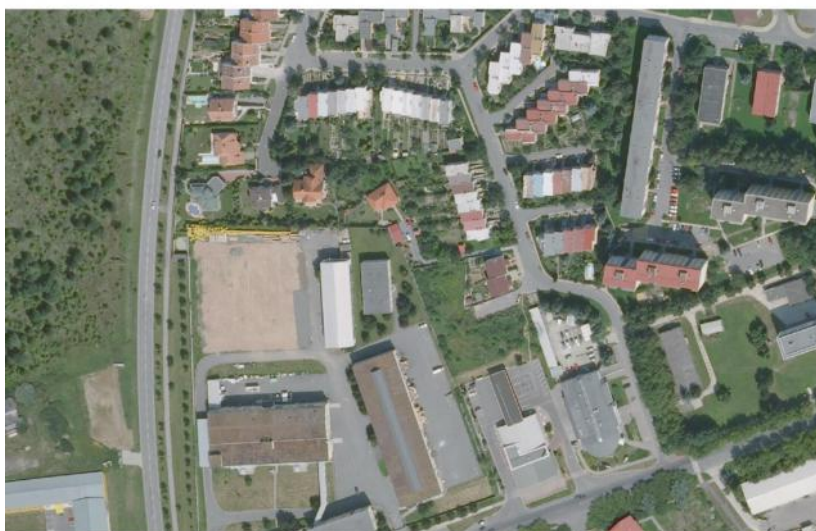


**Příloha 12 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**





**Příloha 13 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**



**Příloha 14 (Zdroj ortofotosnímků: ČÚZK a Geodis)**

