

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

VYHLEDÁVÁNÍ LESŮ V OBRAZE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK KYJOVSKÝ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

VYHLEDÁVÁNÍ LESŮ V OBRAZE

FOREST DETECTION IN IMAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

MAREK KYJOVSKÝ

Ing. JANA ŠILHAVÁ

BRNO 2008

Zadání bakalářské práce

Řešitel: **Kyjovský Marek**
Obor: Informační technologie
Téma: **Vyhledávání lesů v obraze**
Kategorie: Zpracování obrazu

Pokyny:

1. Prostudujte základy zpracování obrazu a klasifikace.
2. Seznamte se s metodami, které se používají pro klasifikaci obrazových materiálů v družicových snímcích, případně v leteckých (ortofoto) snímcích.
3. Navrhněte příznakovou sadu vhodnou pro detekci lesů v družicových snímcích, případně v leteckých (ortofoto) snímcích.
4. Navrhněte postupy, které budou rozeznávat lesy objekty v družicových snímcích, případně v leteckých (ortofoto) snímcích.
5. Pokuste se postupy implementovat.
6. Otestujte řešení na zvolených datech.
7. Zhodnoťte dosažené výsledky a možnosti budoucího vývoje.
8. Vytvořte stručný plakát prezentující vaši bakalářskou práci, její cíle a výsledky.

Literatura:

- dle pokynů vedoucího

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

- první čtyři body


Podrobné závazné pokyny pro vypracování bakalářské práce naleznete na adrese
<http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Technická zpráva bakalářské práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů a specifikaci etap (20 až 30% celkového rozsahu technické zprávy).

Student odevzdá v jednom výtisku technickou zprávu a v elektronické podobě zdrojový text technické zprávy, úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů. Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním nepřepisovatelném paměťovém médiu (CD-R, DVD-R, apod.), které bude vloženo do písemné zprávy tak, aby nemohlo dojít k jeho ztrátě při běžné manipulaci.

Vedoucí: **Šilhavá Jana, Ing.**, UPGM FIT VUT
Datum zadání: 1. listopadu 2007
Datum odevzdání: 14. května 2008

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií
Ústav počítačové grafiky a multimédií
612 00 Brno, Božetěchova 2


doc. Dr. Ing. Pavel Zemčík
vedoucí ústavu

**LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO**

uzavřená mezi smluvními stranami

1. Pan

Jméno a příjmení: **Marek Kyjovský**
Id studenta: 78896
Bytem: Čemenka 1A, 747 21 Kravaře
Narozen: 22. 07. 1986, Opava
(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií
se sídlem Božetěchova 2/1, 612 66 Brno, IČO 00216305
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....
(dále jen "nabyvatel")

**Článek 1
Specifikace školního díla**

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
bakalářská práce

Název VŠKP: Vyhledávání lesů v obraze
Vedoucí/školicel VŠKP: Šilhavá Jana, Ing.
Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

tištěné formě počet exemplářů: 1
elektronické formě počet exemplářů: 2 (1 ve skladu dokumentů, 1 na CD)

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracování díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti:
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísni a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel



Autor

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá studiem metod a postupů, které se používají pro vyhledávání lesů v leteckých a družicových snímcích. Práce shrnuje a popisuje metody digitálního zpracování obrazu. Dále je práce zaměřena na implementaci demonstrační aplikace, která tyto postupy využívá. Zabývá se návrhem této aplikace a popisuje její implementaci. Nakonec práce hodnotí úspěšnost výstupů z této aplikace.

Klíčová slova

vyhledávání lesů, zpracování obrazu, klasifikace obrazu, počítačové vidění, dálkový průzkum země

Abstract

This bachelor's thesis deals with studying methods and procedures, which are used to detect forests in aerial and satellite images. This thesis sums up and describes methods of digital image processing. Furthermore, the thesis is focused on an implementation of a demo application which uses these methods. It deals with the design of this application and describes its implementation. Finally the thesis evaluates success of output from this application.

Keywords

forest detection, image processing, image classification, image analysis, computer vision, remote sensing

Citace

Marek Kyjovský: Vyhledávání lesů v obraze, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2008

Vyhledávání lesů v obraze

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jany Šilhavé.

.....
Marek Kyjovský
13. května 2008

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Janě Šilhavé za poskytnutí užitečných rad, odborné pomoci a za veškerý čas, který mi věnovala.

© Marek Kyjovský, 2008.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod	2
2	Dálkový průzkum země	3
2.1	Elektromagnetické spektrum	3
2.2	Typy snímků	4
3	Digitální zpracování obrazu	5
3.1	Předzpracování	5
3.2	Segmentace	7
3.3	Popis objektů	9
3.4	Klasifikace	10
4	Řízená klasifikace	11
4.1	Definování trénovacích množin	11
4.2	Klasifikátory	12
5	Neřízená klasifikace	14
5.1	Shluková analýza	14
5.2	Hybridní klasifikace	15
6	Má implementace	16
6.1	Návrh aplikace	16
6.2	Použité knihovny	17
6.3	Popis implementace	18
6.3.1	Rozdělení kódu	18
6.3.2	Vlastní datové typy	19
6.3.3	Důležité funkce	19
6.3.4	Trénovací data	21
6.4	Ovládání	22
6.5	Ukázky výstupů	24
7	Závěr	25
	Literatura	27
	Seznam příloh	28

Kapitola 1

Úvod

Vyhledávání lesů v obraze je úloha úzce spjatá s digitálním zpracováním obrazu a částečně s umělou inteligencí. Nejprve je však potřeba snímek získat. O snímání se stará dálkový průzkum Země (DPZ). Snímky mohou být letecké či družicové. Družicové snímky jsou pro většinu aplikací nejlepší, velikou nevýhodou je však jejich cena. Pomocí digitálního zpracování obrazu jsou poté snímky zpracovány a klasifikovány. Tyto úlohy však bývají mnohdy velice složité, jak výpočetní nročností, tak samotným nalezením řešení. Správná klasifikace snímku je totiž závislá na mnoha vlivech.

Pokud shrneme možnosti využití vyhledávání lesů v obraze, lze uvést např. mapování lesů, určení druhů, stáří či hustoty porostu, nalezení poškozených lesů působením různých škodlivých vlivů či včasné zjištění napadení porostu atd.

Svou bakalářskou práci jsem rozdělil do sedmi kapitol. První kapitolou, kterou právě čtete je Úvod. Druhou kapitolu jsem pojmenoval Dálkový průzkum země. Popisuji zde co to vlastně dálkový průzkum země je, rozdělení elektromagnetického spektra na jednotlivá spektrální pásma, jejich popis a způsob využití v DPZ. Dále zde popisuji typy snímků, které se v DPZ používají. Třetí kapitolou je Digitální zpracování obrazu. Tady rozdělují zpracování obrazu na jednotlivé části. V těchto částech pak shrnuji a popisuji jejich důležité metody a postupy. Důležitou částí zpracování obrazu je klasifikace, pro kterou jsem vyhradil 2 kapitoly. Čtvrtou kapitolou je Řízená klasifikace. Zde se snažím popsat její principy a základní druhy klasifikátorů, které se používají v DPZ. Pátou kapitolou je Neřízená klasifikace, ve které srovnávám vlastnosti s řízenou klasifikací a popisuji základní shlukovací algoritmy. Dále se v této kapitole krátce zmiňuji o hybridní klasifikaci. Šestou kapitolou pojmenovanou Má implementace je popis vlastní implementace mé aplikace. Obsahuje návrh programu, informace o použitých doplňkových knihovnách, popis vlastních datových typu a důležitých funkcí mé aplikace. Také zde najdete popis ovládání programu, který může sloužit jako uživatelský manuál. Poslední, sedmou kapitolou je Závěr, ve které se snažím zhodnotit celou mou práci a krátce se zamýšlím nad možnostmi budoucího rozšíření mé aplikace.

V příloze naleznete CD se zdrojovými kódy mé aplikace, použité doplňkové knihovny potřebné pro kompilaci a také vzorová data, na kterých máte možnost program vyzkoušet. Dále na CD najdete plakát prezentující mou bakalářskou práci a její výsledky.

Kapitola 2

Dálkový průzkum země

Dálkový průzkum země (DPZ) se zabývá pořizováním leteckých a družicových snímků, jejich zpracováním a analýzou za účelem tvorby topografických či tématických map. [3]

DPZ se skládá ze 3 částí:

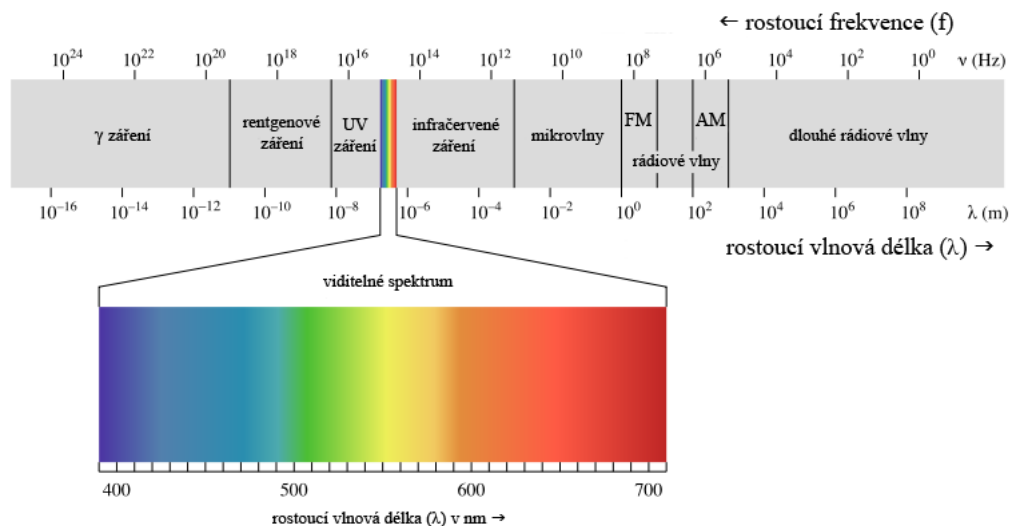
- část kosmická – pořizování a sběr obrazových dat
- část zpracovatelská – přenos a prvotní předzpracování dat
- část uživatelská – analýza obrazových dat.

2.1 Elektromagnetické spektrum

Snímky zaznamenávají intenzitu elektromagnetického záření v určité vymezené části spektra. Většina druhů povrchů Země má na snímcích z různé části spektra jiný odstín šedi či jinou barvu. Elektromagnetické spektrum můžeme rozdělit na několik částí, z pohledu DPZ jsou důležité tyto (podle [9]):

- ultrafialové záření – Má nejkratší vlnové délky využitelné v DPZ ($0,01 - 0,4 \mu\text{m}$). Toto záření je výrazně pohlcováno atmosférou. Využívá se především v aplikacích pro detekci složení zemského povrchu, hornin a minerálů.
- viditelné záření – Od $0,4$ do $0,7 \mu\text{m}$. Zdrojem je slunce, lze zaznamenat pouze v denních hodinách. Neprochází oblačností a mlhou, je značně rozptylováno a pohlcováno. Je nejvyužívanější především z historického hlediska, v mnoha aplikacích však není jeho použití nejvýhodnější.
- blízké infračervené záření – Od $0,7$ do $0,9 \mu\text{m}$. Přestože není ve viditelné části spektra, je ho možné zachytit na fotografický film. Snímky jsou mnohem kontrastnější, než ty, pořizené ve viditelné části spektra. Toto záření je méně pohlcováno atmosférou. Používá se ke studiu vegetace, v zemědělství, nebo v lesnictví. Voda se v tomto spektru chová jako černé těleso.
- střední infračervené záření – Používá se pro rozlišení druhů vegetace, rozpoznávání ledu a sněhu, odlišení oblačností, ke studium zdravotního stavu vegetace, k identifikaci minerálů.

- termální infračervené záření – Termální (tepelné) infračervené záření se využívá pro snímání povrchové teploty oceánů, znečištění řek a jezer, lesních požárů.
- mikrovlnné záření – Od 1 mm do 1 m. Toto záření je nejméně závislé na počasí. Využívá se především v meteorologii – srážkové oblasti a intenzita srážek.



Obrázek 2.1: Elektromagnetické spektrum. [13]

2.2 Typy snímků

Digitální snímek se skládá z množství obrazových prvků (pixelů). Snímky můžeme dělit na družicové a letecké. Družicové snímky se používají pro souvislé a opakované snímkování celého povrchu Země. Jsou snímány multispektrálním snímačem. Multispektrální snímek se skládá z více částí – tzv. spektrálních pásem. Každé spektrum je interpretováno v odstínech šedi. Barevnou syntézou určitých spekter se základními barvami můžeme dostat barevný snímek v přirozených barvách.

Letecké snímkování se používá pro sběr velmi podrobných dat o zemském povrchu. Snímky jsou většinou snímány klasickým digitálním snímačem, který snímá povrch země ve viditelném elektromagnetickém spektru přímo v přirozených barvách.

Kapitola 3

Digitální zpracování obrazu

V této části popíšu základní kroky digitálního zpracování obrazu – viz. [4, 7]. Digitální zpracování začalo nabývat na významu od první poloviny 70.let a souvisí především s rozvojem výpočetní techniky. Je to disciplína, která se snaží technickými prostředky alespoň částečně napodobit lidské vnímání obrazu.

Posloupnost základních kroků zpracování obrazu:

1. Snímání a digitalizace obrazu
2. Předzpracování
3. Segmentace obrazu
4. Popis objektů
5. Klasifikace objektů

3.1 Předzpracování

Cílem předzpracování je potlačit šum vzniklý při digitalizaci a přenosu obrazu, odstranit zkreslení dané vlastnostmi snímacího zařízení, nebo potlačit či zvýraznit jiné rysy obrazu důležité z hlediska dalšího zpracování. Je však důležité si uvědomit, že nejvíce informace je vždy obsaženo v původním obraze a s každým předzpracováním informace klesá.

Dělení metod předzpracování (podle [7]):

- Bodové jasové transformace
- Geometrické transformace
- Lokální operace
- Restaurace obrazu

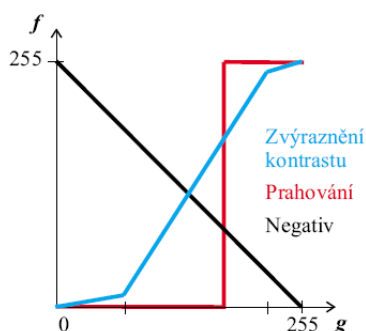
Bodové jasové transformace

Bodové jasové transformace lze rozdělit do dvou skupin: jasové korekce a modifikace jasové stupnice. [7]

První skupinou jsou jasové korekce. Jas výstupního bodu závisí pouze na jasů bodu vstupního na stejné souřadnici v obraze. Tyto modifikace se nejčastěji používají pro opravu systematických chyb snímacího zařízení. V optických soustavách je totiž obvykle světlo procházející dále od optické osy více zeslabováno. To může způsobit špatný jas některých okrajových bodů snímku.

Druhou skupinou jsou modifikace jasové stupnice. U těchto modifikací je určitá hodnota jasu ve vstupním obraze transformována na výstupní hodnotu a to bez odlehu na pozici v obraze. Používají se nejčastěji na zvýšení (snížení) kontrastu celého obrazu, nebo prahování. Transformace T výchozí stupnice jasu g na novou stupnici f je dána vztahem

$$f = T(g). \quad (3.1)$$

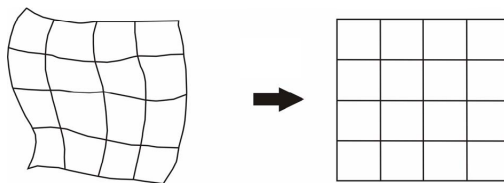


Obrázek 3.1: Bodové jasové transformace – modifikace jasové stupnice. [6]

Geometrické transformace

Při snímání v jiném úhlu optické osy snímače a snímané plochy, než je pravý úhel, je získaný obraz geometricky zkreslený. Příkladem může být zakřivení Země, díky níž můžou mít plochy v různých místech obrazu rozdílné velikosti (viz. [7]).

Mezi geometrické transformace se řadí rotace, zvětšení, nebo posun obrazu.



Obrázek 3.2: Geometrická transformace. [6]

Lokální operace

Tyto metody zpracování používají pro výpočet bodu ve výstupním obraze lokální okolí tohoto bodu. Opět můžeme tyto metody rozdělit do 2 skupin: vyhlazování a gradientní operace.

Cílem vyhlazování je potlačení náhodného šumu, ke kterému může docházet při snímání. Docílí se toho potlačením vyšších frekvencí obrazové funkce. Velkou nevýhodou těchto metod však může být rozostření důležitých hran.

Gradientní operace se naopak používají k zaostření obrazu. Jsou zvýrazněny ty části obrazu, ve kterých se jasová funkce náhle mění. Výsledkem by mělo být zvýraznění hran v obraze, nevýhodou je ovšem také zvýraznění šumových bodů.

Z uvedeného popisu metod je vidět jejich protichůdnost. Existují však také algoritmy, které oba postupy kombinují a umožňují obraz vyhlazovat a ostřit současně (viz. [7]).

Restaurace obrazu

Restaurace obrazu je technika předzpracování, která se snaží potlačit porušení obrazu na základě znalosti charakteru poruchy, nebo jejího odhadu. Příčinou můžou být vady optické soustavy, vzájemný pohyb snímače a snímané plochy, nebo turbulence atmosféry. Postupy obnovy se opírají o konvoluci realizovanou pro celý obraz. Většina metod pracuje ve frekvenční oblasti a využívá Fourierových spekter obrazu [7].

3.2 Segmentace

Segmentace je jedním z nejdůležitějších kroků vedoucích k analýze obsahu zpracovaných obrazových dat. Cílem je rozčlenit vstupní obraz na jednotlivé objekty. Segmentace může být kompletní, nebo částečná. U kompletní segmentace jsou výsledkem vzájemně nepřekrývající se objekty. Je důležitá znalost konkrétního řešeného problému. U částečné segmentace jsou vytvořené oblasti homogenní vzhledem k určitým zvoleným vlastnostem (jas, barva, textura, atd.). Objekty se obecně můžou překrývat [7].

Existuje mnoho segmentačních technik, zde popíšu alespoň některé základní, které jsou použitelné jak k segmentaci obecného obrazu tak v DPZ.

Segmentační techniky (podle [4]):

- Prahování
- Segmentace na základě detekce hran
- Segmentace narůstání oblastí
- Srovnávání se vzorem

Prahování

Prahování je nejjednodušší a nejstarší metodou segmentace. Velkou výhodou je nízká hardwarová náročnost a rychlost zpracování. Vychází ze skutečnosti, že mnoho objektů či oblastí obrazu je charakterizováno konstantní odrazivostí svého povrchu. Je pak možné využít určitého prahu k oddělení objektů od pozadí.

Prahování je transformací vstupního obrazu f na výstupní segmentovaný obraz g podle vztahu

$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i, j) \geq T, \\ 0 & \text{pro } f(i, j) < T, \end{cases} \quad (3.2)$$

kde T je prahová konstanta, $g(i, j) = 1$ pro obrazové elementy náležející po segmentaci objektům a $g(i, j) = 0$ pro elementy pozadí (nebo naopak). [4]

Největším problémem metody prahování je volba prahu. Správná volba prahu je zásadní pro úspěšný výsledek prahování. Používá se několik automatických metod volby prahu. Nejjednodušší je procentní prahování, kdy známe, kolik procent plochy obrazu pokrývají objekty. Práh potom nastavíme tak, aby právě tolik procent obrazových bodů mělo barvu objektů, zbytek barvu pozadí. Existují také metody adaptivního prahování, které používají jiný práh na různých místech obrazu (viz. [14]).

Segmentace na základě detekce hran

Tento přístup byl ve své jednoduché formě také jedním z historicky prvních přístupů k segmentaci. Vychází ze skutečnosti, že hranice oblastí obrazu jsou tvořeny z hran. Hrany jsou místa, kde dochází k určité nespojitosti, většinou v jasů, ale také v barvě, textuře, apod. Jsou nalezeny aplikací některého hranového operátoru (viz. [5]). V dalším zpracování spojujeme hrany do řetězců, které lépe odpovídají průběhu hranic. Nejčastějším problémem hranové segmentační metody je šum v obraze, nebo také výskyt hran v místech bez přítomnosti skutečné hranice a současně absence hran tam, kde hranice ve skutečnosti probíhá. [7]

Segmentace narůstání oblastí

Tato metoda se výrazně využívá v obrazech se šumem, kde se obtížně hledají hranice. Základní myšlenkou je rozčlenit obraz do maximálních souvislých oblastí. Významnou vlastností oblastí je její homogenita. Kritérium homogenity může být různé. Nejčastěji se však opírá o jasové vlastnosti nebo texturu. Většinou pro oblastí požadujeme splnění těchto podmínek:

$$H(R_i) = TRUE; \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, S, \quad (3.3)$$

$$H(R_i \cup R_j) = FALSE; \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, S \quad i \neq j \quad R_i \text{ sousedí s } R_j \quad (3.4)$$

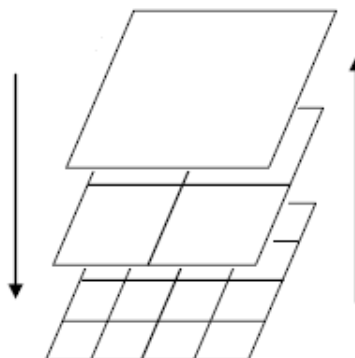
kde S je celkový počet oblastí obrazu a $H(R_i)$ je dvouhodnotové vyjádření kritéria homogenity oblastí R_i . To znamená, že oblast musí být homogenní 3.3 a maximální 3.4.

Segmentaci narůstáním oblastí můžeme provést spojováním oblastí, štěpením oblastí, nebo kombinací těchto metod.

Spojování oblastí je nejpřirozenější metoda, vychází z počátečního rozložení, kdy každý element představuje samostatnou oblast, to znamená že nesplňuje 3.4. Proto jsou spojovány sousední oblasti tak dlouho, dokud by dalším spojením nebyla porušena platnost vztahu 3.3. Výsledek spojování je závislý na pořadí, v jakém jsou objekty předkládány ke spojování. Popis oblastí je většinou založen na statistických jasových vlastnostech a pomocí statistických testů je porovnáván s popisem sousední oblasti. Na počátku jsou většinou spojeny segmenty o velikosti 2x2, 4x4, nebo 8x8 obrazových elementů.

Štěpení oblastí je opačný přístup k segmentaci, kdy je obraz na počátku rozdělen do jedné oblasti, což nevyhovuje vztahu 3.3. Proto jsou oblasti postupně štěpeny tak, aby byla splněna platnost 3.3 i 3.4.

Kombinovaná metoda štěpení a spojování oblastí může zachovat dobré vlastnosti obou uvedených přístupů. Využívá pyramidální reprezentaci obrazu. Oblasti jsou čtvercové a odpovídají elementu dané úrovně pyramidální datové struktury.



Obrázek 3.3: Štěpení a spojování oblastí v pyramidální datové struktuře.

Na počátku určíme nějaké počáteční rozložení obrazu. Platí-li pro oblast R i -té úrovně pyramidální struktury $H(R) = FALSE$ (oblast není homogenní), rozdělíme R na 4 oblasti $(i + 1)$. úrovně. Existují-li sousední oblasti R_i a R_j takové, že $H(R_i \cup R_j) = TRUE$, spojíme R_i a R_j do jedné oblasti (podle [7]).

Srovnávání se vzorem

Tyto metody mají za úkol nalézt známé objekty (vzory) v obraze. Objekty mají většinou charakter obrazu. Pokud by obraz byl bez šumu, úloha by byla velmi snadná, protože bychom v obraze našli přesnou kopii hledaného vzoru. Vždy je však obraz nějak zkreslen, proto nelze hledat absolutní souhlas se vzorem, ale jen míru souhlasu. Jako míru souhlasu většinou využíváme vzájemnou korelaci. Problémy nastanou, pokud se vzor v obraze vyskytuje natočený, s jinou velikostí nebo s geometrickým zkreslením. V takovém případě musíme testovat míru souhlasu pro všechna možná natočení, velikosti, geometrická zkreslení atd. pomocí geometrických transformací vzoru.

Segmentace srovnávání se vzorem je časově náročná i v těch nejjednodušších případech, kdy ke geometrickým transformacím nedochází. Proces je však možné urychlit vhodnou posloupností prováděných operací. Příkladem můžou být rychlé testy pro zjišťování míst obrazu s vysokou pravděpodobností souhlasu se vzorem. [7]

3.3 Popis objektů

Cílem popisu je určit číselný vektor příznaků charakterizující vlastnosti popisovaného objektu. Tento popis je poté předán klasifikátoru k rozpoznání. Množina všech vektorů příznaků tvoří příznakový prostor. Existuje také nečíselný syntaktický popis. Je vhodný tam, kde potřebujeme zachytit strukturu objektů, nebo kde pro jejich složitost chceme využít strukturu pro rozpoznávání. S tímto popisem se však ve své práci nezabývám.

U objektového popisu se jako příznaky používají převážně jasové vlastnosti objektu. Dalšími vlastnostmi může být velikost objektu, výška, šířka atd. [4]

3.4 Klasifikace

Klasifikací rozumíme zařadit objekty do jednotlivých významových tříd a dát jim tímto určitý informační význam. Je založena na použití rozhodovacích pravidel (tzv. klasifikátorů), podle nichž lze všechny prvky obrazu zařadit do třídy. Klasifikátory mohou být založeny na nejrůznějších vlastnostech objektů a jevů v obraze. Nepracují však přímo s objekty, ale s jejich vektorem příznaků vytvořeným popisem. [7]

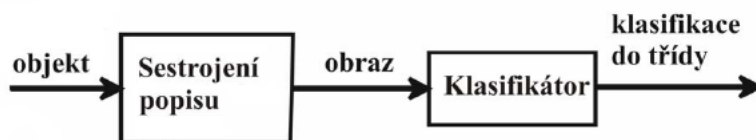
Klasifikaci můžeme dělit na [1]

- příznakové rozpoznávání × syntaktické rozpoznávání
- řízenou klasifikaci × neřízenou klasifikaci
- bodovou klasifikaci × objektovou klasifikaci

U prvního dělení závisí na popisu objektu. Pokud je popis příznakový, provede se příznakové rozpoznávání, pokud je syntaktický, provede se syntaktické rozpoznávání.

Rozdíl mezi řízenou a neřízenou klasifikací je v použití trénovací množiny u řízené klasifikace. Pro tyto metody jsem vytvořil zvláštní kapitoly hlouběji popisující jejich vlastnosti. Používá se také hybridní klasifikace, což je kombinace těchto metod.

Posledním typem dělení je podle charakteru vstupu na bodovou a objektovou klasifikaci. Bodová klasifikace (per-pixel) pracuje přímo s jednotlivými pixely v obraze. To znamená, že do klasifikátoru nevstupuje popis objektů, ale konkrétní pixely. Vynechají se tedy metody segmentace a popisu objektů. Tento typ klasifikace se používá převážně pro multispektrální snímky. Objektový přístup (per-object) naopak pracuje s popisem segmentovaných objektů.



Obrázek 3.4: Postup objektové klasifikace. [4]

Kapitola 4

Řízená klasifikace

Řízená klasifikace je velice využívanou metodou pro analýzu snímku DPZ. Pro zařazení objektu do správné třídy se používají trénovací množiny, což jsou vzorová data každé třídy. Pomocí určitého klasifikátoru se prvky těchto množin porovnávají s příznaky objektu a přiřadí ho ke správné třídě.

Postup řízené klasifikace (podle [1]):

1. Definování trénovacích množin
2. Výpočet statistických charakteristik pro trénovací množiny charakterizující jednotlivé třídy
3. Volba vhodného rozhodovacího pravidla (klasifikátoru)
4. Zatřídění všech rozpoznávaných prvků do vymezených tříd

4.1 Definování trénovacích množin

Trénovací množina je množinou objektů, u kterých známe příslušnost ke třídě. Musí reprezentovat třídu, pro kterou je určena. Před samotnou klasifikací je potřeba tuto množinu vytvořit pomocí vzorových dat.

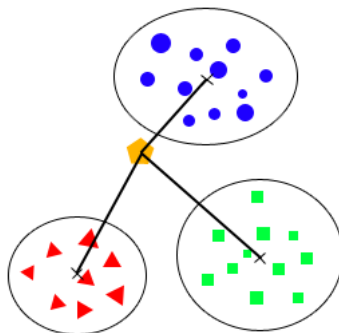
Definování trénovacích množin závisí na několika faktorech [1]:

- Vhodná velikost trénovacích množin – Značně velké trénovací množiny budou zvyšovat míru nehomogenity pro danou třídu, naopak malé trénovací množiny nemusí stačit pro výpočet statistických charakteristik.
- Umístění pixelů trénovacích množin v obraze – Trénovací množiny by neměly zabírat okrajové pixely daného povrchu, který mají reprezentovat, protože ty většinou obsahují smíšenou spektrální informaci.
- Rozmístění trénovacích množin pro danou třídu – V důsledku vnějších i vnitřních vlivů, mohou být stejné povrchy reprezentovány poněkud odlišnými hodnotami radiometrických charakteristik.

4.2 Klasifikátory

Klasifikátor minimální vzdálenosti

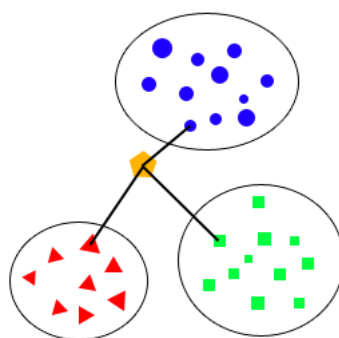
Každá třída je reprezentována jedním vzorovým objektem, který lze vypočítat např. průměrem všech vzorových objektů dané třídy. Klasifikovaný objekt je přiřazen do třídy, jejíž vzorovému objektu je nejbližší. [1]



Obrázek 4.1: Klasifikátor minimální vzdálenosti.

Klasifikátor nejbližšího souseda

Pro každou třídu je dána množina vzorových objektů. Při klasifikaci porovnáme neznámý objekt se všemi vzorovými objekty všech tříd a zařadíme ho do stejné třídy, do jaké patří jemu nejbližší vzorový objekt. Neřeší problém vychýlených vzorových objektů, proto vznikla metoda k -nejbližších sousedů. Hodnotí příslušnost objektu k určité třídě také na základě početního zastoupení objektů určité třídy v okolí. Algoritmus metody vyhledá ke klasifikovanému objektu určitý předem stanovený počet k nejbližších objektů v analyzovaném příznakovém prostoru. Objekt je poté zařazen do třídy, která v množině k sousedů převažuje. Parametr k většinou nabývá hodnot 2-10. [1]

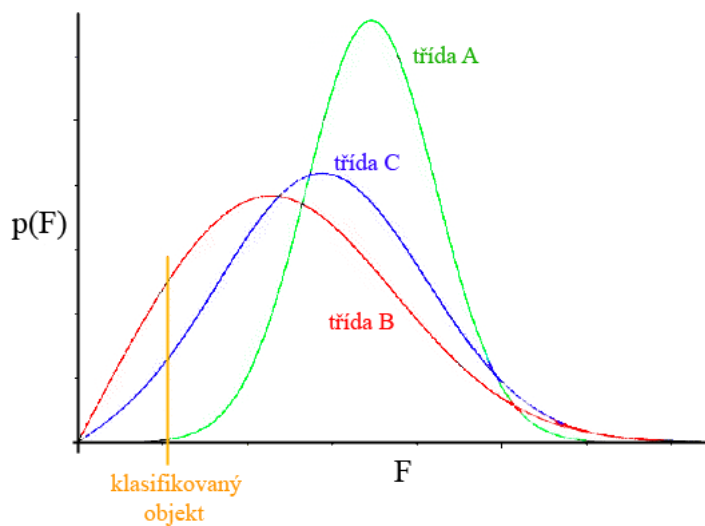


Obrázek 4.2: Klasifikátor nejbližšího souseda.

Klasifikátor maximální pravděpodobnosti

Klasifikátor maximální pravděpodobnosti je nejvíce užívaným klasifikátorem v DPZ. Je založen na předpokladu, že příznaky objektů tvořících jednu třídu trénovacích dat mají normální rozdělení. Lze tak určit statistickou pravděpodobnost dané hodnoty pixelu jako člena vybrané třídy. Pixel je nakonec zařazen do třídy s největší určenou pravděpodobností.

[8]



Obrázek 4.3: Klasifikátor maximální pravděpodobnosti.

Kapitola 5

Neřízená klasifikace

Neřízená klasifikace nevyužívá trénovací množiny ke klasifikaci. Snahou je rozdělit objekty do k tříd. Základním předpokladem je, že objekty které patří do jedné třídy jsou v příznakovém prostoru blízko sebe. K vymezení odlišných skupin v příznakovém prostoru lze využít statistické metody. Nejpoužívanější metody jsou založeny na tzv. shlukové analýze. Algoritmy založené na shlukování využívají iteračního počtu, existují však i jednorůchodové algoritmy, nebo postupy založené na využití neuronových sítí. [2]

5.1 Shluková analýza

Metody shlukové analýzy se dělí na hierarchické a nehierarchické. Hierarchické potom na aglomerativní a rozkladové. Aglomerativní metody postupně spojují objekty do shluků, rozkladové metody naopak postupně dělí vstupní množinu objektů do shluků. Nehierarchické metody hledají takový rozklad množiny objektů, který je optimální podle vhodně zvoleného kritéria optimality. Tyto metody jsou iterační. [2]

K-means

K-means je jeden z nejjednodušších iteračních shlukovacích algoritmů. V inicializaci je potřeba zadat počet shluků k , které na výstupu požadujeme a maximální počet iterací.

Postup (podle [2]):

1. Na počátku je zadán požadovaný počet shluků, úvodní poloha jejich středů (může být náhodná, nebo ručně zadaná) a maximální počet iterací.
2. Každý klasifikovaný objekt je přiřazen do shluku, k jehož průměrovému vektoru má nejbližší.
3. Jsou vypočteny nové polohy centroidů (nový průměrový vektor každého shluku).
4. Poté se celý výpočet opakuje dalšími iteracemi do té doby, než je dosaženo zadaného počtu iterací (méně vhodný výsledek), nebo průměrový vektor shluků významně nemění polohu.

ISODATA

ISODATA je rozšířený k-means algoritmus. Umožňuje měnit shluky v průběhu iterací. Shluky, které jsou heterogenní se rozpustí, shluky blízko sebe se sloučí a shluky s malým počtem objektů se rozpustí do ostatních. Výhodou je, že klasifikace odhalí jemné rozdíly mezi navenek příbuznými třídami. V důsledku spojování a rozdělování jednotlivých shluků v každé iteraci není výsledný počet shluků často shodný s počtem požadovaným, proto je konečný počet shluků často zadáván určitým rozsahem minimálního a maximálního počtu.

Postup(podle [2]):

1. Na počátku je definován počet požadovaných shluků a počet iterací.
2. Nejsou-li zadány středy shluků, jsou umístěny rovnoměrně v analyzovaném prostoru.
3. Vlastní zařazování pixelů do jednotlivých shluků probíhá také v jednotlivých iteracích, přičemž se řídí následujícími parametry:
 - Shluk, který se stane heterogenním je rozdělen na dva nové shluky.
 - Shluky, které jsou svými středy v analyzovaném prostoru blíže, než je předem zadaná hodnota, jsou spojeny v jeden shluk.
 - Shluky, které obsahují méně pixelů, než je předem zadaná hodnota, jsou zrušeny a jejich pixely zařazeny ke shlukům okolním.
4. Celý výpočet se opakuje, než je dosaženo zadaného počtu iterací, nebo průměrový vektor shluků významně nemění polohu.

5.2 Hybridní klasifikace

Využívá výhod řízené a neřízené klasifikace. Neřízená klasifikace slouží k nalezení homogenních ploch. Tyto homogenní plochy poté mohou sloužit jako trénovací množiny. Mohou však také pouze vymezovat místa v obraze, na kterých je provedena řízená klasifikace. Podobné shluky jsou spojeny do určité významové třídy. [2]

Kapitola 6

Má implementace

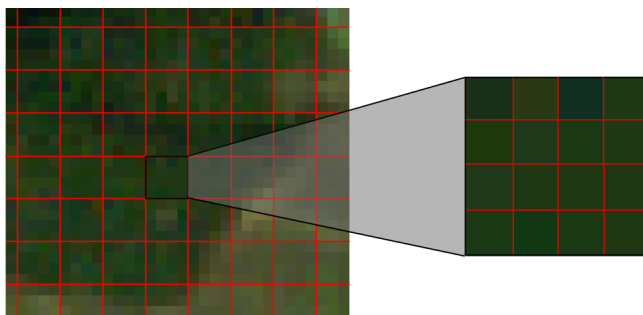
6.1 Návrh aplikace

Mým úkolem bylo pokusit se vytvořit aplikaci, která bude umět rozeznávat lesy v družicových a leteckých snímcích. Aplikace by měla fungovat pod operačními systémy MS Windows a Linux.

Před samotnou implementací je důležité si ujasnit několik otázek. Jaké druhy snímků bude umět program zpracovat? Jaké použít metody předzpracování? Jaké použít metody segmentace? Jaký zvolit popis segmentovaných objektů? Jak tyto objekty klasifikovat? Jak by měl vypadat výstup z programu? Jaký programovací jazyk použít? Takových otázek může být mnoho a před implementací je potřeba na ně odpovědět.

Aby byl program co nejkompaktnější, musí umět pracovat jak s leteckými snímky v přirozených barvách, tak s multispektrálními snímky z družic.

Jelikož si myslím, že toto téma je docela rozsáhlé, rozhodl jsem se neimplementovat žádnou metodu předzpracování. Tento nedostatek chci alespoň částečně nahradit při segmentaci snímku. Zvolil jsem metodu narůstání oblastí, protože mi pro úlohu vyhledávání lesů přijde nejpoužitelnější. Na počátku si letecký snímek rozdělím na segmenty o velikosti 4×4 pixelů, pokud se jedná o snímek multispektrální pak ho rozdělím na segmenty 8×8 pixelů (družicové snímky mají zpravidla obrovské rozlišení).



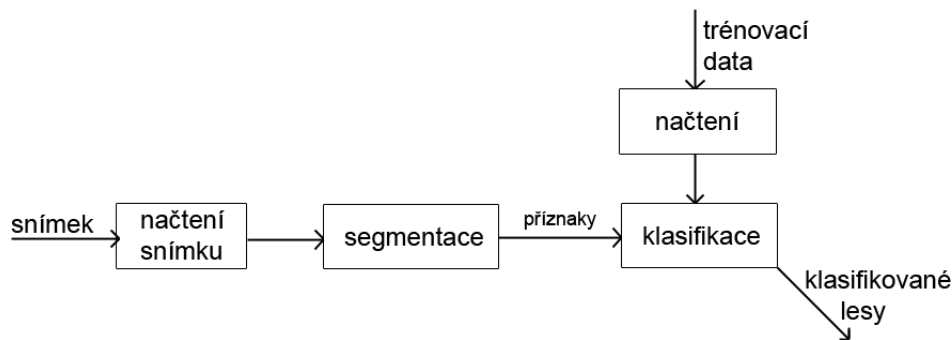
Obrázek 6.1: Počáteční segmentace leteckého snímku.

Jako kritérium homogenity použiji jasové vlastnosti jednotlivých segmentů. U leteckého snímku vypočítám průměr barevných složek RGB určitých pixelů v segmentu. Zde přichází již zmiňované částečné nahrazení předzpracování. Do tohoto průměru totiž nezapočítám 4 barevně nejvíce odlišné pixely. Mohou totiž být šumem. Tyto průměrné hodnoty RGB

poté porovnám s hodnotami sousedních segmentů. U multispektrálních snímků vypočítám průměrnou hodnotu odstínů šedi všech pixelů v jednotlivých spektrech každého segmentu. Tyto hodnoty poté porovnám s hodnotami sousedních segmentů. Průměrné hodnoty odstínů šedi, stejně jako průměrné hodnoty RGB u leteckých snímků budu také používat jako příznaky.

Dále bylo potřeba zvolit vhodný klasifikátor. Jelikož je mým úkolem vyhledávat pouze lesy a nemusí se klasifikovat všechny nalezené objekty, budou trénovací data obsahovat pouze vzorové příznaky objektů lesů. Proto jsem zvolil upravenou verzi klasifikátoru nejbližšího souseda. Ta úprava spočívá v přidání jakési prahové hodnoty, kdy klasifikátor prochází nalezené objekty a porovnává je se vzorovými daty. Pokud bude rozdíl s některým vzorovým objektem menší, než zvolený práh, klasifikuje se objekt jako les.

Nakonec bylo potřeba vybrat vhodný programovací jazyk pro implementaci. Jako ideální jsem zvolil kombinaci C/C++. C, protože je to jazyk v němž jsem vytvářel většinu svých dosavadních projektů a mám s ním největší programátorské zkušenosti a C++, protože jsem chtěl proniknout hlouběji do tajů tohoto jazyka, který vychází z C. Další výhodou těchto jazyků je možnost použití mnoha již vytvořených knihoven, které jsou volně dostupné.



Obrázek 6.2: Postup zpracování snímku.

6.2 Použité knihovny

Jelikož obsah toho projektu sahá do oboru počítačové grafiky, měla by také má aplikace být grafická, a protože standardní knihovny C++ neobsahují nástroje pro programování grafického uživatelského rozhraní (GUI), bylo potřeba nějakou knihovnu vybrat. Knihovna by měla splňovat tyto 3 podmínky: musí být implementovaná v C/C++, musí být multiplatformní a musí být pod licencí GPL. Dlouho jsem se rozmýšlel zda zvolit Qt nebo wxWidgets. S wxWidgets již mám nějaké zkušenosti, chtěl jsem však zkusit něco nového, proto jsem nakonec vybral Qt.

Družicový snímek se často skládá z více spektrálních snímků. Existují geografické rastrové formáty, které dokážou uchovat všechny tyto snímky v jednom souboru. Problém však je s takovými soubory pracovat. V Qt existuje komponenta, která dokáže pracovat pouze s klasickými rastrovými formáty souboru. Proto jsem se musel poohlédnout po další knihovně. Opět musí splňovat podmínky multiplatformnosti, C/C++ implementace a GPL licence. Po usilovném hledání jsem objevil knihovnu GDAL, která tyto podmínky splňuje.

Qt

Qt je jedna z nejpoužívanějších multiplatformních knihoven pro vytváření programů s grafickým uživatelským rozhraním. Knihovnu vyvíjí norská společnost Trolltech ve čtyřech edicích: Qt Console, Qt Desktop Light, Qt Desktop a Qt Open Source Edition. První 3 edice jsou určeny pro komerční vývoj a je nutné je zakoupit. Qt Open Source Edition je dostupná pod licencí GPL. Aktuální verze je 4.3.

Qt je knihovna programovacího jazyka C++, i když existuje i pro Python, Ruby, C, Perl, Pascal, C# a Java. Podporuje lokalizaci aplikací a také SQL, zpracování XML, správu vláken a přístup k souborům.

Nejnámější software využívající Qt je např. prostředí KDE, webový prohlížeč Opera, Google Earth, nebo Skype. [12]

GDAL

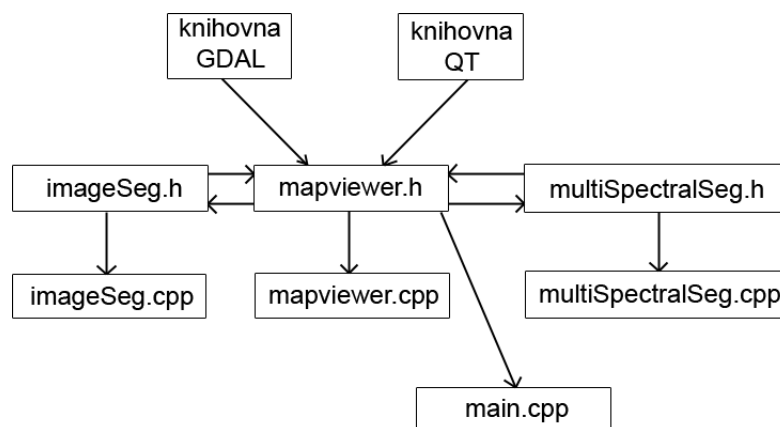
GDAL je knihovna sloužící k práci s celou řadou geografických rastrových formátů. Je dostupná pod licencí X/MIT, která vychází z GPL. Aktuální verze je 1.5.1.

Tuto knihovnu vyvíjí nadace OSGeo (Open Source Geospatial Foundation), která podporuje open source software v oblasti GIS. Tato nezisková organizace sdružuje vývojáře a spolupracuje při vývoji open source projektů GIS.

Mezi software používající tuto knihovnu patří GRASS, ESRI ArcGIS, nebo Google Earth. [10, 11]

6.3 Popis implementace

6.3.1 Rozdělení kódu



Obrázek 6.3: Propojení jednotlivých souborů zdrojového kódu.

Zdrojový kód jsem rozdělil do 7 souborů, z toho jsou 3 hlavičkové.

- main.cpp – Obsahuje pouze hlavní funkci `main()`, která vytváří grafické okno.
- imageSeg.cpp – Zde najdeme funkce pro segmentaci a klasifikaci leteckých snímků.
- imageSeg.h – Hlavičkový soubor k imageSeg.cpp.

- `multiSpectralSeg.cpp` – Tento soubor obsahuje funkce pro segmentaci a klasifikaci multispektrálních snímků.
- `multiSpectralSeg.h` – Hlavičkový soubor k `multiSpectralSeg.cpp`.
- `mapViewer.cpp` – V tomto souboru je naprogramována funkčnost grafického okna. Také se zde volají funkce pro segmentaci a klasifikaci snímků, které jsou definovány v souborech výše.
- `mapViewer.h` – Hlavičkový soubor k `mapViewer.cpp`.

6.3.2 Vlastní datové typy

struct Scolor

Definice v hlavičkovém souboru `imageSeg.h`. Tato struktura reprezentuje barvu. Obsahuje jednotlivé složky barvy RGB.

struct Ssegment

Definice v hlavičkovém souboru `imageSeg.h`. Tato struktura reprezentuje jednotlivé segmenty ve snímku. Obsahuje průměrnou barvu segmentu typu `Scolor`, souřadnice segmentu, pole s barvou všech pixelů náležících segmentu a ukazatel na objekt typu `Sgroup`, kterému segment náleží.

struct Sgroup

Definici najdeme v hlavičkovém souboru `imageSeg.h`. Struktura reprezentuje nalezený objekt ve snímku. Obsahuje průměrnou barvu objektu typu `Scolor` a vektor ukazatelů na všechny segmenty náležící objektu typu `Ssegment`.

struct SMSsegment

Tuto strukturu nalezneme v hlavičkovém souboru `multiSpectralSeg.h`. Reprezentuje jednotlivé segmenty v multispektrálním snímku. Tato struktura obsahuje souřadnice segmentu, vektor průměrných odstínů šedi ve všech spektrech a ukazatel na objekt typu `SMSgroup`, kterému segment náleží.

struct SMSgroup

Definici této struktury najdeme v hlavičkovém souboru `imageSeg.h`. Reprezentuje objekt nalezený v multispektrálním snímku. Obsahuje vektor průměrných odstínů šedi ve všech spektrech snímku a vektor ukazatelů na všechny segmenty náležící objektu typu `SMSsegment`.

6.3.3 Důležité funkce

imageSegmentation()

Definice této funkce se nachází v souboru `imageSeg.cpp`. Již podle názvu lze vyvodit, že jejím úkolem je segmentace snímku na jednotlivé objekty. Jediným parametrem této funkce je ukazatel na snímek datového typu `QImage`. Funkce vrátí vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `Sgroup`.

Na počátku je snímek rozdělen na segmenty o velikosti 4×4 pixelů. Každý segment představuje samostatný objekt. Segment i objekt reprezentuje průměr jeho barevných složek RGB. Protože snímek může obsahovat určité množství šumu, do průměru nezapočítávám 4 barevně nejrozdílnější pixely každého segmentu.

Po těchto počátečních operacích následuje kontrola homogenity okolních segmentů. Tato kontrola probíhá ve funkci `compareSegments()`. Cyklus začíná segmentem v levém horním rohu a postupuje doprava. Na konci řádku cyklus přeskočí na další. Segment je postupně porovnán se segmentem pod ním, poté se segmentem pravo a nakonec se segmentem vpravo pod ním.

compareSegments()

Definice této funkce je také v souboru `imageSeg.cpp`. Jak jsem již napsal výše, probíhá zde kontrola homogenity sousedních segmentů. Funkce má 3 parametry. Prvním je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `Sgroup`. Druhým a třetím parametrem jsou ukazatele na segmenty typu `Ssegment`, které se mají srovnávat.

Jako kritérium homogenity jsem zvolil průměr barevných složek RGB objektů, do kterých segmenty patří. Aby byly sousední objekty homogenní, nesmí být rozdíl každé barevné složky vyšší než 6. Pokud je tato podmínka splněna, jsou objekty sloučeny v jeden. O sloučení se stará funkce `changeGroup()`.

changeGroup()

Tuto funkci najdeme v `imageSeg.cpp`. Slouží ke sloučení dvou objektů v jeden. Požaduje 3 parametry. Prvním je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `Sgroup`. Druhým a třetím parametrem jsou ukazatele na objekty typu `Sgroup`. Tyto objekty se mají sloučit. Po sloučení se samozřejmě musí vypočítat průměrné hodnoty barevných složek RGB nového objektu.

imageClasification()

Tato funkce je definovaná v souboru `imageSeg.cpp`. Slouží k samotné klasifikaci nalezených objektů. Má 3 parametry. První parametr je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `Sgroup`, druhým parametrem je ukazatel na klasifikovaný snímek typu `QImage` a posledním parametrem je cesta k souboru s trénovacími daty.

Po načtení trénovacích dat dochází k samotné klasifikaci. Jelikož se mají rozpoznat lesy, trénovací data obsahují pouze vzorové příznaky objektů lesního porostu. Klasifikační cyklus prochází jednotlivé nalezené objekty a postupně porovnává vektor příznaků složený z průměrných hodnot RGB s trénovacími daty. Pokud rozdíl všech příznaků objektu a příznaků některého vzorového objektu nebude vyšší než prahová hodnota (5), je objekt klasifikován jako les a je přidán do vektoru klasifikovaných objektů.

Po ukončení klasifikačního cyklu jsou na klasifikovaném snímku vyznačeny všechny nalezené lesy červenou barvou.

MSsegmentation()

Definici této funkce nalezneme v souboru `multiSpectralSeg.cpp`. Jejím úkolem je segmentace multispektrálního snímku na jednotlivé objekty. Jediným parametrem je vektor ukazatelů

na jednotlivé spektra snímku datového typu `QImage`. Funkce vrací vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `SMSgroup`.

Stejně jako u leteckého snímku je snímek na počátku rozdělen na segmenty, tentokrát však o velikosti 8×8 pixelů. Každý segment představuje samostatný objekt. Každý objekt a segment reprezentuje průměr odstínů šedi v každém spektru.

Po tomto rozdělení následuje kontrola homogenity okolních segmentů. Tato kontrola probíhá ve funkci `compareMSsegments()`. Cyklus začíná stejně jako u leteckého snímku segmentem v levém horním rohu a postupuje doprava. Na konci řádku cyklus přeskočí na další. Segment je postupně porovnán se segmentem pod ním, poté se segmentem pravo a nakonec se segmentem vpravo pod ním.

compareMSsegments()

Definice této funkce je v souboru `multiSpectralSeg.cpp`. Probíhá zde kontrola homogenity sousedních segmentů. Funkce má 3 parametry. Prvním je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `SMSgroup`. Druhým a třetím parametrem jsou ukazatele na segmenty typu `SMSsegment`, které se mají srovnávat.

Jako kritérium homogenity jsem zvolil průměr odstínů šedi v každém spektru objektů, do kterých segmenty patří. Aby byly sousední objekty homogenní, nesmí být rozdíl odstínů šedi všech spekter vyšší než 10. Pokud je tato podmínka splněna, je zavolána funkce `changeMSgroup()` a objekty jsou sloučeny v jeden.

changeMSgroup()

Tuto funkci najdeme v `multiSpectralSeg.cpp`. Slouží ke sloučení dvou objektů v jeden. Požaduje 3 parametry. Prvním je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `SMSgroup`. Druhým a třetím parametrem jsou ukazatele na objekty typu `SMSgroup`, což jsou objekty, které se mají sloučit. Po sloučení se musí znovu vypočítat průměrné hodnoty odstínů šedi všech spekter nového objektu.

MSClassification()

Tato funkce je definovaná v souboru `multiSpectralSeg.cpp` a slouží ke klasifikaci nalezených objektů v multispektrálních snímcích. Má 3 parametry. První parametr je ukazatel na vektor ukazatelů na nalezené objekty typu `Sgroup`, druhým parametrem je vektor ukazatelů na jednotlivé spektra snímku datového typu `QImage` a posledním parametrem je cesta k souboru s trénovacími daty.

Klasifikace probíhá podobně, jako u leteckého snímku. Po načtení trénovacích dat, klasifikační cyklus prochází jednotlivé nalezené objekty a postupně porovnává vektor příznaků složený z průměrných hodnot odstínů šedi všech spekter objektu s trénovacími daty. Pokud rozdíl všech příznaků objektu s příznaky některého vzorového objektu nebude vyšší než prahová hodnota (10), je objekt klasifikován jako les a je přidán do vektoru klasifikovaných objektů. Po ukončení klasifikačního cyklu jsou nalezené lesy na všech spektrech klasifikovaného snímku vyznačeny lesy červenou barvou.

6.3.4 Trénovací data

Trénovací data jsou uloženy v externím souboru. Před klasifikací je uživatel vždy dotázán, jaká trénovací data načíst. Struktura tohoto souboru je velmi jednoduchá. Jedná se o tex-

tový soubor, ve kterém je každý vzorový objekt reprezentován svými příznaky. Každý objekt je popsán na zvláštním řádku, příznaky jsou odděleny mezerou.

Pokud se jedná o trénovací data ke klasifikaci leteckých snímků, je každý vzorový objekt reprezentován třemi příznaky (průměrnou hodnotou RGB). Tyto hodnoty jsou na jednom řádku odděleny mezerou.

Trénovací data multispektrálního snímku obsahují vzorové objekty, které jsou popsány příznaky reprezentující průměrnou hodnotu odstínu šedi v každém spektru. Vzorový objekt má vždy tolik příznaků, kolik má klasifikovaný snímek spektrálních pásem.

```
35 42 31 45 87
42 52 38 12 56
52 61 36 32 45
52 60 44 32 45
```

Obrázek 6.4: Příklad trénovacího souboru se 4 vzorovými objekty pro 5 spektrálních pásem.

6.4 Ovládání

Po spuštění aplikace se zobrazí grafické okno. V horní části nalezneme hlavní menu, střední část obsahuje prostor pro načtení snímku a v dolní části nalezneme stavový řádek.

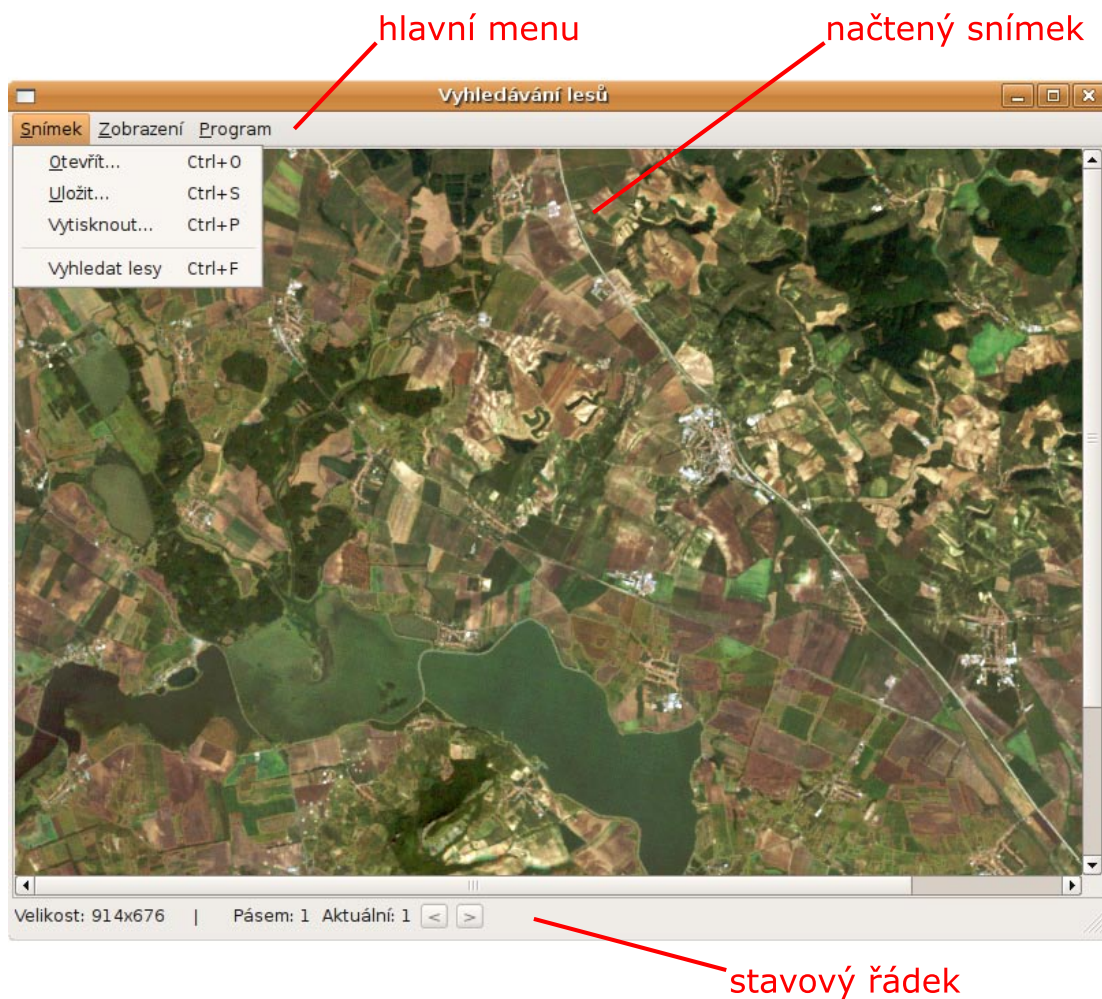
Hlavní menu je rozděleno do 3 skupin:

- Snímek – V této skupině nalezneme ovládací prvky pro práci se snímkem.
- Zobrazení – V této skupině najdeme ovládací prvky, které mění zobrazení aktuálně zobrazeného snímku.
- Program – V této části jsou prvky tykající se přímo aplikace.

Nyní podrobněji popíšu jednotlivé skupiny v menu.

Snímek:

- Otevřít – Načte soubor se snímkem a zobrazí ho. Tato aplikace umí načítat jak obyčejné rastrové soubory, tak soubory s multispektrálním snímkem, který se skládá z více vrstev. Po načtení takového souboru se vždy zobrazí první spektrum snímku. Pro tuto volbu můžeme také použít klávesovou zkratku **Ctrl+O**.
- Uložit – Uloží aktuálně zobrazený snímek do souboru. Pro tuto volbu můžeme použít klávesovou zkratku **Ctrl+S**.
- Vytisknout – Vytiskne aktuálně zobrazený snímek. Pro tuto volbu můžeme použít klávesovou zkratku **Ctrl+P**.
- Vyhledat lesy – Toto je hlavní funkce celé aplikace. Po volbě se zobrazí dialogové okno, pro načtení souboru s trénovacími daty. Po vybrání se aplikace pokusí vyhledat na snímku objekty podle trénovacích dat. Tyto nalezené objekty označí červenou barvou. Pro tuto volbu můžeme také použít klávesovou zkratku **Ctrl+F**.



Obrázek 6.5: Uživatelské rozhraní aplikace.

Zobrazení:

- Přiblížit +25 % – Přiblíží aktuálně zobrazený snímek o 25 %. Pro tuto volbu můžeme také použít klávesovou zkratku **Ctrl++**.
- Oddálit -25 % – Oddálí aktuálně zobrazený snímek o 25 %. Pro tuto volbu můžeme použít klávesovou zkratku **Ctrl+-**.
- Původní velikost – Upraví velikost zobrazeného snímku na jeho původní.
- Přizpůsobit oknu – Přizpůsobí velikost aktuálně zobrazeného snímku velikosti okna aplikace. Pokud má okno nesprávný poměr stran, může dojít k deformaci snímku.
- Předchozí pásmo – U multispektrálních snímku zobrazí předchozí spektrální pásmo.
- Další pásmo – U multispektrálních snímku zobrazí následující spektrální pásmo.

Program:

- O programu – Zobrazí informace o této aplikaci.

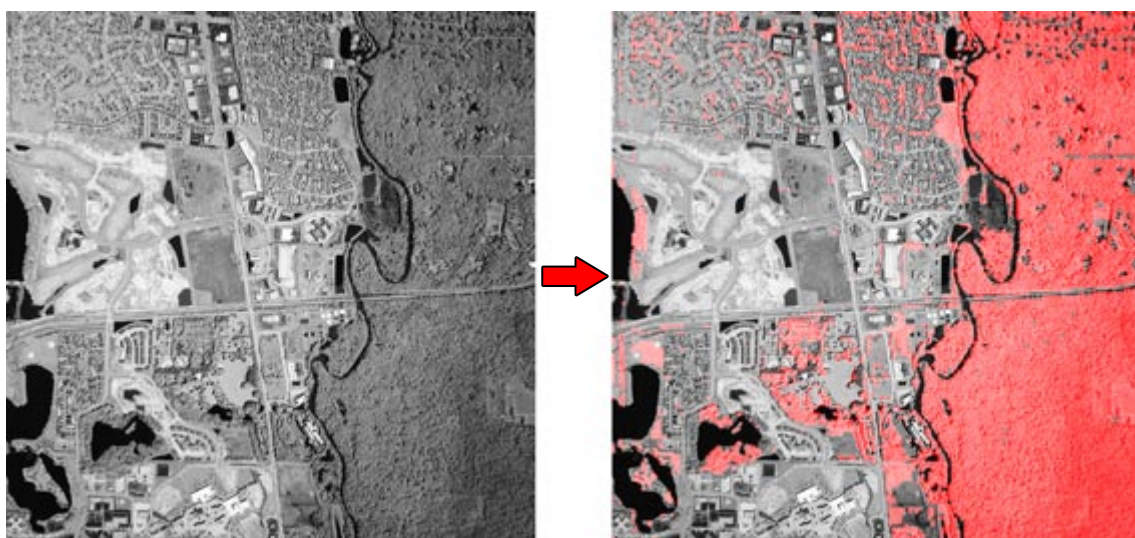
- Konec – Ukončí aplikaci.

Stavový řádek obsahuje informace o načteném snímku. V levé části najdeme informaci o rozměrech snímku v pixelech. V další části je zobrazen počet načtených spektrálních pásem a aktuálně zobrazené spektrum. V poslední části jsou 2 ovládací tlačítka pro změnu aktuálně zobrazeného spektra.

6.5 Ukázky výstupů



Obrázek 6.6: Ukázka leteckého snímku a výstupu z klasifikátoru.



Obrázek 6.7: Ukázka jednoho z pásem multispektrálního družicového snímku a výstupu z klasifikátoru.

Kapitola 7

Závěr

Mým úkolem bylo seznámit se s metodami a postupy, které se používají ke zpracování a klasifikaci družicových a leteckých snímků. Tyto postupy jsem se poté měl pokusit implementovat.

Po nastudování metod zpracování obrazu jsem se pustil do implementace demonstračního programu. Uživatelské rozhraní a ovládání této aplikace bylo navrženo intuitivně a myslím si, že zcela dostačuje řešenému tématu. Tato aplikace umí pracovat se spoustou rastrových i geografických formátů. Byla vytvořena pod operačním systémem Linux, testování však proběhlo také pod MS Windows.

Pro otestování navržených metod bylo potřeba získat nějaké testovací data. Letecké snímky pro testování jsem stahoval ze serveru mapy.cz. Velkým problémem pro mě však bylo sehnat multispektrální snímky. Tyto data na internetu nabízí několik společností, bohužel však za nemalý poplatek. Musel jsem se proto spokojit alespoň s demonstračními snímky nalezenými u jednoho geografického softwaru, které se skládají pouze ze 3 spektrálních pásem.

Výsledek klasifikace je hodně závislý na kvalitě a způsobu získání trénovacích dat. Pokud jsou tato data získána přímo z klasifikovaného snímku, výsledek bývá dobrý. Problémem však může být rozdílné jasové rozložení klasifikovaného a trénovaného snímku. Můj implementovaný klasifikátor se totiž opírá pouze o jasové vlastnosti. Dalším problémem hlavně u leteckých snímků je barevná podobnost lesů a ostatní vegetace. Někdy klasifikátor zařadí např. louku mezi lesy.

Pokud bych tyto výsledky shrnul, tak si myslím, že aplikace splňuje požadavky v zadání. Nevýhodou je složité získání trénovacích dat a občasná nesprávná klasifikace zeleně. I když do budoucna neplánuji aplikaci již dále vyvíjet, určitě by se našlo několik možností vylepšení. Především by bylo dobré nějakým způsobem zautomatizovat již zmiňované získávání trénovacích dat. Dále mě napadlo neomezovat klasifikaci pouze na lesy. Dobré by bylo umět klasifikovat všechny druhy zemského povrchu a poté např. vytvářet statistiky o zastoupení různých povrchů na snímku. Jiným jistě zajímavým vylepšením by byla implementace dalších klasifikátorů, uživatel by měl na výběr který použít.

Literatura

- [1] Dobrovolný, P.: Klasifikace obrazu I. [online], [navštíveno: 11.5.2008].
URL <http://www.geogr.muni.cz/archiv/vyuka/DPZ_CVICENI/Texty/DZ0_07_klasifikace_1.pdf>
- [2] Dobrovolný, P.: Neřízená klasifikace. [online], [navštíveno: 11.5.2008].
URL <http://www.geogr.muni.cz/archiv/vyuka/DPZ_CVICENI/Texty/DZ0_08_klasifikace_2.pdf>
- [3] Dobrovolný, P.: Mapování Země z vesmíru. [online], [navštíveno: 15.4.2008].
URL <http://www.geogr.muni.cz/archiv/vyuka/DPZ_CVICENI/Texty/DPZ_01_uvod.pdf>
- [4] Železný, M.: Dálkový průzkum země. [online], [navštíveno: 29.4.2008].
URL <<http://www.kky.zcu.cz/uploads/courses/dpz/DPZ-prednasky.pdf>>
- [5] Hlaváč, V.: Hledání hran. [online], [navštíveno: 11.5.2008].
URL <<http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/33zsl1zima2005/slidy/DetekceHran.pdf>>
- [6] Hlaváč, V.: Předzpracování v prostoru obrazů. [online], [navštíveno: 20.4.2008].
URL <<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/Public/TeachingLectures/Predzprac0br.pdf>>
- [7] Hlaváč, V.; Šonka, M.: *Počítačové vidění*. Grada, 1992, iISBN 80-85424-67-3.
- [8] Landa, M.: 153YZOD Zpracování obrazových dat 2006 - 10. cvičení. [online], [navštíveno: 11.5.2008].
URL <http://gama.fsv.cvut.cz/wiki/index.php/153YZOD_Zpracov%C3%A1n%C3%AD_obrazov%C3%BDch_dat_2006_-_10._cvi%C4%8Den%C3%AD>
- [9] Machalová, J.: Dálkový průzkum země. [online], [navštíveno: 29.4.2008].
URL <<https://akela.mendelu.cz/~machalov/gis/DPZ-1.ppt>>
- [10] Wikipedia: GDAL. [online], [navštíveno: 14.4.2008].
URL <<http://en.wikipedia.org/wiki/GDAL>>
- [11] Wikipedia: Open Source Geospatial Foundation. [online], [navštíveno: 14.4.2008].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Geospatial_Foundation>
- [12] Wikipedia: Qt (knihovna). [online], [navštíveno: 14.4.2008].
URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Qt_%28knihovna%29>

- [13] Wikipedia: Electromagnetic radiation. [online], [navštíveno: 26.4.2008].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation>
- [14] Wikipedia: Thresholding (image processing). [online], [navštíveno: 7.5.2008].
URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Thresholding_%28image_processing%29>

Seznam příloh

1. CD s kompletními zdrojovými kódy demonstrační aplikace, použité knihovny, demonstrační data + plakát prezentující mou práci a její výsledky.