

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie**

**Charles University in Prague, Faculty of Science
Department of Applied Geoinformatics and Cartography**

Doktorský studijní program: Kartografie, geoinformatika a dálkový průzkum
Země

Ph.D. study program: Cartography, Geoinformatics and Remote Sensing

Autoreferát disertační práce
Summary of the Ph.D. Thesis



Kartografické aspekty materiálů dálkového průzkumu Země

Cartographic Aspects of Remote Sensing Materials

Mgr. Luboš Bělka

Školitel/Supervisor: Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Praha, 2011

OBSAH

ABSTRAKT / ABSTRACT	3
ÚVOD.....	4
1 CÍL PRÁCE.....	5
2 METODY, POSTUP ZPRACOVÁNÍ, DATA.....	7
3 VÝSLEDKY.....	8
4 DISKUZE	14
5 ZÁVĚR.....	15
6 POUŽITÁ LITERATURA / REFERENCES	16
7 ENGLISH SUMMARY	21
7.1 Introduction.....	21
7.2 Aims of the study	21
7.3 Material and methods	23
7.4 Results.....	25
7.5 Discussion	30
7.6 Conclusion.....	30
ŽIVOTOPIS / CURICULUM VITAE	32
SEZNAM PUBLIKACÍ / SELECTED PUBLICATIONS	34

ABSTRAKT / ABSTRACT

Předmětem disertační práce je komplexní výzkum tvorby kartografických děl obsahujících materiály dálkového průzkumu Země. Autor se zaměřuje na ortofotografické zobrazení území (ortofotomapa) z pohledu základního a účelového geografického produktu. Disertační práce se zabývá výchozími podklady a metodami tvorby ortofotomap, základním (topografickým) a účelovým (tematickým) obsahem ortofotomap a zobrazovacími prostředky pro jeho vyjádření při vyváženém použití obrazové a znakové složky.

Hlavním cílem disertační práce je vyhodnocení současné tvorby ortofotomap, včetně jejich kritického posouzení, sestavení metodiky jejich tvorby a formou případových studií předložit možné varianty tvorby perspektivních ortofotomap zejména pro účely státní správy a územní samosprávy a motivovat k odborné diskuzi k problémovým otázkám včetně základních konceptů ortofotomap, zobrazovacím metodám apod.

KLÍČOVÁ SLOVA: ortofotomapa, kartografie, geoinformatika, dálkový průzkum Země, obsah ortofotomapy

Orthophotographic projection of territory (orthophotomap) as a basic and special geographic product is the main subject of the thesis. The research is focused on a proper orthophotomap and its components definitions, methods and technology of the orthophotomap production. This thesis deals and evaluates remote sensing materials for orthophotomaps production, topographic and thematic orthophotomaps content and visualization means for the content portrayal harmonizing both image and symbol components.

The main thesis aims are as follows:

- evaluation of current orthophotomap production and its applications,
- methodology composition of the orthophotomap production,
- presentation of possible variants of topographic and thematic orthophotomaps applicable mainly to state and municipal purposes in the Czech Republic,
- motivation towards a professional discussion about the topic issues including basic orthophotomap concepts, visualization methods, etc.

KEYWORDS: orthophotomap, cartography, geoinformatics, remote sensing, orthophotomap content

ÚVOD

Obrazové materiály pořízené prostředky a metodami dálkového průzkumu Země (DPZ) jsou důležitou množinou podkladů pro získávání prostorových informací o území. Odvozené informace získané interpretací výsledků DPZ je třeba srozumitelně a názorně předat koncovým uživatelům, k čemuž se používá různých metod vizualizace a různých forem kartografických výstupů (digitálních i analogových). Problematika získávání informací z těchto materiálů je velice obsáhlá, a proto se autor v disertační práci zaměřil pouze na situaci, kdy se pro kartografickou tvorbu využívá přímo obrazový materiál samotný, nikoliv odvozené informace z něho. Mapa jako ortogonální průmět a zobrazení geografické reality do zobrazovací roviny umožňuje v současné době moderními prostředky počítačové kartografie „skládat“ jednotlivé ortogonálně upravené a měřítkově synchronizované vrstvy geografických jevů v ucelený mapový obraz. V disertační práci jsou za materiály DPZ zvoleny ortogonalizované georeferencované letecké a družicové snímky.

Hlavním předmětem disertační práce je **ortofotomapa**. Toto kartografické dílo se stalo v posledních letech velice oblíbeným a často sestavovaným produktem. Autor zvolil téma ortofotomapy z několika důvodů:

- Autor pracuje v oboru fotogrammetrie a DPZ nepřetržitě od roku 1996. V průběhu své praxe měl možnost pozorovat vývoj tohoto oboru a možnost setkávat se s konkrétními výstupy a věnovat se detailnímu studiu problematiky ortofotomap.
- V praxi se setkává s různými kartografickými produkty označovanými pojmem „ortofotomapa“, přičemž kartografická kvalita ani základní atributy ortofotomap nejsou často dodržovány.
- Na základě studia odborné literatury a účasti na konferencích zjistil, že se problematikou tvorby ortofotomap doposud nikdo v takovémto rozsahu uceleně nezabýval. Pro běžnou praxi chybí popis teoretických východisek a aspektů, které ovlivňují kvalitu ortofotomap, schází standardy, popisy technologií a postupů. Nejrozšířenější ortofotomapy vznikají jako iniciativní kartograficky a kvalitativně nestandardizované produkty. I přesto, že tvorba ortofotomap není novou disciplínou, v literatuře je patrná nestabilita názvosloví a pojmů.
- Autor hodlá touto disertační prací a zejména vytvořením případových studií napomoci k rozvoji kartograficko-geoinformatické tvorby ortofotomap, ke zlepšení jejich vzhledu a interpretovatelnosti a tím přispět k propagaci kvalitní kartografie a geoinformatiky.

1 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce je **vyhodnocení současné tvorby ortofotomap, včetně jejich kritického posouzení, sestavení metodiky jejich tvorby a formou případových studií předložit možné varianty tvorby perspektivních ortofotomap zejména pro účely státní správy a územní samosprávy a motivovat k odborné diskuzi k problémovým otázkám včetně základních konceptů ortofotomap, zobrazovacím metodám apod.**

Disertační práce diskutuje vztah mezi ortofotosnímkiem a nadstavbou zejména v oblastech:

- úpravy snímků pro kartografické účely, zejména radiometrické úpravy, resp. zvýraznění, se zřetelem na typ výstupu (topografická nebo tematická ortofotomapa);
- vyváženosti mezi snímkovým podkladem, resp. obrazovou složkou, a vektorovou nadstavbou, resp. znakovou složkou;
- volby znakového klíče pro znakovou složku a její barevné podání;
- umístění bodových znaků znakové složky;
- parametrů kartografických znaků znakové složky;
- řešení popisu na ortofotomape, zejména velikosti, barevného provedení a umístění;
- použití transparentnosti (průhlednosti) znaků znakové složky;
- konstrukční prvky ortofotomap - kartografické zobrazení, geodetické podklady, měřítko mapy, souřadnicové sítě, rám mapy, klad listů, kompozice mapy.

Na základě výše uvedených okruhů dílčích problémů vyvstává řada praktických, teoretických a metodologických otázek, které je vhodné řešit nebo zodpovědět pro stabilizaci produktu „ortofotomapa“, základního pojmosloví i této disciplíny jako celku. Tyto otázky je možno rozdělit do několika skupin.

• obecně terminologické:

- Jak správně definovat termín „ortofotomapa“?
- Jak definovat jednotlivé části obsahu ortofotomapy?

• ortofotografické:

- Jak nadefinovat obecně platný rozsah radiometrických hodnot pro ortofotosnímky?
- Jak řešit barevné provedení, resp. radiometrické provedení ortofotosnímku?

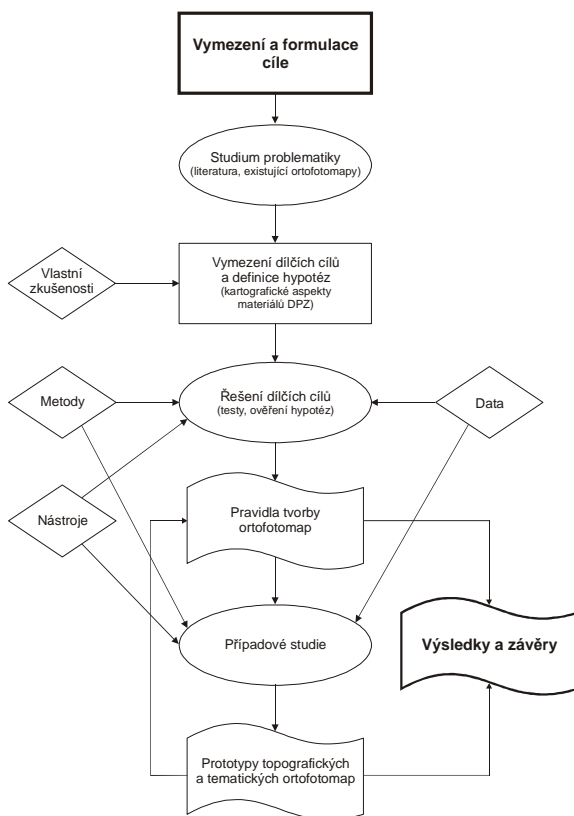
- Jakým způsobem zvýraznit nebo potlačit ortofotosnímek na ortofotomapě?
 - Jaký je vliv geometrické přesnosti ortofotosnímku na výslednou kvalitu ortofotomapy?
 - Jak použít snímky pořízené v jiné než viditelné části elektromagnetického spektra (např. v blízkém infračerveném nebo tepelném pásmu) pro tvorbu ortofotomap?
 - Jak využít ostatní materiály DPZ pořízené aktivními senzory pro kartografické účely?
- kartografické sémiologické:
 - Jak používat plošné kartografické znaky, jestliže zakrývají ortofotosnímek?
 - Jaký obsah znakové složky lze v ortofotomapách použít?
 - Jakou náplň znakové složky lze v ortofotomapách použít?
 - Jak provádět popis v ortofotomapách při zachování čitelnosti kresby?
- kartografické konstrukční:
 - Existují podstatné rozdíly v obsahu mimorámových údajů ortofotomap a konvenčních map?
 - Existují podstatné rozdíly v užití konstrukčních prvků ortofotomap?
 - Jaká je informační hodnota ortofotomapy v porovnání s konvenční mapou?
 - Jak volit měřítko pro tvorbu ortofotomap?
- realizační:
 - Existují možnosti automatizace některých kroků tvorby ortofotomapy (např. umístování popisu, volby barevnosti, atd.)?
 - Jak použít objektivě orientovanou klasifikaci snímků jako pomůcku k umístění popisů?

Hlavním výstupem disertační práce jsou pravidla a doporučení tvorby topografických a tematických ortofotomap moderními prostředky počítačové kartografie s doložením praktických ukázek ve formě prototypů těchto kartografických děl.

2 METODY, POSTUP ZPRACOVÁNÍ, DATA

Při řešení disertační práce byly použity čtyři základní skupiny výzkumných metod: Metody kartografické vizualizace, Metody dálkového průzkumu Země a digitálního zpracování obrazu, Metody grafické a polygrafické, Metody rešeršní a studium literatury.

Postup řešení vytyčených cílů disertační práce lze schematicky vyjádřit následujícím diagramem.



Pro tvorbu případových studií byla využita data, tvořící obrazovou i znakovou složku, pocházející převážně ze státních databází. Záměrem bylo sestavit případové studie pokud možno využívající data existujících databází. Vzhledem k aktuálnímu zaměstnání autora práce je většina obrazových i vektorových dat výřezem z vojenských databází. Tematicky

zaměřené informace byly získány např. ze Správy NP České Švýcarsko nebo z Urbanistického střediska Jihlava, spol. s r. o.

Při výběru vhodného programového vybavení jsou brány v potaz tyto předpoklady:

- schopnost práce s obrazovými daty, digitální zpracování obrazu, objektově orientovaná klasifikace digitálního obrazu,
- možnosti vytváření kartografických děl (práce se znakovým klíčem, mimorámové údaje, kartografické zobrazení, atd.),
- možnost vkládání uživatelsky vytvořených algoritmů a postupů,
- dostupnost produktu pro autora práce.

Na základě průzkumu trhu z hlediska výše uvedených podmínek autor jako nejvhodnější komerční programové produkty vybral:

- Erdas Imagine jako stěžejní produkt při řešení úkolů spojených se zpracováním obrazových dat,
- Definiens Professional pro řešení úkolů založených na objektově orientované klasifikaci obrazu a multiměřítkové segmentaci obrazu,
- ArcGIS pro řešení procesů spojených s kartografickou vizualizací.

Kromě existujících funkcí autor vytvořil vlastní skripty a modely v rámci těchto komerčních programových produktů.

3 VÝSLEDKY

Přínos této disertační práce pro praktické využití i další vědecko-výzkumnou činnost v oboru kartografie, geoinformatika a DPZ je možné spatřit v následujících oblastech:

Terminologie a názvosloví:

- 1) Byla zpřesněna definice pojmu „ortofotomapa“

Ortofotomapa je kartografický produkt (dílo) zobrazující geografický prostor v určitém kartografickém zobrazení a měřítku, přičemž je její obsah tvořen obrazovou a znakovou složkou. Aby se z ortofotosnímku stala ortofotomapa musí získat tři nezbytné atributy: kartografické zobrazení, měřítko a znakovou složku ve smyslu jazyka mapy.

- 2) Byly zavedeny pojmy „obrazová složka“ a „znaková složka“

Obrazovou složku nejčastěji představuje ortogonalizovaný letecký (družicový) snímek neboli ortofotosnímek, z obecnějšího pohledu ji však můžou tvořit jakákoli ortogonální obrazová data jako výsledky snímání obrazovými senzory při dálkovém průzkumu Země (např. radarové snímky). **Znakovou složkou** se při vytváření ortofotomapy moderními prostředky

počítačové kartografie a z čistě technického pohledu chápe sada vektorových vrstev (body, linie, plochy, text), v rámci nichž je každému znázorňovanému jevu (jeho vlastnostem) přiřazen kartografický znak z předem definovaného znakového klíče.

- 3) Byly zavedeny pojmy „topografická ortofotomapa“ a „tematická ortofotomapa“

Topografická ortofotomapa zobrazuje geografickou realitu za účelem všeobecné orientace v daném území pomocí vzájemně se doplňující obrazové a znakové složky. Obrazová složka je hlavním zdrojem informací, znaková složka se používá zejména v případě, kdy je obtížné získat informace z obrazové složky.

Tematická ortofotomapa je účelové speciální kartografické dílo využívající obrazovou složku a upřednostňující jeden nebo více tematických prvků. Tematický obsah, jakož i topografický podklad, může být zobrazen v obrazové nebo znakové složce, popř. v obou najednou.

Obsah a náplň ortofotomap:

- 4) Byly zpřesněny obsah a forma ortofotomapy jako kartografického díla

Obsah ortofotomap lze z pohledu objektů vyskytujících se v ortofotomape členit obdobně jako u tradičních map. Obsah ortofotosnímku v rámci ortofotomapy je možné definovat jako množinu všech obrazů (objektů a procesů) zachycených v době pořízení tohoto (ortofoto)snímku, které lze z ortofotosnímku vyčíst ať už pouhým okem nebo s využitím technických pomůcek (lupa, apod.) Obsah ortofotosnímku (obrazové složky) ortofotomapy je ovlivněn parametry pořizování obrazových materiálů, parametry ortogonalizace a parametry použitými při tvorbě ortofotomapy. Nejdůležitějšími parametry jsou prostorové a spektrální rozlišení. Znaková složka doplňuje obsah obrazové složky.

- 5) Byl zaveden pojem spektrální informační náplň a naznačen způsob jejího stanovení

Při řešení **náplně ortofotomapy** je nutné rozlišovat **grafickou zaplněnost ortofotomapy** a **informační náplň ortofotomapy**.

Z podstaty obsahu ortofotomap nelze plně převzít definici grafické zaplněnosti mapy. Obrazová složka vyplňuje celé mapové pole ortofotomapy, tudíž se na ortofotomape nevyskytují žádná „bílá“ místa, tzn. matematicky grafická zaplněnost ortofotomapy dosahuje 100 %. Je tedy vhodné raději definovat grafickou zaplněnost ortofotomapy pouze znakovou složkou. Z praktických příkladů lze konstatovat, že grafická zaplněnost ortofotomapy neprůhlednými znaky znakové složky by neměla překročit 15 % a v optimální variantě by měla být mezi 8 až 12 %.

Informační náplň ortofotomapy lze definovat jako množství informací, které je možné vyčíst neboli rozeznat v obrazové složce

a ve znakové složce. Informační náplň znakové složky se určuje stejnými postupy jako v případě tradiční mapy.

Autor se zabýval zejména vyšetřováním informační náplně obrazové složky, přičemž hovoří o „**spektrální informační náplni obrazové složky**“. Vychází z předpokladu, že jediným atributem přiřazeným jednotlivým pixelům obrazu, je jejich hodnota kódovaná v určitém číselném intervalu, vyjadřující v podstatě spektrální odrazivost snímaných objektů. Bez další klasifikace obrazu, která by přiřadila sémantický význam jednotlivým pixelům, resp. shlukům pixelů, lze informační náplň obrazové složky (ortofotosnímku) posuzovat pouze ve smyslu výskytu určitých hodnot spektrální odrazivosti, její intenzity (barva), proměnlivosti (topologie a prostorové uspořádání), resp. homogenity. Na základě těchto teoretických východisek autor stanoví spektrální informační náplň obrazové složky pomocí texturálních charakteristik obrazu a pomocí multiměřítkové segmentace obrazu.

Kartografická sémiologie a digitální zpracování obrazu:

- 6) Byla popsána řada technických aspektů a parametrů nezbytných pro dosažení maximální interpretovatelnosti geografické reality s využitím ortofotomap. Zároveň byly popsány základní zásady využití obrazové složky, tvorby a užití jazyka znakové složky a popisu ortofotomap směřující k zajištění maximálního přenosu informací.

Autor stanovil použitelné **prostorové rozlišení** obrazové složky (aplikovatelné zejména na ortofotosnímky) ve vztahu k měřítku sestavované ortofotomapy. Optimální velikost pixelu v území v metrech lze vypočítat dle vzorce $P = 0,0001 * M$, kde M je měřítko ortofotomapy. Akceptovatelnou hodnotou je rovněž $P = 0,0002 * M$.

V oblasti kartografické vizualizace autor popisuje pravidla práce s obrazovou a znakovou složkou a s popisem. Zdůrazňuje, že obrazovou složkou lze **zvýraznit** nebo **potlačit**. Do skupiny úprav zvýrazňujících ortofotosnímek zařazuje:

- zvýšení kontrastu roztažením histogramu, tzn. maximální využití definovaného rozsahu hodnot určeného pro kódování obrazu,
- úpravu histogramu za účelem věrnějšího podání barevnosti změnou rozložení hodnot pixelů v rámci maximálního rozsahu hodnot určeného pro kódování obrazu,
- zostření ortofotosnímku použitím vysokofrekvenčních prostorových filtrů.

Do skupiny úprav potlačujících ortofotosnímek zařazuje:

- snížení prostorového rozlišení ortofotosnímku,
- převedení barevného ortofotosnímku na černobílý, na který se umístí barevná znaková složka,

- zesvětlení ortofotosnímku a tím vytvoření vhodného podkladu pro umístění a dobrou čitelnost znakové složky,
- vyhlazení ortofotosnímku použitím nízkofrekvenčních prostorových filtrů.

Úpravy směřující ke zvýraznění, resp. potlačení, obrazové složky modifikují hodnoty pixelů a jejich rozmístění. Probíhají buď pro každý pixel separátně (práce s histogramem, převod barevného snímku na černobílý) nebo je hodnota pixelu modifikována ve vztahu k jeho okolí (filtrace).

Radiometrické úpravy představují práci s histogramem obrazu. Důležité je získat barevně vyvážený obraz bez výrazného zastoupení jedné z barevných složek, který způsobí barevný nádech. Práce s histogramy obrazu autor předřizuje obecným zásadám:

- upravit histogramy původního obrazu ve všech třech kanálech (R-červený, G-zelený, B-modrý) do tvaru Gaussovy křivky, přičemž nejvíce hodnot přesunout do střední části. Posun histogramu jednoho kanálu určitým směrem by znamenal určitý barevný nádech,
- vyvarovat se krajním hodnotám pixelů 0 a 255 a hodnotám těmto velice blízkým - tmavý nebo naopak přesevětlený obraz,
- v histogramu zajistit co největší množství hodnot 8-bitové stupnice, nedojde tak ke ztrátě informací, toto je nutné zajistit již při skenování barevného materiálu v případě analogového podkladu nebo při zpracování surových obrazových dat z digitální kamery a při dalším zpracování dbát na to, aby nedošlo k tzv. „ořezání“ histogramu zleva nebo zprava,
- lineární roztažení nebo lineární roztažení po částech je vhodnou metodou úpravy dat pro produkci ortofotomap.

Radiometrické vyladění obrazu, resp. histogram obrazu a jeho úpravy, jsou závislé na zastoupení jednotlivých prvků (lesy, vodstvo, pole, zástavba) v obraze. Nelze tedy pro každý ortofotosnímek stanovit zobecněný postup řešení s udáním konkrétních matematických hodnot.

Krytí obrazu je procedura, kdy se potlačují obrazová data přidáním bílé složky v určitém předem definovaném poměru (hodnota 255 v 8-bitovém obraze s intervalem hodnot 0 až 255). Dochází tak k zesvětlení obrazové složky.

K vyjádření znakové složky se používají bodové, liniové a plošné kartografické znaky. Na ortofotomapách lze použít geometrické, symbolické, obrázkové a alfanumerické bodové znaky, pro jejich čtení je rozhodující oddělení od podkladu. Při jejich definici autor jednoznačně doporučuje:

- použití jednodušších znaků, převážně geometrických,
- použití pokud možno barevně nepřehliší komplikovaných znaků,
- použití nekomplikované struktury znaku,

- použití „haló“ neboli barevného lemu okolo znaku,
- použití znaků s vnitřní výplní, pokud výplň chybí je nutno dodat haló nebo podkladový štítek,
- použití podkladového štítku – jednobarevného neprůhledného nebo průhledného a barevně kontrastního k obrazové složce,
- ke zvýraznění celé znakové složky, nejen bodových znaků, lze použít potlačení obrazové složky zesvětlením.

Výběr prvků liniového charakteru vyjádřených na ortofotomapě liniovými kartografickými znaky závisí na měřítku. Stejně tak je nutné zvolit optimální tloušťku liniového znaku. Z hlediska provedení kresby liniového znaku je možné použít různá provedení obdobně jako na klasické mapě. Dobře odlišitelný je znak tříčarý dvoubarevný, dvě vnější čáry plní funkci haló, střední je výplní. Vhodné je též použití dvoučarého znaku bez výplně, čáry plní funkci obrysu liniového objektu a zůstává čitelný i z ortofotosnímku. U jednočarých liniových znaků je třeba zvolit správnou barvu.

Z hlediska parametrů plošných kartografických znaků (obrys a výplň) lze na ortofotomapách použít:

- plošné znaky vyjádřené pouze obrysem,
- plošné znaky vyjádřené obrysem a průhlednou výplní, obrys v tomto případě nemusí být výrazný nebo může úplně chybět, průhlednou výplň lze např. kombinovat se šrafováním,
- plošné znaky vyjádřené obrysem a neprůhlednou výplní, ani v tomto případě obrys nemusí být výraznější než výplň. Jedná se o příliš velké potlačení obrazové složky zamezující její čitelnosti a proto by se mělo používat co nejméně.

Nejdůležitějšími metodami práce se znakovou složkou (a popisem) jsou správná barevnost a použití halo efektu. Kombinaci znakové a obrazové složky umožňuje použití průhlednosti.

Průhlednost lze charakterizovat jako efekt, při kterém se podkladová vrstva překrytá jinou vrstvou stává viditelná. Použití průhlednosti (transparentnosti) prvků znakové složky je příkladem kompromisního řešení při rozhodování, zda prvek zařadit do znakové složky či nikoliv. Využitím tohoto efektu lze zobrazit a číst více informačních vrstev najednou. Praktické provedení průhlednosti pro účely tvorby ortofotomapy znamená spojení ortofotosnímku a tematické vrstvy nejčastěji plošného charakteru primárně náležející znakové složce. Průhlednost umožňuje zpřístupnění informací poskytovaných obrazovou i znakovou složkou ze stejného místa. Používá se zejména pro plošné prvky znakové složky. Autor uvádí vzorce pro výpočet průhlednosti. Z hlediska barevnosti vzniká nový obraz. K zajištění vyvážené čitelnosti obou složek se optimální hodnota pohybuje v okolí 50%. Sníží-li se průhlednost, zvýrazní se tím informace uložená ve znakové složce, naopak zvýšením průhlednosti dochází k jejímu potlačení. Nejvyšší hodnota

průhlednosti použitá při sestavování případových studií byla 65%. Autor doporučuje jako podklad využívat černobílý ortofotosnímek, kdy nedochází ke změně odstínu znakové složky, rozdílly existují pouze v sytosti barev.

Barevnost znakové složky je třeba řešit ve vztahu k podkladu, tzn. obrazové složce. Autor vymezuje tři automatické metody řešení barevnosti, resp. automatického zjištění barvy znaků znakové složky ve vztahu k obrazové složce, dvě pracující s barevnostním modelem RGB (metoda nejvzdálenější barvy a metoda příbuzné barvy) a jedna pracující s modelem HLS (metoda opačného tónu). Vzhledem k různorodosti podkladu však tyto metody lze použít převážně k vytipování, resp. konzultaci, barvy. Mnohem častěji se využívá empirické (intuitivní) řešení barevnosti.

Halo efekt neboli barevné olemování znaků, popř. popisů, má klíčový význam pro čitelnost, zejména pro čitelnost popisu. Použitelná se tak pro popis, umístěný na příslušném podkladě, stává barva, která by bez halo efektu byla nečitelná. Použití haló a jeho barva je pro čitelnost popisu umístěného na obrazové složce často důležitější než barva popisu samotného. Musí být v dostatečném kontrastu vůči barvě znaku. U popisu se řeší vztah podklad–halo–popis. Barvu halo je nejlépe volit v kontrastu s barvou samotného písma (tmavý popis se světlým halo, popř. naopak). Světlé halo na tmavém podkladě ohraničí tmavý popisný údaj, na světlém podkladě takto zvolené halo sice není vidět, ale zase vynikne tmavší nápis, popř. naopak. V případě nehomogenního podkladu je téměř vždy nutné použít halo efekt. Popis bez halo je možné použít pouze v případě jednoznačně homogenního podkladu v obrazové složce, kdy lze reagovat na jeho světlost a popis volit v dostatečném kontrastu. Barva halo se dá dokonce využít i jako nositel tematické informace.

Popis se vztahuje k obrazové i znakové složce a pro jeho použití autor definuje pravidla:

- vybrat jen tolik popisu, aby byla ortofotomapa přehledná a zároveň popis nezakrýval příliš mnoho informací z obrazové složky,
- pokud ortofotomapa znázorňuje jednotlivý objekt, popř. sídlo, není jeho popis uvnitř ortofotomapy nutný, protože je vyjádřen v nadpise,
- popis umístit pokud možno vodorovně – neztěžovat i tak špatnou čitelnost jinou orientací písma (výjimku tvoří linové prvky vodstva a uliční sít),
- rozpor mezi ortofotosnímkiem a popisem nejčastěji řešit ve vrstvě popisu, nikoli úpravou ortofotosnímku,
- nekomplikovat popis různými sklony písma (max. kurzíva pro vodstvo), formou (plastické písmo nemá význam – špatně čitelné), řezem (různá šířka), a literou – tyto efekty by stejně na nehomogenním podkladě nevynikly
- využívat velikost písma pro odlišení významu objektu,

- dbát na výběr barevného podání popisu, které je klíčovým aspektem pro vyřešení jeho jednoznačné čitelnosti,
- pro popis používat barvy, které se nevyskytují na ortofotosnímku a to spíše světlejší – vhodnými barvami pro popis sídel i ulic jsou žlutá, oranžová až světle hnědá, fialová i bílá v kombinaci s halo efektem,
- na úkor masky používat halo, jehož barva je v kontrastu s barvou samotného písma (tmavý popis světlé halo, popř. naopak) – světlé halo na tmavém podkladě ohraničí tmavý popis, na světlém podkladě sice není čitelné, avšak vynikne tmavší popis, popř. naopak,
- použitím/nepoužitím halo lze zvýraznit/potlačit význam popisu a k němu asociovaných prvků,
- černá barva, typická pro tradiční mapy, se pro popis ortofotomap příliš nehodí, i když její použití nelze vyloučit,
- pro popis vodstva používat modrou barvu, přestože není příliš čitelná – používat světlejší odstíny s halo efektem,
- pro popis lze v podstatě použít jakoukoliv barvu, pokud se použije vhodné halo.

Kompozice ortofotomapy není podřízena zvláštním požadavkům. Pouze v tiráži je nutné uvést informace o použité obrazové složce (prostorové rozlišení, datum snímkování, senzor, použitá spektrální pásma v barevné syntéze, atd.).

Konstrukce ortofotomap:

7) Byla zpracována základní metodika tvorby ortofotomap

Sestavení a použití ortofotomapy je možné rozdělit do pěti fází: zadání, projekt, tvorba, hodnocení a aplikace. V rámci těchto fází probíhají jednotlivé produkční kroky.

- 8) Na základě teoreticky vymezeného základního konceptu ortofotomapy byly zpracovány případové studie ve formě prototypů topografických a vybraných druhů tematických ortofotomap, které mohou posloužit jednak jako podklad pro další odbornou diskuzi a jednak se stát určitým vzorem pro projektování a tvorbu ortofotomap v České republice.

4 DISKUZE

Správnost některých výsledků a myšlenek je nutné podpořit jejich praktickou aplikací při sestavování příslušných druhů ortofotomap:

- 1) Způsob tvorby a použití gridové legendy

- 2) Použití pultové legendy
- 3) Potlačení obrazové složky snížením prostorového rozlišení
- 4) Použití dalších materiálů DPZ pro kartografické účely
- 5) Otestování jiných programových nástrojů pro kartografii

Při řešení vytyčených cílů nebylo možné postihnout a detailně rozpracovat všechny aspekty ortofotomap. Při řešení každého dílčího problému autor často narazil na situaci, kdy by tento problém bylo nutno rozvést v daleko širší míře přesahující rozsah této práce. Některé výsledky této disertační práce je tak možné brát jako výchozí poznatky dosažené v této problematice a dále je na výzkumné bázi rozvíjet. Na základě vytipovaných problémů sestavování ortofotomap je následně možné vypsát témata bakalářských, diplomových nebo dalších disertačních prací. Jedná se zejména o následující okruhy problémů:

- 1) Spektrální informační náplň obrazové složky
- 2) Automatické stanovení barev znakové složky ve vztahu k obrazové složce
- 3) Automatizace tvorby popisu ortofotomap, jeho barevnost a umístění
- 4) Detailní rozpracování uživatelských aspektů ortofotomap

Autor chce rovněž motivovat k odborné diskuzi ohledně použití pojmu ortofotomapa. Mezi materiály DPZ, které je možno využít v kartografické vizualizaci, patří mimo jiné obrazová data nemající atributy fotosnímků. Následně se pak nabízí otázka, jak pojmenovat výsledné kartografické dílo, využívající obrazová data (angl. „image“), která ovšem nejsou fotografií (angl. „photograph“). Otázkou k zamyšlení je, jak nahradit výraz „foto“ ve slově „ortofotomapa“. Aplikace slova „ortoobrazomapa“ je jednou z variant, jeho zavedení do kartografického slovníku se však v současné době zdá nereálné.

5 ZÁVĚR

Hlavním předmětem disertační práce byla ortofotomapa. Hlavním cílem disertační práce bylo vyhodnocení současné tvorby ortofotomap, včetně jejich kritického posouzení, sestavení metodiky jejich tvorby a formou případových studií předložit řešení problémových otázek. Disertační práce řešila výzkumné otázky vztahu mezi obrazovou složkou, představovanou převážně ortofotosnímkiem, a znakovou složkou. Poměrně podrobně byly popsány základní zásady projektování ortofotomap a postupy a metody jejich zpracování. V rámci vědecko-výzkumné práce byla prakticky ověřena

řada postupů a technických parametrů, které se staly východiskem a základnou pro jejich definici a prezentaci v této disertační práci.

Celkově lze konstatovat, že bylo dosaženo cílů definovaných v této disertační práci. Výsledky uvedené v této práci jsou autorovým příspěvkem kartografii jako vědního oboru.

Práce prokazuje, že potenciál využití materiálů DPZ v kartografické vizualizaci je obrovský. Obrazové materiály použité přímo k sestavení kartografického výstupu bez jejich klasifikace zrychlují proces předávání informací uživateli, protože tvorba odvozených podkladů a následně tradičních map je často příliš zdouhavá. Nutno si však přiznat, že na teoretické a výzkumné úrovni není tento potenciál zcela probádaný. Autor uznává, že některé směry vývoje, popř. způsoby zpracování, byly pouze naznačeny, ne však detailně rozvedeny, jako například využití radarových nebo termovizních snímků nebo automatizace některých kroků (umístování popisu, barevnost). Autor se zaměřil převážně na ortofotosnímky.

Ortofotomapy jsou v současné době velice oblíbeným kartografickým dílem, hojně využívaný nejen odbornou ale i laickou veřejností. Je jenom na odbornících z oblasti kartografie, geoinformatiky a DPZ, jak budou tento produkt v budoucnosti rozvíjet. Významného postavení mohou ortofotomapy dosáhnout v rámci státních mapových děl. Mají zřejmý potenciál stát se základním lokalizačním podkladem i pro kartografické zobrazování geografických objektů a jevů s vysokou polohovou přesností.

6 POUŽITÁ LITERATURA / REFERENCES

ABRAMS, M., HOOK S., RAMACHANDRAN CH. (2002): ASTER User Handbook, Version 2. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, USA. 135 s.

ADÁMEK, M. a kol. (2011): Havraní skála u Jetřichovic v národním parku České Švýcarsko. Časopis Ochrana přírody 1/2011. [online] [cit. 2011-8-18] Dostupný z [www: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/Vyzkum-a-dokumentace/havrani-skala-u-jetrichovic-v-narodnim-parku-ceske-svycarsko.html>](http://www.casopis.ochranaprirody.cz/Vyzkum-a-dokumentace/havrani-skala-u-jetrichovic-v-narodnim-parku-ceske-svycarsko.html)

BĚLKA, L. (2002): Summit NATO a GIS. Arc Revue, Arcdata Praha s.r.o. s. 29-31.

BĚLKA, L. (2006): Tvorba ortofotomapy v Armádě ČR. Aktivita v kartografii, Zborník referátov, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV, s. 9-18.

BĚLKA, L. (2007): Popis ortofotomap. Sborník sympozia GIS Ostrava 2007.

BOARD, CH. (2006): Cartographic communication. University of Toronto Press, Vol. 18, Num.2, s. 42-78, Toronto. ISSN 1911-9925

BURIAN, J. (2005): Internetové řešení územního plánu města Náměšť nad Oslavou. Bakalářská práce. Olomouc, 2005.

BURIAN, J. (2009): Geoinformační technologie v územním plánování. Rigorózní práce. Praha, 2009.

- ČAPEK, J. (2009): Prezentace a vizualizace prostorových dat datových modelů terénu. Disertační práce. Univerzita obrany. Brno. 129 s.
- ČAPEK, R. a kol. (1992): Geografická kartografie. SPN Praha. ISBN 80-04-25153-6. 373 s.
- ČERBA, O. (2006): Barvy v počítači a v kartografii. Západočeská univerzita v Plzni. [online] [cit. 2011-5-30]. Dostupný z www: <<http://gis.zcu.cz/studium/pok/materialy/book/ar03.html>>
- DEFINIENS AG (2006): Definiens Professional - Reference Book. 122 s.
- DIGITAL GLOBE (2011): Informace o družicových systémech World-View, Quickbird. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z www: <<http://www.digitalglobe.com>>
- DOBROVOLNÝ, P. (1998): Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Brno. 208 s.
- DOLANSKÝ, T., BABICKÝ, T. (2008): Základy kartografie. Obsah a náplň mapy. Výukové materiály Fakulty životního prostředí UJEP. Ústí nad Labem. [online] [cit. 2011-9-14] Dostupný z www: <http://gis.fzp.ujep.cz/files/K_070_obsah_map.pdf>
- DOUBRAVA, P. a kol. (2011): Metody dálkového průzkumu v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst. CENIA. Praha. 96 s.
- DRÁPELA, M. (1981): Vybrané kapitoly z kartografie. Praha: SPN, 1981. 128 s.
- DURAND, D. (1996): Spacemaps. Image mapping methods, examples of implementation. Tutorials by GDTA. Toulouse.
- ENCYKLOPEDIJE COJECO (2011): Ortofotomapa. [online] [cit. 2011-8-9] Dostupný z www: <http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=68711&title=ortofotomapa&s_lang=2>
- FALT, J. (2002): Ortofotomapy a chyby při jejich pořizování. 12 s. [online] [cit. 2010-12-1] Dostupný z www: <http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2003/Sbornik/Referaty/falt.htm>
- HOJOVEC, V. a kol. (1987): Kartografie. Praha, GKP, 662 s.
- ERDAS (2010): ERDAS Field Guide™. Norcross, USA. 795 s.
- GEOEYE (2011): Informace o družicových systémech IKONOS a GeoEye-1. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z www: <<http://www.geoeye.com>>
- GETREUER, P. (2010): Colorspace Transforms. [online] [cit. 2011-5-30] Dostupný z www: <<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/28790-colorspace-transformations>>
- HALL-BAYER, M. (2008): The GLCM texture tutorial. [online] [cit. 2011-3-21] Dostupný z www: <[http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/Hall-Beyer M](http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/Hall-Beyer_M)>
- INTERGRAPH (2011): Informace o digitální kameře DMC. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z www: <<http://www.intergraph.com>>
- JEDLIČKA, K. (2007): Úvod do GIS. Plzeň : Západočeská univerzita, [online] [cit. 2011-06-27]. Geomatika. Dostupné z www: <<http://gis.zcu.cz/studium/ugi/Prezentace/10MericiFunkceDotazyTopologickaPrekrytiIMapovaAlgebra.pdf>>.

- KAPLAN, V. (2004): Možnosti klasifikace multispektrálního snímku metodami strojového učení. Diplomová práce na MÚ Brno. 64 s.
- KEPRTOVÁ, K. (2007): Obrazová data dálkového průzkumu Země v kartografických produktech. In *Súčasný trendy v kartografii, Zborník referátov 17. kartografickej konferencie*. Bratislava : Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky, 2007. od s. 120-124, 209 s. ISBN 978-80-89060-11-5.
- KIMERLING, A. J., BUCKLEY, A. R., MUEHRCKE, P. C., MUEHRCKE, J. O. *Map Use: Reading and Analysis*. ESRI Press, 6th Revised edition. Redlands, 493 s. ISBN 978-1589481909
- KOVAŘÍK, V. (2011): Anglicko-český a česko-anglický slovník dálkového průzkumu Země. Vojenská akademie v Brně. 98 s.
- KOVAŘÍK, V. (2004): Extrakce prvků z družicových dat pro aktualizaci vojenských geografických databází. Disertační práce. Univerzita obrany. Brno. 162 s.
- KRAAK, M.J., ORMELING F. J. (1996): *Cartography - visualization of spatial data*. Harlow, Essex: Addison Wesley Longman Ltd.
- KRÁČMAR, J. (2011): Meteorologické radiolokátory. [online] [cit. 2011-8-21] Dostupný z [www: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/info_radar/index.html>](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/info_radar/index.html)
- KRTIČKA, L. (2007): Úvod do kartografie. Ostrava. Ostravská Univerzita. 87 s.
- KUBÍČEK, J. (2007): GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY - GIS. In *JuniorStav 2007*. Brno : VUT Brno s. 4/4. Dostupné z [www: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/Sekce_7/Kubicek_Josef_CL.pdf>](http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/Sekce_7/Kubicek_Josef_CL.pdf).
- LEICA (2011): Informace o digitální kameře ADS40. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z [www: <http://www.leica-geosystems.com>](http://www.leica-geosystems.com)
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W. (2004): *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th edition. New York : Wiley, 2004. 763 p.
- MINISTERSTVO OBRANY ČR (MO ČR) (2010): AAP-6(2010) Slovník termínů a definic NATO (anglicky a francouzsky). Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti. Odbor obranné standardizace. Praha 2010. 451 s.
- NASA (2002 a): Landsat 7 Gateway. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z [www: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>](http://landsat.gsfc.nasa.gov)
- NASA (2002 b): Earth Observing. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z [www: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>](http://landsat.gsfc.nasa.gov)
- NOVÁK, V., MURDYCH, Z. (1988): *Kartografie a topografie*. Praha, SPN, 318 s.
- ORBIMAGE Inc. (2004): *OrbView-3 Commercial Satellite Imagery Product Catalog*. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z [www: <http://www.orbimage.com/docs/OrbView-3-ProductCatalog.pdf>](http://www.orbimage.com/docs/OrbView-3-ProductCatalog.pdf)
- PÁSZTO V., TUČEK P., VOŽENÍLEK V. (2009): On spatial entropy in geographical data. *Proceedings GIS Ostrava 2009*.
- PAVELKA, K. (1998): *Fotogrammetrie 10*. Vydavatelství ČVUT, Praha. 178 s.
- PAVELKA, K. (1998): *Fotogrammetrie 20*. Vydavatelství ČVUT, Praha. 153 s.
- PAVELKA, K. a kol. (2001): *Fotogrammetrie 30*. Vydavatelství ČVUT. 179 s.

PETRIE (1977): Orthophotomaps Transactions of the Institute of British Geographers, New Series, Vol. 2, No. 1, Contemporary Cartography (1977), pp. 49-70 Published by: Blackwell Publishing on behalf of The Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers)

POLÁČEK, J., BENEŠ, J., POLÁČKOVÁ, V. (2007): Minimální standard pro digitální zpracování územních plánů v GIS v Pardubickém kraji v prostředí nového Stavebního zákona. Krajský úřad Pardubického kraje. 88 s.

PRAVDA, J. (2001): Aktuálne terminologické problémy v kartografii. In Kartografická terminológia ve vede riadení výučbe a praxi, Kartografická spoločnosť SR, STU Bratislava, Geografický ústav SAV, Bratislava, 106 s.

PRAVDA, J. (1997): Mapový jazyk. Univerzita Komenského v Bratislavě, Vydavateľstvo UK. Bratislava.

PRAVDA, J. (1983): Metodicko-vyjadrovacie problémy tvorby tematických máp I. Bratislava, Geografický ústav, Slovenská akadémia vied, 65 s.

PRAVDA, J. (2001): Stručný lexikón kartografie. 17-2001. Bratislava : Slovenská akadémia vied, Geografický ústav, 324 s.

ROBINSON, A. H., MORRISON, J., MUEHRKE, P., KIMMERLING, A., GUPTILL, S. (1995): Elements of Cartography. New York, Wiley, 6th Edition, 674 s.

RUČKA, J. (2005): Situační značky. Správa doktrín Ředitelství výcviku a doktrín. Vyškov. 129 s.

RYBANSKÝ, M., ČAPEK, J. (2007): Critical Transportation Spots on the Roads.

SLOCUM, T. A.: Geovisualization (2006): [online] [cit. 2011-09-02]. Dostupný z www: <http://eva-elba.unibas.ch/index.cfm?w=16&f=116&c=819&file=/Slocum_Geovisualization.pdf>

SLOCUM, T., A. a kol. (2005): Thematic Cartography and Geographic Visualization. Second Edition. Prentice Hall. United States of America. 518 s.

SMITH (1977): A Test Concerning the Relative Readability of Topographic and Orthophotomaps. The American Cartographer, Vol. 4, No.2, 1977, pp. 133-143.

SPACE IMAGING (2004): IKONOS Imagery Products and Product Guide. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z www: <http://www.spaceimaging.com/products/ikonos/Whitepapers_pdfs/IKONOS_Product_Guide.pdf>

Terminologická komise ČÚZK (2011): Terminologický slovník zeměměřičtí a katastru nemovitostí. [online] [cit. 2011-8-19] Dostupný z www: <<http://www.vugtk.cz/slovník/>>

TROCHTA, J. (2010): Defoliace korun lesního porostu vlivem požáru na lokalitě Havraní skála v NP České Švýcarsko. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 59 s.

TUČEK P., PÁSZTO V., VOŽENÍLEK V. (2009): Použití entropie při studiu nestejnorodosti geografických jevů. Sborník ČGS, 2, 2009, pp. 117-129.

YANG, N., ZHANG, Z., QIN, Z., RUI, J., LI, E., GENG, L. (2009): Research of Digital Orthophoto Map Load Based on Orthophoto Information Entropy. SPIE Digital Library. 6 s.

- UNIVERSITY OF TEXAS LIBRARIES (2011): Glossary of Cartographic Terms. University Of Texas At Austin. [online] [cit. 2011-8-19] Dostupný z www: <<http://www.lib.utexas.edu/maps/glossary.html>>
- VEVERKA, B. (1988): Topografická a tematická kartografie. Praha.
- VEVERKA, B. (2001): Topografická a tematická kartografie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 220 s.
- VEXCEL (2011): Informace o digitálních kamerách UltraCam Xp, UltraCam X a UltraCam D. <http://www.microsoft.com/ultracam/en-us/UltraCamProducts.aspx>
- VOIGT, B. (1998): Glossary of Coastal Terminology. Washington State Department of Ecology, Coastal Monitoring & Analysis Program, Publication No. 98-105. [online] [cit. 2011-8-19] Dostupný z www: <http://www.coastalatlant.net/index.php?option=com_glossary&func=view&Itemid=37&catid=12&term=ORTHOPHOTOMAP>
- VOŽENÍLEK, V. (2004): Aplikovaná kartografie I. Tematické mapy. 2. vydání. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého Olomouc. 187 s.
- VOŽENÍLEK, V. (2005): Cartography for GIS - geovisualization and map communication. Vydavatelství UP, Olomouc, 140 p.
- VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol. (2011): Metody tematické kartografie – vizualizace prostorových informací. Olomouc. Univerzita Palackého v Olomouci.
- WALTER, V. (2005): Historická ortofotomapa města Brna. [online] [cit. 2010-12-5] Dostupný z www: <<http://brno.tucnacek.cz/2005122301>>
- WIKIPEDIA (2011): Orthophotomap. [cit. 2011-8-19] Dostupný z www: <http://en.wikipedia.org/wiki/Orthophotomap>

7 ENGLISH SUMMARY

7.1 Introduction

Imagery captured by remote sensing methods are important source for geospatial information extraction. There is an obvious need for the remote sensing materials and their derivations to be handed over to final customers. Various cartographic visualization methods are applied for that procedure. PhD thesis author aims at a direct usage of imagery itself for cartographic work. Derived information visualizations are not a subject of the thesis. Map as an orthogonal projection enables to assemble various geospatial data layers via modern computer cartography means. In the thesis, imagery is represented mainly by aerial or space orthophotographs or their mosaics.

Orthophotomap is the main subject of the thesis. This cartographic product has been a quite popular and frequently composed piece of work during recent years. The author has chosen the topic due to the following reasons:

- The author has been working constantly in photogrammetry and remote sensing since 1996. He has been able to observe the development of the field. Because of his profession, he has a unique possibility to encounter this kind of outputs and dedicate his work to a detailed study of this issue.
- During his professional work he comes over various cartographic products termed as “orthophotomap” but cartographic quality and basic attributes are not often fulfilled.
- The author has gone through a couple of specialized literature materials and taken part in a lot of geoinformatics conferences. He has found out that nobody dedicated much attention to this issue in the scale presented here. There is a lack of theoretical foundations and aspects influencing orthophotomap quality. No standards and technology descriptions exist. Even though the orthophotomap production is not a new discipline ambiguous terminology in specialized literature is obvious.
- The author wants to participate in the cartography and geoinformatics development and promotion. His aim is to improve orthophotomaps appearance and to make their interpretation easier.

7.2 Aims of the study

The main thesis aims are as follows:

- evaluation of current orthophotomap production and its applications,
- methodology composition of the orthophotomap production,
- presentation of possible variants of topographic and thematic orthophotomaps applicable mainly to state and municipal purposes in the Czech Republic,
- motivation towards a professional discussion about the topic issues including basic orthophotomap concepts, visualization methods, etc.

There are several issues dealing with the relationship between orthophotographs and symbol component:

- orthophotos corrections used for cartographic purposes, such as radiometric enhancements taking into account type of the output (topographic or thematic orthophotomap),
- balance between image and symbol component,
- symbol key definition and symbols color representation,
- point symbols location,
- symbols parameters,
- orthophotomap labeling, labels size, color and location,
- transparency and its usage for symbol component,
- construction part of orthophotomap - cartography projection, geodetic base, scale, coordinate system, map frame, index, composition.

The author answers a couple of questions regarding issues listed above. Those can be divided into several thematic groups:

Terminology:

- How to properly define the term „orthophotomap“?
- How to define particular parts of orthophotomap content?

Image component (aimed at orthophotos):

- How to define general radiometric values range applicable to all imagery?
- How to solve radiometric correction?
- How to enhance or suppress image component?
- What is the influence of geometry accuracy on the imagery component within orthophotomap?
- How to use imagery captured outside the visible part of electromagnetic spectrum, for instance near infrared?
- How to use other remote sensing materials outside optical images, for instance images captured by active sensors)?

Cartographic semiology:

- How to use areal symbols covering image component?
- What symbol component content is feasible?
- What symbol component saturation can be used?
- How to use labels in orthophotomaps to ensure their proper interpretation?

Cartographic construction:

- Are there any significant differences between a map and orthophotomap marginalia?
- Are there any significant differences between construction part application?
- What is information value of orthophotomaps in comparison with conventional maps?
- What scales are appropriate for orthophotomaps construction?

Application:

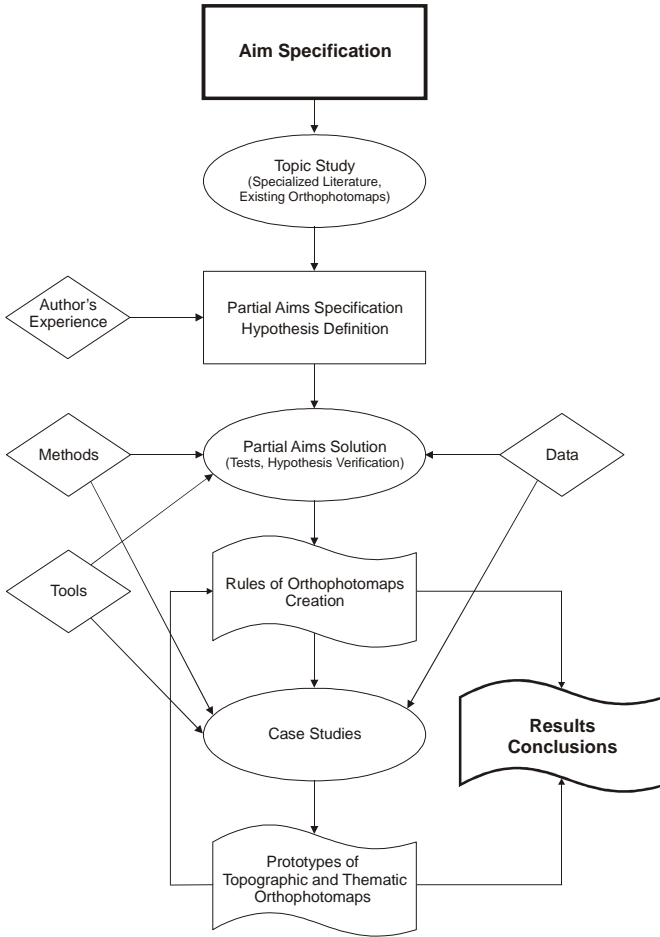
- Are there any possibilities of orthophotomap production automation (labels placement, symbol color specification)
- How to use object oriented imagery classification for labels placement?

Rules and recommendations for topographic and thematic orthophotomap production is the main output of the thesis. Their correctness verification is supported by orthophotomap prototypes as outputs of case studies solution with the help of modern computer cartography tools.

7.3 Material and methods

Four groups of research methods were used for the thesis aims solution: Cartographic visualization methods, remote sensing and digital image processing methods, graphics and printing methods, research and specialized literature study.

Following schema describes the thesis aims solution workflow:



National databases served as a main source for tests, hypothesis verification and for case studies solution. The aim was to use data mostly from existing databases to compose prototypes of orthophotomaps within the case studies. Due to a current author's job most image and vector data originate from military geospatial databases. Thematic information was gained from various organizations such as České Švýcarsko National Park Directory, Urban Studio Jihlava, etc.

Following requirements have been taken into account to choose appropriate software:

- Ability to manage imagery, digital image processing, object-oriented imagery classification,
- Cartographic visualization and map-making (symbol key definition and application, marginalia creation, projection managing, etc.),
- Ability to use user defined algorithms,
- Availability for the author.

Taking into account the requirements following programs have been applied:

- Erdas Imagine as a key-product for imagery processing,
- Definiens Professional for tasks solution connecting with object-oriented classification and multi-resolution segmentation,
- ArcGIS for cartographic visualization and orthophotomaps composition.

Besides predefined functions the author has created his own scripts and models in the commercial programs.

7.4 Results

Benefits of the thesis can be seen in the following topics:

Terminology:

- 1) The term “orthophotomap” has been specified.

Orthophotomap is a cartographic product portraying geographic space in particular projection and scale whereas its content consists of image and symbol component. Orthophotomap has to have three necessary attributes: cartographic projection, scale and symbol component.

- 2) The terms “image component” and “symbol component” have been defined.

Image component is usually represented by orthogonal aerial or space photograph. In general, it can be represented by any orthogonal imagery resulting from remote sensing activity (radar image). **Symbol component**, from technical point of view, is represented by a set of vector layers (points, polylines, polygons). Each symbol, chosen from predefined symbol key, is a cartographic representation of a feature.

- 3) The terms “topographic orthophotomap” and “thematic orthophotomap” have been defined.

Topographic orthophotomap portrays geographic reality for the purpose of general orientation in projected area. Both components are complementary. Image component is the main information source.

Symbol component is used mainly in such situations when information extraction from image becomes difficult.

Thematic orthophotomap is a special cartographic work using image component in which one or more thematic features are prioritized. Thematic content and topographic base can be contained in the image component, symbol component or both.

Orthophotomap content and saturation:

- 4) The orthophotomap content has been specified.

Orthophotomap content can be divided similarly as in traditional maps. Image component content can be defined as a set of objects and phenomena caught on an image in time of its capture. These features can be read by the human eye or with the help of technical aids such as magnifier. Image component content is influenced by parameters used during the image capture, orthogonalisation parameters and parameters used during orthophotomap composition. Spatial and spectral resolutions are crucial parameters.

- 5) The term “spectral information saturation” has been defined and calculated

Graphic orthophotomap saturation and **information orthophotomap saturation** have to be distinguished. The image component covers a full orthophotomap extent therefore no “white spots” can be found. It means that graphic orthophotomap saturation is 100 %. Symbol component graphic saturation specification is more appropriate. It was verified that the graphic saturation of the symbol component should not overcome 15 %.

Information orthophotomap saturation is defined as a number of information which can be extracted from an image or symbol component.

The author dealt mainly with information saturation of the image component. He has defined the term „**spectral information saturation of image component**“. He supposes that a pixel value is the only attribute carrying information. That pixel values represent a spectral behaviour of mapped objects. Information saturation of the image component can be assessed only in sense of spectral or textural composition of the image pixels. Textural characteristics and multiresolution segmentation have been tested to evaluate spectral information saturation.

Cartographic semiology and digital image processing:

- 6) A set of technical aspects and parameters have been described to reach effective orthophotomap interpretation. Basic rules for image and symbol components and labeling have been specified.

The author has determined appropriate spatial resolution applicable to image component used for orthophotomap composition. Optimal pixel size in terrain can be calculated as $P = 0,0001 * M$, where M means orthophotomap scale. The pixel size $P = 0,0002 * M$ is acceptable as well.

Regarding cartographic visualization, the author describes rules for image component, symbol component and labels treatment. He highlights that the image component can be **enhanced** or **suppressed**. The Image enhancement can be ensured by:

- histogram stretching to increase contrast,
- histogram adjustment to improve orthophotograph colors to reach color fidelity,
- orthophotograph sharpening using high-pass filters.

Image suppression can be ensured by:

- spatial resolution decrease,
- color to grayscale image conversion,
- orthophotograph brightness increase,
- orthophotograph smoothing using low-pass filters.

Both correction groups modify pixel values and their composition. The corrections are applied either for each pixel separately or in relation to its neighbourhood.

Radiometric corrections treat image histogram. There is a high priority to gain color balanced image without prevailing specified color causing significant color tone. General rules for histogram adjustment can be specified:

- to approach Gauss curve shape for image histograms in all three bands, one band histogram shift would result in particular color tone,
- to avoid extreme pixel values (near either 0 or 255 in 8-bit format),
- to ensure effective distribution of the whole bin,
- linear stretching or linear stretching per partes are appropriate corrections for image enhancement used for orthophotomaps production.

Radiometric corrections depend on particular objects presence on the image. It is not possible to establish specified general values applied to all image data.

Image opacity leads to the image suppression. White color is mixed with the original pixel values in specified ratio. The image component gets bright.

Symbol component is complementary to image component. Point, line and area symbols are used to represent this component. Point symbols

can represent all known groups: geometric, symbolic, picture and alphanumeric. Proper separation from the image component is crucial for point symbols readability. Orthophotomap scale influences the choice of line features to be expressed by line symbols. Adequate line thickness has to be specified. Line symbols are defined in a similar way as in case of traditional maps. It is recommended to use a symbol consisting of three particular parallel lines (two same color outlines delimiting the center line) which can be properly distinguished.

Areal symbols can be used in orthophotomaps in this way:

- areal symbols represented only by outline,
- areal symbols represented by outline and transparent filing, the outline either does not have to be more noticeable than the filing or can be avoided, transparent filing can be combined with hatching,
- areal symbols represented by outline and non-transparent filing, this possibility should be applied rarely because of high suppression of image component.

Proper **color application** and **halo effect** are the most important methods of symbol definition. Transparency effect enables combination of both image and symbol component.

Transparency is an effect when the background layer covered by a foreground layer becomes visible. This effect enables the usage of more information sources in the same area. The symbol and image component can be portrayed in one time. It is used mainly for areal symbols. Equations for symbol and image layers fusion are presented. The fusion results in a new layer with a new color representation. Optimal transparency value is about 50 % to ensure a proper balance between background and foreground layers. The transparency is used for case studies composition. During the transparency application, the author recommends to use grayscale orthophotographs because there is no change in symbols color tone but only in color saturation.

The symbol component **color** has to be solved in relation to the image component. The author delimited three automatic color determination methods. Two of them treat RGB color model, the last one HLS color model. However, due to non-homogenous image component, the methods cannot be fully applied, just consulted. Intuitive color determination is applied more often.

Halo effect (color symbol border) has a crucial importance for symbols and labels readability. Especially labels delimited by appropriate color become easily readable. Halo color is often more important than a symbol color itself. The color has to be in sufficient contrast to a symbol color. **Label-halo-background relationship has to be resolved.** Halo color should be chosen in sufficient contrast to a label color (dark label with

light halo and vice versa). Light halo on dark background delimits a dark label. The light halo and light background is not visible but dark label itself ensures its readability. In case of non-homogenous background, it is necessary always to apply halo effect. Label without halo can be used in case of purely homogenous background image component but must be in sufficient contrast to it. Halo color can be even exploited to carry thematic information.

Labels are connected to both image and symbol component. Following rules are defined for its application in orthophotomap:

- to use a reasonable number of labels to ensure orthophotomap readability and not to hide a lot of information from the image component,
- labels usage is not necessary in situation when an orthophotomap portrays a single object or settlement (labeling is carried by an orthophotomap title),
- labels should be placed horizontally,
- labels conflicts are usually solved by labels manipulation not by image component treatment,
- not to apply complicated slope fonts,
- to take care of colors specification, it is a crucial aspect for proper labels readability,
- to choose colors which do not occur on an image, lighter tones are recommended, appropriate colors for settlement labeling are yellow, orange, light brown, purple, violet and white combined with halo,
- halo should be preferred before mask,
- halo existence / absence can result in label importance enhancement / suppression,
- black color, typical for traditional maps is not suitable for orthophotomap but its usage is not excluded,
- to use blue color for hydro-labels even though its visibility is not optimal, readability must be supported by halo effect,
- all color tones can be applied for labels when halo effect is applied.

There are no specific requirements for **orthophotomap composition**. The only exception is that marginalia has to contain information about image component (spatial resolution, capture date, sensor and bands combination).

Orthophotomap construction:

- 7) Methodology of orthophotomap construction has been assembled.

The methodology can be divided into five particular phases: task, project (scheme), creation, evaluation and application. Particular production steps exist within the phases.

- 8) Case studies were solved applying theoretical specifications listed above. Two topographic and six thematic orthophotomap prototypes were composed. These can serve as templates for next orthophotomap production in the Czech Republic and as a motivation towards a professional discussion.

7.5 Discussion

Correctness of some results and ideas must be supported by practical applications. These are following:

- 1) Gridded legend creation and application
- 2) Bar legend application
- 3) Spatial resolution degradation to suppress the image component
- 4) Cartographic usage of other remote sensing materials
- 5) Other cartographic tools testing

Some results would need to be elaborated in a larger scale extending the scope of the thesis. The published results can serve as a starting point for another research, especially in the following topics:

- 1) Spectral information saturation of image component
- 2) Symbol component color specification automation
- 3) Labeling creation, its color and placement automation
- 4) Orthophotomap application elaboration

The author also wants to evoke the discussion regarding the term “orthophotomap” usage. Besides photographs, other image data belongs to remote sensing materials. All photographs are images but not all images are photographs. The question is: how to call such a cartographic product.

7.6 Conclusion

Orthophotomap was the main subject of the thesis. The main thesis aim was an evaluation of current orthophotomap production, methodology composition of the orthophotomap production, and specified issues solutions demonstrated via case studies. The thesis has answered research questions concerning the relationship between an image and

symbol component. Basic rules, techniques and methods of orthophotomap designation have been described in detail. A couple of technical parameters and procedures have been verified during the research.

It can be stated that all the predefined aims have been met. The thesis results are the author's contribution to cartography development.

The thesis highlights the huge potential of remote sensing materials usage for cartographic purposes. Imagery directly used without other classification speeds up the process of spatial information handover. However, the potential has not been researched enough yet. The author admits that some topics have just been proposed without deeper analysis. The image component was represented, in most cases, by aerial or space orthophotographs.

Orthophotomaps are currently very popular among specialists and the public. It is up to cartographers, geoinformatics and remote sensing specialists how this product will be developed. Orthophotomap can play a significant role among national mapping products. Its potential to become a basic source for a high horizontal accuracy mapping of spatial features is obvious.

ŽIVOTOPIS / CURICULUM VITAE

Jméno a příjmení: Mgr. Luboš Bělka

Adresa: 517 02, Kvasiny 226

Datum a místo narození: 20. května 1973, Rychnov nad Kněžnou

Kontakt: +420 602 268 828, lubos.belka@vghur.army.cz

Dosažené vzdělání:

- 1991-1996 (Mgr.) – Univerzita Palackého v Olomouci, matematika a zeměpis

Zaměstnání:

- 2004 – doposud – Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, výzkumný a vývojový pracovník
- 2001 – 2003 – Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška (Vojenský topografický ústav), specialista fotogrammetrie
- 1996 – 2000 – GEOS spol. s r.o. Hradec Králové, specialista GIS a fotogrammetrie

Zahraniční stáže:

- listopad 2007 – NATO School Oberammergau (Německo), NATO Imagery & IMINT Orientation Course
- květen – červenec 2005 – European Union Satellite Centre Torrejón de Ardoz (Španělsko)
- květen – červen 2003 – Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA) Toulouse (Francie), Kurz družicové kartografie

Pedagogická činnost (2007 – 2011):

- Fotogrammetrie, Katedra geoinformatiky Přírodovědecké fakulta UP Olomouc

Jazykové znalosti

Angličtina – Standardizovaný jazykový profil (STANAG) úroveň 3

CURICULUM VITAE

First name and surname: Mgr. Luboš Bělka

Address: 517 02, Kvasiny 226

Date and Place of birth: 20 May 1973, Rychnov nad Kněžnou

Contact: +420 602 268 828, lubos.belka@vghur.army.cz

Education:

- 1991-1996 (MSc.) - Palacký University, Olomouc, Math and Geography

Employment:

- 2004 – so far – Military Geographic and Hydrometeorologic Office Dobruška, senior researcher
- 2001 – 2003 – Military Geographic and Hydrometeorologic Office Dobruška (former Military Topographic Institute), photogrammetry specialist
- 1996 – 2000 – GEOS spol. s r.o. Hradec Králové, GIS and photogrammetry specialist

Foreign educational staves:

- November 2007 – NATO School Oberammergau (Germany), NATO Imagery & IMINT Orientation Course
- May – July 2005 – European Union Satellite Centre Torrejón de Ardoz (Spain)
- May – Jun 2003 – Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (GDTA) Toulouse (France), Space Cartography Course

Teaching activities (2007 - 2011):

- Photogrammetry, Department of Geoinformatics, Palacký University, Olomouc

Language skills

English – Standardized Language Profile Level 3

SEZNAM PUBLIKACÍ / SELECTED PUBLICATIONS

Recenzované články / Reviewed papers

BĚLKA, L. (2002): Summit NATO a GIS. ArcRevue, Arcdata Praha s.r.o. s. 29-31.

BĚLKA, L. (2006): Tvorba ortofotomapy v Armádě ČR. Aktivity v kartografii, Zborník referátov, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV, s. 9-18.

BĚLKA, L. (2007): Popis ortofotomap. Sborník sympozia GIS Ostrava 2007.

BĚLKA, L. (2009): Možnosti využití databáze pro uložení ortofotosnímků. Sborník Sympozia GIS Ostrava 2009. s. 1-15.

BĚLKA, L., VOŽENÍLEK, V. (2009): Interaktivní propojení DLM a DCM s využitím kartografických reprezentací v ArcGIS. Geodetický a kartografický obzor, Ročník 55 (97), číslo 9, s. 220-226.

BĚLKA, L. (2010): Technologie tvorby map MGCP Derived Graphics. Vojenský geografický obzor 1/2010. s. 26-29.

MARŠA, J., BĚLKA, L. (2008): Vojenští geografové v Afghánistánu a mapy TLM50. Vojenský geografický obzor, 51, 2008, č. 1, s. 32–36.

WILDMANN, R., BĚLKA, L., KOTLÁŘ, V. (2009): Tvorba map ze zahraničního území - MGCP Derived Graphics. ArcRevue, číslo 3/29, s. 6-9.

WILDMANN, R., BĚLKA, L., KOTLÁŘ, V. (2011): Multinational Mapmaking in the Czech Republic. ESRI ArcNews. Vol. 33 No. 1. p.18.