

**Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Kartografie, geoinformatika a dálkový průzkum Země



**Mgr. Luboš BĚLKA**

**Kartografické aspekty materiálů dálkového průzkumu Země  
Cartographic Aspects of Remote Sensing Materials**

Disertační práce

Školitel: Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Praha, 2011

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10.10. 2011

Podpis

Na tomto místě bych rád poděkoval mému školiteli Prof. RNDr. Vítu Voženílkovi, CSc. za odborné podněty, cenné rady i citlivý přístup plný kladné motivace, nejen během tvorby této práce, ale i po celou dobu trvání mého doktorského studia.

Poděkování patří též odborným konzultantům RNDr. Jaroslavu Burianovi, mjr. Ing. Jaromíru Čapkovi, Ph.D., mjr. Ing. Bohumilu Holendovi, Mgr. Oldřichu Holešínskému a Ing. Jaroslavu Řeřichovi za odbornou asistenci při řešení tematicky zaměřených případových studií.

A nakonec poděkování největší – mé nejbližší rodině – manželce Martině a dětem Elišce a Ondřejovi za trpělivost, pochopení, povzbuzení a především důvěru.

## OBSAH

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>7</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>2 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ</b> .....	<b>11</b>
2.1 Metody .....	11
2.1.1 Metody kartografické vizualizace .....	11
2.1.2 Metody dálkového průzkumu Země a digitálního zpracování obrazu .....	11
2.1.3 Metody grafické a polygrafické .....	12
2.1.4 Metody rešeršní a studium literatury .....	12
2.1.4.1 Studium české a slovenské odborné literatury .....	12
2.1.4.2 Studium zahraniční literatury .....	12
2.1.4.3 Studium kartografických děl – ortofotomap .....	13
2.2 Postup zpracování .....	14
2.3 Data .....	15
2.4 Software .....	15
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>17</b>
3.1 Vymezení pojmu ortofotomapa .....	17
3.2 Studium literatury .....	19
3.3 Studium existujících ortofotomap .....	21
<b>4 VYMEZENÍ KONCEPTU ORTOFOTOMAPY</b> .....	<b>22</b>
4.1 Pojem ortofotomapa .....	22
4.2 Topografická a tematická ortofotomapa .....	26
<b>5 OBSAH A NÁPLŇ ORTOFOTOMAPY</b> .....	<b>30</b>
5.1 Obsah ortofotomap .....	30
5.1.1 Obsah obrazové složky .....	31
5.1.1.1 Fyzickogeografické a socioekonomické prvky na ortofotosnímku .....	31
5.1.1.2 Ortofotosnímek topografické ortofotomapy .....	38

5.1.1.3	Ortofotosnímek tematické ortofotomapy .....	38
5.1.2	Obsah znakové složky topografické ortofotomapy .....	39
5.1.3	Obsah znakové složky tematické ortofotomapy .....	39
5.2	Náplň ortofotomap .....	40
5.2.1	Informační náplň obrazové složky .....	40
5.2.2	Informační náplň znakové složky .....	50
<b>6</b>	<b>ZNAKOVÝ KLÍČ ORTOFOTOMAPY .....</b>	<b>52</b>
6.1	Vyjadřovací prostředky znakové složky .....	52
6.1.1	Použití bodových znaků .....	52
6.1.2	Použití liniových znaků .....	54
6.1.3	Použití plošných znaků .....	55
6.1.4	Barevnost znakové složky ortofotomapy .....	57
6.2	Vyjadřovací prostředky obrazové složky .....	62
6.2.1	Radiometrické úpravy - práce s histogramem .....	62
6.2.2	Převod barevného snímku na černobílý .....	65
6.2.3	Filtrování obrazu - prostorové filtry .....	67
6.2.4	Průhlednost .....	71
6.2.5	Zesvětlení ortofotosnímku .....	74
<b>7</b>	<b>POPIS ORTOFOTOMAPY .....</b>	<b>76</b>
7.1	Lokalizace a identifikace popisu .....	76
7.2	Realizace popisu .....	77
7.3	Zásady tvorby popisu ortofotomap .....	83
<b>8</b>	<b>KOMPOZICE ORTOFOTOMAPY .....</b>	<b>85</b>
8.1	Základní kompoziční prvky .....	85
8.2	Nadstavbové kompoziční prvky .....	89
<b>9</b>	<b>PŘÍPADOVÉ STUDIE .....</b>	<b>90</b>
9.1	Postup tvorby případových studií .....	90
9.2	Případová studie „Topografická ortofotomapa 1“ (TOPO1) .....	92
9.3	Případová studie „Topografická ortofotomapa 2“ (TOPO2) .....	94

9.4	Případová studie „Tematická ortofotomapa 1“ (TEMA1) .....	95
9.5	Případová studie „Tematická ortofotomapa 2“ (TEMA2) .....	95
9.6	Případová studie „Tematická ortofotomapa 3“ (TEMA3) .....	97
9.7	Případová studie „Tematická ortofotomapa 4“ (TEMA4) .....	98
9.8	Případová studie „Tematická ortofotomapa 5“ (TEMA5) .....	100
9.9	Případová studie „Tematická ortofotomapa 6“ (TEMA6) .....	102
9.10	Východiska tvorby dalších případových studií při použití jiných materiálů DPZ.....	103
<b>10</b>	<b>UŽIVATELSKÉ ASPEKTY PROTOTYPŮ ORTOFOTOMAP .....</b>	<b>106</b>
10.1	Případová studie „Topografická ortofotomapa 1“ (TOPO1).....	106
10.2	Případová studie „Topografická ortofotomapa 2“ (TOPO2).....	106
10.3	Případová studie „Tematická ortofotomapa 1“ (TEMA1) .....	107
10.4	Případová studie „Tematická ortofotomapa 2“ (TEMA2) .....	107
10.5	Případová studie „Tematická ortofotomapa 3“ (TEMA3) .....	107
10.6	Případová studie „Tematická ortofotomapa 4“ (TEMA4) .....	108
10.7	Případová studie „Tematická ortofotomapa 5“ (TEMA5) .....	108
10.8	Případová studie „Tematická ortofotomapa 6“ (TEMA6) .....	108
<b>11</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>109</b>
<b>12</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>112</b>
<b>13</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>115</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>116</b>
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>121</b>

## **ABSTRAKT**

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

## **ABSTRACT**

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 visualisation 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, visualisation 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. Nejrůznější 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 (viz kapitola 4), a vektorovou nadstavbou, resp. znakovou složkou (viz kapitola 4);
- volby znakového klíče pro znakovou složku a její barevné podání;
- umístění bodových znaků znakové složky;
- parametrů kartografických znaků znakové složky;
- řešení popisu na ortofotomapě, 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 názvosloví 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 A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

### 2.1 Metody

Při řešení disertační práce byly použity čtyři základní skupiny výzkumných metod.

#### 2.1.1 Metody kartografické vizualizace

Kartografická vizualizace slouží k vyjádření prvků znakové složky. Mezi hlavní vizualizační metody patří:

- *Metoda bodových znaků* – slouží k vyjádření diskrétních objektů a jevů. Na ortofotomapách mají bodové znaky ve znakové složce v porovnání s ostatními druhy převahu.
- *Metoda liniových znaků* – slouží k vyjádření liniových objektů a jevů. Na ortofotomapách se liniové znaky používají ke zvýraznění liniových prvků zobrazených v obrazové složce nebo k zobrazení liniových prvků, které není možné obrazovou složkou vyjádřit (např. hranice, pohybové čáry, atd.).
- *Metoda areálových znaků* – slouží k vyjádření plošných objektů a jevů. Na ortofotomapách se plošné znaky používají s velkou obezřetností, protože ve značné míře zakrývají ortofotosnímek.
- *Barva* – výběr správné barevné reprezentace kartografických znaků je klíčovým aspektem čitelnosti znakové složky. V kartografii jsou používány různé barevné modely. Slocum (2005) uvádí šest existujících použitelných barevných modelů: RGB, CMYK, HSV, Munsell, HCV, HVC a CIE. Nejvíce se využívají modely RGB a CMYK.

Poznámka: Při tvorbě případových studií jsou aplikovány barvy v barevném modelu RGB a to z několika důvodů:

- o obrazová data DPZ se běžně zobrazují v barevné tříkanálové syntéze využívající model RGB,
  - o veškeré procesy týkající se digitálního zpracování obrazu jsou prováděny v barevném modelu RGB,
  - o tisk případových studií je řešen pomocí laserové tiskárny, nikoli ofsetovým tiskovým zařízením.
- *Popis mapy* – doplňuje znakovou složku, často přiřazuje sémantický význam prvkům zobrazeným v obrazové složce, má i funkci lokalizační. Při použití popisu je třeba stanovit jeho parametry (druh písma, jeho velikost, barvu, umístění, popř. obrys nebo halo)

#### 2.1.2 Metody dálkového průzkumu Země a digitálního zpracování obrazu

- *Metody geometrického zpracování obrazu* – z principu pořizování snímků se na nich vyskytuje celá řada geometrických zkreslení, tzn. umístění obrazu objektů není ve správné poloze. Nejvýraznější zkreslení, tzv. radiální zkreslení, je způsobeno vlivem středové projekce, ve které jsou snímky pořizovány v důsledku převýšení zobrazovaného terénu. Z těchto důvodů se provádí tzv. ortogonální překreslování snímků, kdy dochází k opravě polohy obrazu objektů zobrazených na tomto snímku. Z tohoto pohledu ortogonální snímek (ortofotosnímek) získává důležité vlastnosti mapy – je v celé své ploše ortogonálním průmětem zachyceného území, lze na něm měřit vzdálenosti a lze ho zobrazit v určitém měřítku v celém svém rozsahu.

- *Metody digitálního zpracování obrazu* – zahrnují manipulace s hodnotami základních obrazových bodů na úrovni jednotlivých pixelů (úpravy kontrastu) nebo ve vztahu k okolním pixelům (filtrace), popř. spektrální kombinace jednotlivých pásem.
- *Metoda objektově orientované klasifikace obrazu* – princip spočívá v segmentaci obrazu do jednotlivých shluků více pixelů a následné klasifikaci těchto objektů na základě spektrálních nebo texturálních charakteristik.

### 2.1.3 Metody grafické a polygrafické

- *Metoda převodu digitální podoby mapy na analogovou* – metoda spočívá ve vytištění digitální mapy na vhodném tiskovém zařízení. Tiskovým zařízením se pro účely tisku prototypů ortofotomap rozumí laserová tiskárna. V průběhu řešení případových studií bylo provedení nátisků testováno na třech laserových tiskárnách, z nichž byla autorem vybrána jedna s nejlepším tiskem z hlediska barevné věrnosti a ostrosti výsledné kresby.

### 2.1.4 Metody rešeršní a studium literatury

Rešerše a práce s literaturou jsou orientovány na studium publikací pojednávajících o problematice tvorby ortofotomapy, resp. o dílčích problémech řešených autorem.

#### 2.1.4.1 Studium české a slovenské odborné literatury

Autor sledoval posledních pět let příspěvky na významných akcích v oblasti kartografie a geoinformatiky (konference, semináře) a periodika zaměřená na kartografii, geoinformatiku a DPZ (Kartografické listy, Geodetický a kartografický obzor, Vojenský geografický obzor, atd.), ve kterých se zaměřil na články pojednávající o ortofotomapách. Studium literatury mělo dále za cíl zjistit existenci a použití metod kartografického vyjadřování pomocí moderních metod informačních systémů. Dále byla sledována problematika digitálního zpracování obrazu.

Autor prostudoval následující odbornou literaturu:

- Geodetický a kartografický obzor – všechna čísla ročníků 2003 až 2009
- Sborníky konference GIS Ostrava – ročníky 2004 až 2009
- Kartografické listy
- Sborníky Kartografických konferencí 2001, 2003, 2005, 2007a 2009
- Aktivity v kartografii
- ArcRevue
- GeodisNews
- GeoBusiness
- Buletiny Společnosti pro fotogrammetrii a DPZ

Cílem použití této metody bylo zejména zjistit současný stav řešené problematiky. Poznatzky jsou popsány v kapitole 3.

#### 2.1.4.2 Studium zahraniční literatury

Studium zahraniční literatury při zpracování takovéto práce je v dnešní době samozřejmostí, autor práce studoval anglicky psané publikace z oboru kartografie a DPZ, jakož i anglicky psaná periodika (např. ArcNews, PERS, atd.).

### **2.1.4.3 Studium kartografických děl – ortofotomap**

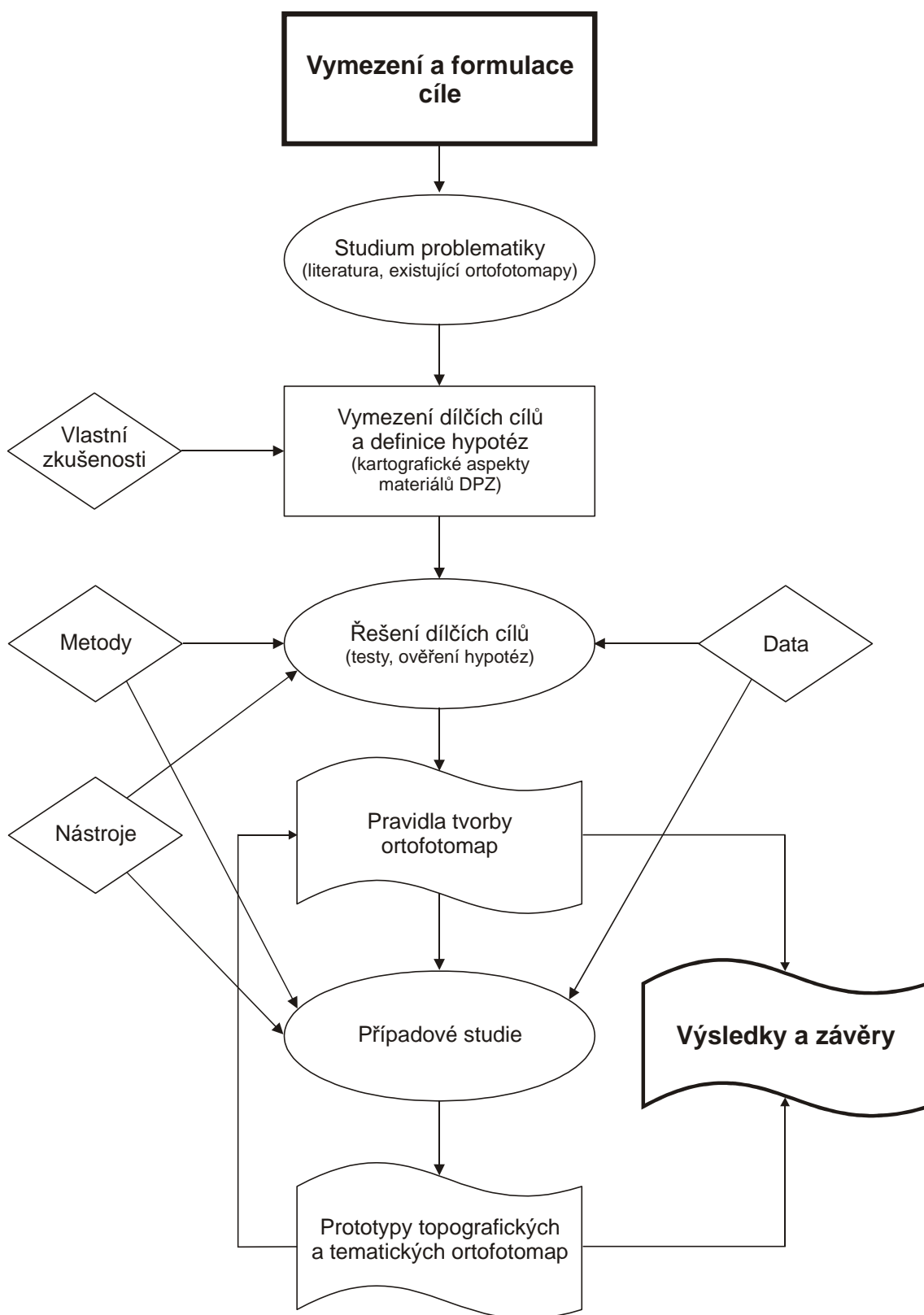
Autorem byly zakoupeny nebo jiným způsobem získány ortofotomapy v tištěné podobě. Ortofotomapy byly sledovány a hodnoceny zejména z těchto hledisek:

- radiometrická kvalita ortofotosnímku, resp. obrazové složky, barevná syntéza spektrálních pásem,
- existence, obsah a náplň znakové složky,
- kartografické vyjadřovací prostředky znakové složky,
- čitelnost znakové složky,
- geometrický soulad mezi obrazovou a znakovou složkou,
- mimorámové údaje.

Analýza existujících ortofotomap měla vliv na vytyčení okruhů dílčích problémů a otázek, na které se autor snaží odpovědět.

## 2.2 Postup zpracování

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



Obr. 2.1 Schéma postupu zpracování disertační práce

## 2.3 Data

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.

### Data pro obrazovou složku:

- letecký ortogonalizovaný měřický snímek (dále „ortofotosnímek“) v barevné syntéze v pravých barvách – výřez z bezešvé mozaiky ortogonalizovaných leteckých měřických snímků (MO ČR)
- letecký ortofotosnímek v barevné syntéze v nepravých barvách využívající blízké infračervené pásmo
- letecký černobílý ortofotosnímek – odvozený z ortofotosnímku v pravých barvách
- družicový ortofotosnímek v barevné syntéze v nepravých barvách využívající tepelné pásmo – volně dostupná data družice LANDSAT 7

### Data pro znakovou složku:

- Digitální model území 25 (DMÚ 25) – Ministerstvo obrany ČR
- Topografická mapa 1 : 25 000 – Ministerstvo obrany ČR
- Vojenská mapa České republiky 1 : 1 000 000 – Ministerstvo obrany ČR
- data katastrálních hranic a uliční sítě – Český úřad zeměměřický a katastrální
- lesnická typologická data – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů (data získána od Správy Národního Parku České Švýcarsko)
- územní plán města Náměšť nad Oslavou – Urbanistické středisko Jihlava, spol. s r. o.
- radarová data – Český hydrometeorologický ústav
- vojenská taktická data – zpracovaná na základě informací poskytnutých z Katedry vojenského managementu a taktiky Fakulty ekonomiky a managementu Univerzity obrany v Brně
- vlastní data vygenerovaná autorem práce na základě výše uvedených datových zdrojů (např. regulační místa vybraná z DMÚ 25, kódování funkčních ploch územního plánu, hranice požářiště digitalizována na podkladě leteckého ortofotosnímku v barevné syntéze v nepravých barvách)

### Data pro ostatní prvky ortofotomapy:

- Ostatní data vygenerovaná autorem práce - konstrukční prvky mapy, popis, mimorámové údaje.

## 2.4 Software

Programové vybavení slouží k vytváření případových studií na základě aplikace vytyčených teoretických postupů a hypotéz. Tyto případové studie ve formě prototypových kartografických děl slouží k otestování správnosti, vhodnosti nebo nevhodnosti vytyčených

teoretických algoritmů a postupů. 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, Definiens Professional (eCognition) a ArcGIS.

Jako stěžejní produkt autor při řešení úkolů spojených se zpracováním obrazových dat využívá Erdas Imagine, a to z několika důvodů:

- specializovaný programový produkt pro digitální zpracování georeferencovaných rastrových dat nabízející řadu vhodných a užitečných nástrojů,
- možnost tvorby vlastních algoritmů založených na rastrové algebře v modulu Modeler a pohodlné vytvoření případových studií a ověření vlastních navržených metod,
- dostupnost produktu pro autora,
- autorova detailní znalost tohoto produktu, který používá již 13 let.

Druhým produktem pro zpracování obrazových dat je Definiens Professional, a to zejména z těchto důvodů:

- jedná se o vyspělý nástroj pro objektově orientovanou klasifikaci obrazu,
- algoritmus multiměřítkové segmentace obrazu,
- dostupnost produktu pro autora,
- možnost tvorby vlastních algoritmů,
- autorova znalost tohoto produktu,

Řešení procesů spojených s kartografickou vizualizací je provedeno v ArcGIS, a to z těchto důvodů:

- možnost tvorby vlastních algoritmů,
- široká škála nástrojů umožňující kartografickou vizualizaci i tvorbu mapové kompozice,
- dostupnost produktu pro autora,
- autorova detailní znalost tohoto produktu, který používá již 8 let.

Kromě existujících funkcí autor vytvořil vlastní skripty a modely v rámci těchto komerčních programových produktů. Jedná se např. o model pro spojení ortofotosnímku a polygonových kartografických znaků při řešení využití průhlednosti.



### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Studiem české i zahraniční literatury bylo zjištěno, že dané problematice řešení tvorby i vzhledu ortofotomap v současných technologických nástrojích se nikdo systematicky a uceleně nezabýval. Za posledních 5 let nebyl v české odborné literatuře zveřejněn článek nebo širší pojednání týkající se tvorby ortofotomapy a s ní souvisejících kartografických aspektů. Výjimkou je článek Keprtové (2007) a články zpracované autorem disertační práce.

Jednotlivá dílčí témata problematiky ortofotomap byla doposud řešena odděleně. Například tematická kartografie sice má zpracované postupy tvorby velkého spektra tematických map (Kaňok, Voženílek, Slocum, Murdych, Veverka, Robinson, aj.), ovšem nezabývá se vztahem kartografických znaků a ortofotosnímku jako topografického podkladu. Stejně tak oblast DPZ a digitálního zpracování obrazu věnuje pozornost nejčastěji problematice zpracování dat z distančních metod a následnému získávání informací ze snímků, zřídka však řeší použití ortofotosnímku pro tvorbu ortofotomapy.

Při studiu české odborné literatury bylo rovněž zjištěno, že termín „ortofotomapa“ a jeho užití je často problematické až nesprávné. Tento termín je využit pro pojmenování ortogonalizovaného snímku nebo mozaiky ortogonalizovaných snímků.

#### 3.1 Vymezení pojmu ortofotomapa

V úvodu přehledu současného stavu řešené problematiky považuje autor za důležité zabývat se vymezením samotného pojmu ortofotomapa a definovat jeho obsah. V literatuře, popř. na celosvětové datové síti, se objevují různé definice, které je možné rozdělit do tří skupin.

1. Definice v rámci národně, popř. mezinárodně uznávaných standardů:

- ISO/TC211 (číslo standardu ISO 19101-2) – termín ortofotomapa (angl. orthophotomap) není součástí tohoto terminologického slovníku, je zde pouze definice ortosnímku (angl. orthoimage), *Orthoimage = image in which by orthogonal projection to a reference surface, displacement of image points due to sensor orientation and terrain relief has been removed*). Volný překlad autora: ortosnímek je snímek, na kterém je pomocí ortogonální projekce k referenční ploše odstraněno zkreslení způsobené senzorem a převýšením terénu
- Terminologická komise ČÚZK, jako státní standardizační skupina sdružující odborníky z VÚGTK, Geografické služby AČR, univerzit a soukromých firem, zařazuje do Terminologického slovníku zeměměřičství a katastru nemovitostí (Terminologická komise ČÚZK, 2011) následující pojmy:

ortofotomapa = mapa zachovávající fotografický obraz území, tvořená jedním nebo montáží více ortofotosnímků (mozaikou) a opatřená dalšími náležitostmi mapy (souřadnicovou sítí, rámem mapy, popisem mapy atd.),

ortofoto(snímek), ortogonalizovaný snímek = fotogrammetrický produkt z měřického snímku vytvořeného středovým promítáním a diferenciallyně překresleného (ortogonalizovaného) na základě znalosti výškových poměrů georeliéfu, kdy se odstraní posuny obrazu, způsobené prostorovým členěním snímaného území a vlastnostmi středového promítání; digitální postup užívá přesný digitální model reliéfu, měřický snímek se známými prvky vnější orientace a transformační vztah mezi snímkovými a geodetickými souřadnicemi.

- Vojenské standardy pro oblast terminologie v rámci obranné aliance NATO reprezentuje dokument „AAP-6(2010) Slovník termínů a definic NATO (anglicky a francouzsky)“ (MO ČR, 2010), který definuje pojem „image map“ (snímková mapa).

*„Image Map. In photogrammetry, a map made from an image or image mosaic, usually overlaid with a grid or graticule and cartographically enhanced to aid interpretation. Note: it may be in hard or soft copy format and be capable of substituting a conventional map product.“* „Snímková mapa. Ve fotogrammetrii je to mapa zhotovená z jednoho snímku nebo z mozaiky snímků, která je obvykle doplněna o rovinnou pravouhlou souřadnicovou síť nebo zeměpisnou síť, a kartograficky upravena pro potřeby interpretace. Poznámka: může být v tištěné i digitální podobě a může být schopná nahradit klasický mapový produkt.“

2. Další skupinou definic termínu ortofotomapa jsou formulace uvedené v odborné literatuře, skriptech, apod.:

- Fotomapy jsou výsledkem postupného zpracování leteckých nebo družicových snímků. Někdy se za fotomapy pokládají pouze ty, které byly vyhotoveny z ortofotosnímků – ortofotomapy. Hlavním prostředkem pro vyjádření polohopisu je zeslabený půltónový obraz překresleného snímku s jemným přetiskem barev pro odlišení ploch. Objekty, jejichž velikost na snímku neodpovídá jejich významu nebo které se dají špatně rozpoznat (popř. je na snímku není vidět vůbec), se znázorňují mapovými značkami (Čapek a kol., 1992),
- Ortofotomapa - má všechny náležitosti mapy jako měřítko, souřadnicový systém, orientaci, rámové a mimorámové údaje (Pavelka, 1998),
- Fotomapa, resp. ortofotomapa, je zvláštním typem kartografického díla kombinující letecký nebo družicový snímek a tradiční vektorovou symboliku. Jsou konstruovány tak, že na světlejší snímek jsou dotištěny kartografické znaky a popis podle znakového klíče (Voženílek, 2004).

3. Definice mající počátek z kartografického hlediska v „nevědeckých kruzích“:

- *„Orthophotographic map with contours and cartographic treatment, presented in a standard format, and related to standard reference systems.“* (University of Texas Libraries, 2011). Volně přeloženo autorem „Ortofotografická mapa s vrstevnicemi a kartografickou nadstavbou ve standardním formátu a referenčním systému.“
- *„A map made by assembling a number of orthophotographs into a single, composite picture.“* (Voigt, 1998). Volně přeloženo autorem: „Mapa vyrobená spojením určitého množství ortofotosnímků do jediného obrázku.“
- *„Orthophotomap are satellite or aerial photos georeferenced as maps.“* (Wikipedia 2011). Volně přeloženo autorem: Ortofotomapou jsou myšleny satelitní nebo letecké snímky georeferencované jako mapy.“
- „Mapa, jejíž polohopisný obsah je vyjádřen diferenciatně překresleným leteckým měřickým snímkem nebo montáží těchto snímků.“ (Encyklopedie COJECO, 2011).

Všechny výše uvedené definice lze sice považovat za laicky akceptovatelné nicméně odborně neúplné.

### **Použití pojmu „ortofotomapa“**

Výše uvedené definice demonstrují nejednotnost ve vymezení pojmu ortofotomapa. Velmi často se lze setkat s nesprávným používáním termínu ortofotomapa. Ortofotomapou je označována často mozaika ortogonalizovaných leteckých (družicových) snímků. Například v článkách firemního časopisu GeodisNews je zmiňována tzv. ortofotomapa v konkrétním měřítku. Ve skutečnosti se jedná o mozaiku ortogonalizovaných leteckých snímků v digitální

podobě, která je rozdělena na dlaždice vymezené sekčními čarami kladu map příslušného měřítka.

Durand (1996) uvádí pojmy „topographic space map“ a „thematic space map“ vztahující se k družicovým mapám. Jedná se o fotomapy nebo ortofotomapy, kde jsou obrazovou složkou ortogonalizované družicové snímky.

### 3.2 Studium literatury

První autorem zaznamenanou vyrobenou ortofotomapou na území České republiky je Ortofotomapa města Brna z roku 1930, která vznikla zpracováním leteckých snímků fotomechanickou cestou. Výsledkem je černobílá ortofotomapa části města Brna v měřítku 1 : 5 000. Její zmenšená podoba v měřítku 1 : 25 000 se stala součástí publikace *Letecká mapa zemského hlavního města Brna* od dr. A. Semeráda (Walter, 2005). Tomuto dílu chybí znaková složka, nejedná se tedy o ortofotomapu ve smyslu této práce (definice ortofotomapy viz kapitola 4). Obsahuje pouze základní mimorámové údaje (název, měřítko, autor, rok, směrovka), její digitální podobu je možné prohlížet ve webové aplikaci na adrese <http://vilemwalter.cz/mapy/>. Zajímavostí je jistě česko-francouzská dvojjazyčnost mimorámových údajů.

Článků pojednávajících o ortofotomapách a jejich tvorbě jako kartografického díla se v odborné literatuře dálkového průzkumu Země objevuje velmi málo. Daleko častěji se objevují studie týkající se vyhodnocení polohové přesnosti ortofotosnímků, popř. využití ortofotosnímků pro účely tvorby odvozených produktů (vektorové databáze, studie o vývoji krajiny v čase, atd.).

Zajímavý pohled prezentuje ve svém díle Petrie (1977). Obsah příspěvku popisující přípravu ortofotosnímku je poplatný době vydání tohoto pojednání. Popsány jsou metody analogové produkce, které se již nepoužívají. Ve dvou odstavcích se však, i když ne příliš podrobně, věnuje aspektům tvorby ortofotomap. Zmiňuje důležitost vložení kartografické nadstavby (znakové složky), jejíž náplň je odvislá od účelu použití. Autor dále zmiňuje vkládání vrstevnic, jejich množství a barevné podání. Dotkl se též umístění, množství a barevného podání popisů, jakož i správné interpretaci stínů objektů (opačná orientace než je v současnosti zvykem). Vymezuje tedy některé problémy, které budou řešeny v této práci, ovšem bez návrhu řešení.

O porovnání čitelnosti a vytěžitelnosti tradiční topografické mapy a ortofotomapy se pomocí výzkumu veřejného mínění pokusil Smith (1977). Sestavil test, jehož otázky byly rozděleny do dvou základních částí. Zvláštní skupinou otázek v úvodu testu zjišťuje „gramotnost při práci s mapou“. Hlavní část testu obsahuje otázky ze čtyř tematických okruhů: výpočet množství objektů vybrané části mapy, vyhledání objektu na mapě a určení jeho polohy, kontrola existence objektu zobrazeného určitým znakem na mapě a srovnání znaků s odpovědí ve formě pravda/nepravda. Cílovou skupinou respondentů byli univerzitní studenti, z nichž pouze jedna třetina byli studenti geografie a kartografie. Měřítko obou map bylo 1 : 25 000. Počítány byly správné odpovědi v jednotlivých částech vztažené k maximálnímu počtu otázek, následně byly prováděny statistické analýzy. Autorovým závěrem je, že neexistuje významný rozdíl v úspěšnosti provádění vybraných úkolů, zadávaných formou otázek v testu, nad topografickou mapou a ortofotomapou. Byla však nalezena pozitivní závislost mezi existující zkušeností při práci s tradiční mapou a využitím „nové formy mapy“, tzn. ortofotomapy.

Jedním z mála pojednání z českých odborných kruhů je článek Falta (2002), který se zamýšlí nad požadavky při tvorbě ortofotomapy zejména ve vztahu k následnému účelu jejího využití. Ortofotomapou je v tomto článku myšlena mozaika ortogonalizovaných snímků dělená na jednotlivé dlaždice (např. po sekčních čarách kladu mapových listů). Autor definuje sadu kvalitativních ukazatelů, které je třeba brát v úvahu při pořizování leteckých měřických snímků a jejich následném zpracování do podoby ortofotomapy, přičemž se orientuje zejména na potřeby veřejné správy. Jedná se o období (doba) snímkování, čas letu, snímkovací

zařízení, typ snímkaného území, měřítko snímků, geometrická přesnost, barevná vyrovnanost, účel využití. Autor poukazuje na možné chyby ortofotomap, zejména geometrickou nepřesnost a radiometrickou nehomogenost. Článek nepokrývá problematiku umístění vektorové nadstavby (znakové složky, viz kapitola 4) nad ortofotosnímek a řešení jejich vzájemného vztahu.

O využití obrazových dat dálkového průzkumu Země při tvorbě kartografických produktů pojednává Kepřtová (2007). Autorka analyzuje a hodnotí způsoby kartografického vyjadřování na kartografických produktech, jejichž součástí jsou obrazová data. Autorka poměrně stručně zmiňuje způsoby vizualizace kartografické nadstavby, použití jiné barevnosti a způsobu vyjadřování než na klasických mapách. Zmíněna je rovněž důležitost použití popisu, který dle autorky je stěžejním prvkem při zobrazení dat s vysokým rozlišením v některých měřících. Obrazová data jsou hlavním tématem u dat s velmi vysokým rozlišením. Se zmenšujícím se rozlišením obrazových dat dle autorky ustupují obrazová data do pozadí. V závěru příspěvku je diskutováno označení takových kartografických produktů, dle autorky použití termínu „mapa“ pro tento typ kartografických produktů zůstává stále otázkou.

Jiné články pojednávajících o ortofotomapách autor v české odborné literatuře nezjistil.

Dle Lillesanda a Kiefera (2004) ortofotosnímky sami o sobě neposkytují topografické informace. Můžou být však použity jako základ, na který jsou umístěny vrstevnice, přičemž vzniká tzv. *topografická ortofotomapa*. Zobrazení polohopisu zajišťuje ortofotosnímek, výškopisných informací vrstevnice.

Při práci se snímky za účelem jejich vhodné přípravy k výrobě ortofotomapy autor vycházel ze stěžejní publikace dálkového průzkumu Země Lillesand a Kiefer (2004), kde je velice podrobně popsáno digitální zpracování obrazu.

Lillesand a Kiefer (2004) používají termín „image enhancement“ (česky zvýraznění snímku), který definují jako zlepšení vizuální interpretovatelnosti obrazu zvýšením rozdílů mezi jednotlivými prvky zachycenými na snímku. Existují tři základní skupiny technik zvýraznění obrazu: radiometrické korekce (neboli manipulace s kontrastem), prostorové manipulace (filtry) a manipulace se spektrálními pásmy:

- manipulace s kontrastem: práce s histogramem a tvorba odvozeného histogramu, roztažení histogramu (lineární, nelineární), zlepšení čitelnosti, odstranění „závoje“, zesvětlení obrazu (pokud velké znamenající potlačení snímku a zvýraznění nadstavby),
- prostorové filtry: změna hodnoty pixelu na základě hodnot okolních pixelů znamenající zostření obrazu nebo rozostření obrazu (odstranění šumu), zvýraznění hran, vysokofrekvenční a nízkofrekvenční filtry = průchod filtrační matice (kernel) obrazem a výpočet nových hodnot pixelů,
- spektrální manipulace: zpracování obrazu více spektrálních pásem najednou, zvolení vhodné kombinace spektrálních pásem, patří sem i hlavní komponenty, poměrové snímky, vegetační indexy, HLS transformace barevného prostoru (využito při hledání barevnosti znakové složky) - tón, intenzita, sytost - výhodou možnost manipulace každé složky modelu nezávisle na ostatních, např. zvýšení kontrastu může být provedeno změnou intenzity bez změny tónu a sytosti (na rozdíl od modelu RGB, kde změnou kontrastu se mění i tón).

V odborné kartografické literatuře je věnováno ortofotomapám rovněž poměrně málo pozornosti a prostoru. Robinson (1995) o nich pojednává v pouhém jednom odstavci. Ortofotomapy definuje jako mozaiku ortofotosnímků přetištěnou mapovými symboly. Dále pak zdůrazňuje využití výhod fotografie za použití stejného měřítka v celé své ploše. Nerozebírá však vůbec vzájemný vztah ortofotosnímku a nadstavby.

Další stěžejní kartografická díla současnosti se ortofotomapou jako takovou nezabývají vůbec. Je tak zřejmé, že při řešení tohoto tématu nebylo prakticky na co navázat. Při studiu a použití kartografických metod vyjadřování a při řešení kartografických problémů se autor držel stěžejní zahraniční kartografické literatury současnosti - Robinson (1995), Slocum (2005) a pojetí českých kartografů Voženílka (2004, 2011) a Veverky (2001).

Barva popisu a jeho čitelnost je popsána v Robinson (1995). Čitelnost písma závisí na hodnotě kontrastu mezi písmem a podkladem. Přiblížením hodnoty tónu obou složek se viditelnost snižuje. Obecně čitelnost je zajištěna při velkém kontrastu mezi písmem a podkladem. Problematika písma a jeho čitelnosti na ortofotomapách je rovněž řešena v rámci této disertační práce (viz kapitola 7).

Jedním z hlavních problémů, který je v disertační práci analyzován, je vztah mezi mapovým znakem, resp. popisem, a podkladem, tzn. ortofotosnímkm (viz kapitoly 6 a 7). Autor nenašel jedinou studii, kde by tento problém byl řešen systematicky. Bylo tedy nutné soustředit se na kartografickou odbornou literaturu, nastudovat obecná pravidla platná při tvorbě map a pokusit se je aplikovat, popř. modifikovat, nebo zcela vyvrátit a použít nové postupy. Z tohoto pohledu je důležitá kapitola věnující se návrhu vzhledu map (Cartographic Design) a kapitola popisující využití barev a vzorů při návrhu mapových znaků a jejich vztah k podkladu (Color and Pattern Use).

V kapitole „Cartographic Design“ vymezuje Robinson tři základní grafické prvky (body, linie, plochy). Pro jejich rozlišení při vyjádření kvalitativních nebo kvantitativních jevů se používá sada tzv. primárních vizuálních proměnných (tvar, velikost, orientace, odstín, jas, sytost) a sekundárních vizuálních proměnných (rozmístění, vzorek a orientace vzorku). Slocum (2005) rozšiřuje sestavu grafických prvků o tělesa a nedělí vizuální proměnné na primární a sekundární. Jsou zde rozebírány rovněž principy návrhu mapových znaků z pohledu čitelnosti a vizuálního kontrastu mezi znakem a podkladem. Důležitým aspektem čitelnosti je velikost, přičemž je uvedena tabulka minimální velikosti znaku ve vztahu ke vzdálenosti při jeho čtení. Kromě velikosti znaku je důležitý rovněž kontrast mezi jednotlivými znaky, popř. mezi znakem a podkladem. Kontrast je základem viditelnosti znaků.

V kapitole „Color and Pattern Use“ je diskutováno využití barev a vzorů pro návrh kartografických znaků, zejména ve vztahu k podkladu. Kromě toho je zde řešen kontrast mezi kartografickým znakem a podkladem za účelem zvýšení čitelnosti.

### 3.3 Studium existujících ortofotomap

Ze studia vyrobených ortofotomap lze vyvodit následující charakteristiky:

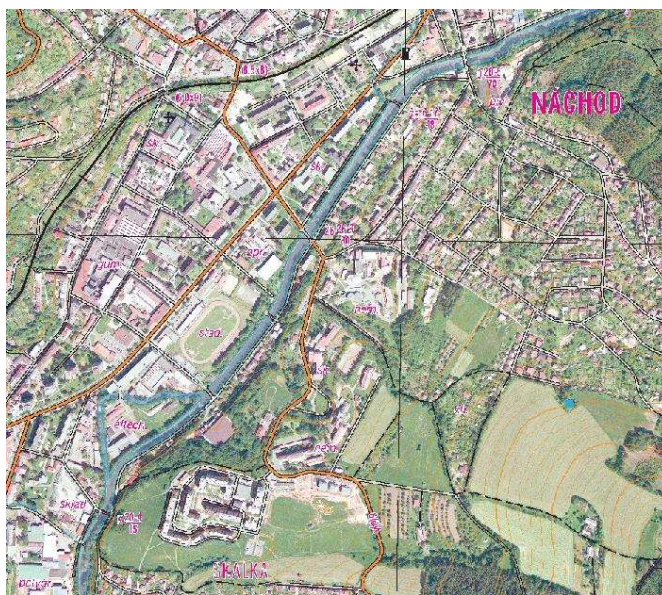
- ortofotomapy jsou sestavovány pro odborníky i laickou veřejnost,
- publikovány jsou jednotlivé ortofotomapy i atlasy ortofotomap,
- náplň znakové složky je proměnlivá,
- plošné kartografické znaky se používají minimálně,
- radiometrická kvalita ortofotosnímků bez viditelných barevných rozdílů při spojování do mozaiky ortofotosnímků je na velmi dobré úrovni.

## 4 VYMEZENÍ KONCEPTU ORTOFOTOMAPY

### 4.1 Pojem ortofotomapa

V disertační práci je pojem **ortofotomapa** chápán jako **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 (obecně obrazové složky) stala ortofotomapa, musí získat tři nezbytné atributy: kartografické zobrazení, měřítko a znakovou složku ve smyslu jazyka mapy.

Obsah mapového pole ortofotomap je možné rozdělit na dvě složky: **obrazovou složku a znakovou složku**. Obrazovou složku nejčastěji představuje ortogonalizovaný letecký (družicový) snímek neboli ortofotosnímek, z obecnějšího pohledu ji však mohou 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. Způsob použití obou složek a jejich vzájemné sladění je ovlivněno cílem a účelem, za kterým se ortofotomapa vyrábí. Na těchto výsledcích kartografické činnosti (ortofotomapách) lze najít vzájemně shodné, ale i diametrálně rozdílné aspekty, podle kterých je lze následně dělit. Autor se při vymezení konceptu snaží vysvětlit a obhájit rozdělení ortofotomap na dvě základní skupiny. Současně zavádí pro českou odbornou literaturu nové termíny: **topografická** a **tematická ortofotomapa** (obr. 4.1 a 4.2).



Obr. 4.1 Topografická ortofotomapa (Ortofotomapa 1 : 10 000, VGHMÚř Dobruška)



Obr. 4.2 Tematická ortofotomapa (Ortofotomapa Vysoké Tatry 1 : 20 000, VKÚ Harmanec)

Snímky, ze kterých se po procesu ortogonálního překreslení stávají ortofotosnímky, lze dělit dle různých hledisek, přičemž použití různých druhů snímků ovlivňuje jejich použití při tvorbě ortofotomap a zásadně mění přístup ke klasifikaci těchto ortofotomap. V současné době většina obrazových záznamů (snímků) vzniká za použití zařízení, tzv. senzorů, přímo v digitální podobě. Senzory pořizující snímky lze rozdělit na aktivní a pasivní. Snímky vznikající pomocí pasivních senzorů zachycují a kvantifikují elektromagnetické záření určitých vlnových délek odražené od objektů zemského povrchu. Tyto snímky se nazývají optické a je možné je dále dělit podle toho, na které vlnové délky jsou pasivní senzory citlivé. Oproti tomu aktivní senzory emitují elektromagnetické záření předem definovaných vlnových délek směrem k mapovaným objektům a následně zaznamenávají odražené záření od těchto objektů. Příkladem jsou radarové snímky.

Pasivní senzory mohou být citlivé k jednomu nebo více intervalům elektromagnetického spektra. Pokud je senzor citlivý pouze k jednomu intervalu spektra, výsledkem snímání je tzv. panchromatický (černobílý) snímek. Pokud je senzor schopen zaznamenat elektromagnetické záření ve více intervalech (pásmech), hovoří se o multispektrálním snímku. Multispektrální snímky pořizené pasivními senzory lze z hlediska citlivosti těchto zařízení k předem vymezené části elektromagnetického spektra dělit na optické snímky ve viditelném spektru a mimo viditelné spektrum (např. v oblasti blízkého infračerveného nebo tepelného pásma). Optický snímek pořizený ve viditelném spektru senzorem, který rozlišuje modrou, zelenou a červenou část elektromagnetického spektra, je reálným obrazem krajiny v okamžiku jeho pořizení. Barevné pojetí, resp. radiometrie, těchto snímků je identické nebo velmi blízké interpretaci barevnosti lidským okem. Těmto snímkům, resp. ortofotosnímům, bude v disertační práci věnován největší prostor a při tvorbě případových studií jsou využity nejvíce. Z hlediska barevnosti se jedná o věrné zachycení krajiny snímaného území, lze ho tedy považovat za srozumitelný obraz reality. Lze číst polohopis (topografii) území, rozmístění a vzájemné vazby objektů. Některé objekty však číst nelze nebo zjištění informací o nich může být pomalé i nepřesné.

Jedná se o následující situace:

- informace (objekt) je zakryta, překryta jiným objektem - snímky jsou pořizovány centrální projekcí, jež způsobuje sklon objektů směrem od středu projekce, tzv. radiální posun (obr. 4.3). Se zvyšující se vzdáleností objektu od středu projekce

a zvyšující se výškou objektu je tento náklon větší. Uklánějící se objekty následně mohou zakrývat jiné objekty, s těmito sousedící (např. strom, most). Při překreslení snímku do ortogonální projekce se obvykle posun vrcholů ukloněných objektů do správné polohy neprovádí, polohově správně je umístěna pouze pata těchto objektů.



Obr 4.3 Radiální posun objektů (uklánějící se výškové budovy zakrývají sousední objekty)

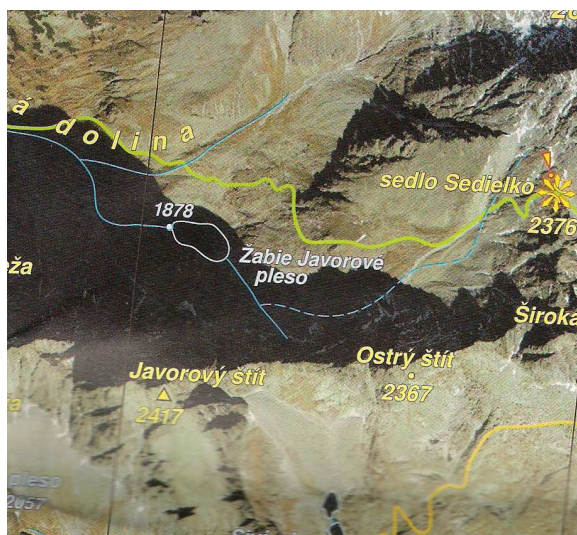
- souvislý vegetační pokryv zakrývá objekty ležící pod ním, např. lesní porosty zakrývají cesty a vodní toky těmito areály probíhající (obr. 4.4);



Obr 4.4 Zakrytí objektů vodstva a komunikací souvislým vegetačním pokryvem

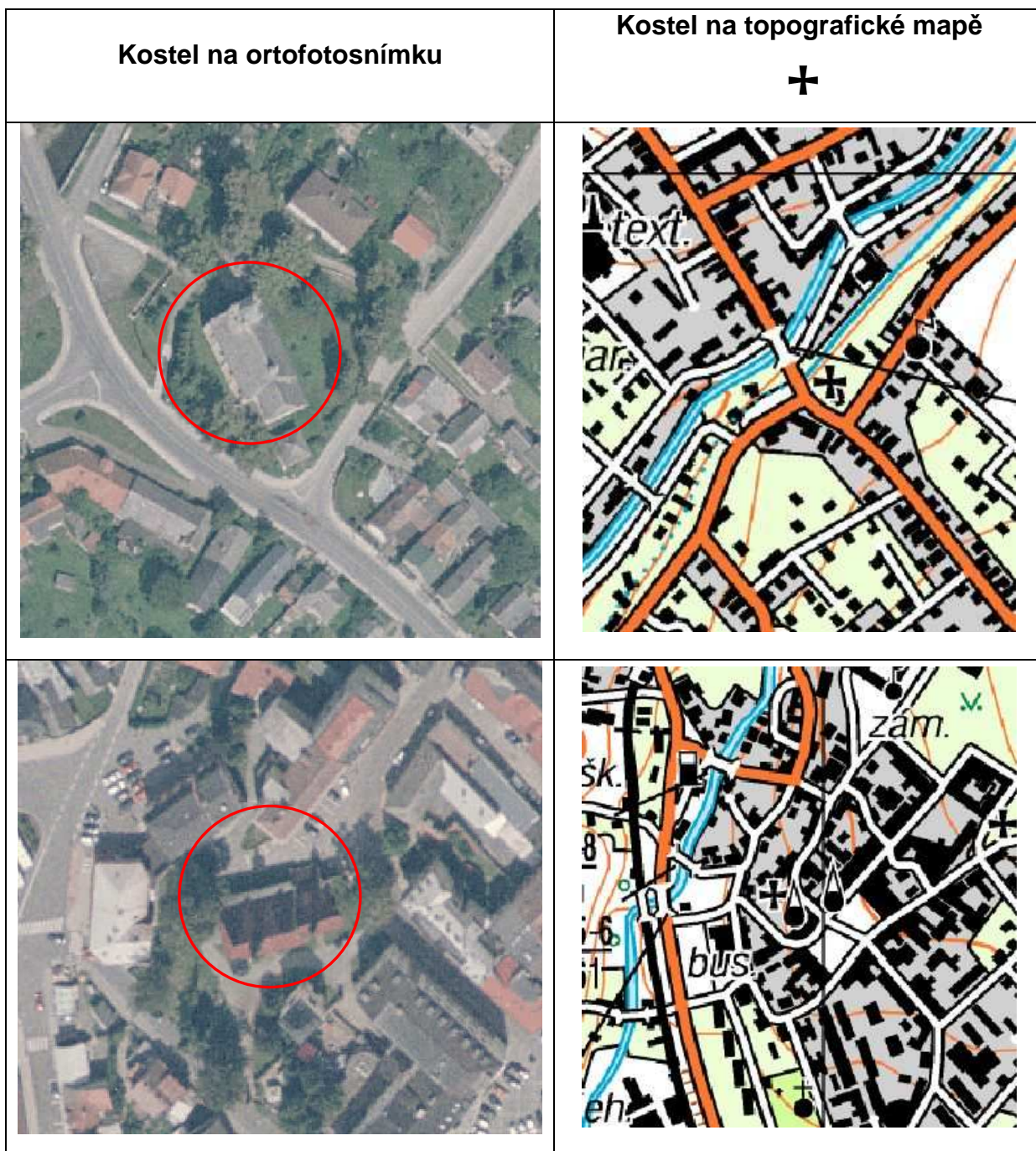
- objekt není součástí obrazového záznamu (zobrazení reality), např. administrativní hranice nebo prvky výškopisu (výškové kóty, vrstevnice) (viz rovněž obr. 4.4);
- objekt se nachází ve stínu jiných objektů, obr. 4.5 demonstruje situaci, kdy není možné z ortofotosnímku identifikovat jezero nacházející se ve stínu horského masívu, proto je toto jezero zobrazeno ve znakové složce obrysem v modré barvě;





Obr. 4.5 Omezená čitelnost objektů ve stínech

- velikost objektu je pod rozlišovací schopností ortofotosnímku a objekt tak není možné identifikovat - jedná se zejména o bodové objekty (památníky, vodojemy, apod.);
- z ortofotosnímku není možné zjistit sémantický význam objektů, přiřazení sémantického významu objektu, který je součástí obrazového záznamu, lze provést pouze pomocí kartografického znaku ve znakové složce. Například budovu lze vidět na ortofotosnímku, ale není možné identifikovat typ budovy (nemocnice, škola, kostel). V tomto případě nastává situace, kdy objekt je v ortofotomapě vyjádřen dvakrát: na ortofotosnímku jako zachycení reality a pomocí kartografického znaku, který přiřazuje tomuto objektu další informace;
- objektům zobrazeným na ortofotosnímku chybí popis;
- objekty stejného sémantického významu, které jsou v mapách znázorněny jedním znakem, mají na ortofotosnímku odlišné obrazy, což zpomaluje čtení ortofotosnímku (obr. 4.6);



Obr. 4.6 Porovnání objektů stejného sémantického významu zobrazených na ortofotosnímku a topografické mapě

- objekty zobrazené na ortofotosnímku nemají kvalitativní atributy.

## 4.2 Topografická a tematická ortofotomapa

Z reality není v obrazové složce, resp. Ortofotosnímku, vyjádřeno vše, a je ji proto nutno přiměřeně doplnit znakovou složkou, která zobrazuje vybrané (podle účelu ortofotomapy) informace. Jedním z významných geografických produktů jsou topografické nebo též základní mapy se všeobecným obsahem určené pro všeobecné užití, např. pro plánování a projektování, navigaci a orientaci i jako podklad pro tvorbu tematických map a jiných geografických produktů. Obdobně lze nadefinovat všeobecně použitelnou ortofotomapu. Tento druh produktu, vzájemně se doplňující ortofotosnímek (obrazovou složku) se znakovou složkou zobrazující všeobecně použitelné geografické objekty a informace označuje autor pojmem „**topografická**

**ortofotomapa**“. Podrobněji o tomto produktu pojednává kapitola 9, případové studie TOPO1 a TOPO2.

Oproti tomu tematická mapa je účelové speciální kartografické dílo, s přednostně vymezenou tematikou v rozsahu jednoho nebo skupiny obsahových prvků, přičemž ostatní prvky mohou být potlačeny nebo vynechány. Analogicky lze vymezit termín **tematická ortofotomapa** jako kartografické dílo využívající ortofotosnímek a zobrazující jeden nebo více tematických prvků. Tematický obsah může zobrazovat obrazová nebo znaková složka. Podrobněji o tomto produktu pojednává kapitola 9, případové studie TEMA1 až TEMA6.

Lze uvést několik příkladů, kdy se uvažuje výskyt vybraného tématu v ortofotosnímku (např. snímky v blízkém infračerveném pásmu se využívají při sledování vegetace a jejího zdravotního stavu, termální snímky k rozlišení městských aglomerací a mapování ohnisek požáru nebo tepelného vyzařování zemského povrchu, radarové snímky k zobrazení vlhkosti půdy, snímky v blízkém a středním infračerveném pásmu k mapování hornin a minerálů, apod.). Tematická informace je poskytována ortofotosnímkiem v jeho původní neklasifikované podobě (viz kapitola 9, případové studie TEMA3 a TEMA5).

Je zřejmé, že ortofotosnímek použitý k tematickému mapování je obvykle pořízen ve více pásmech a v jiném než viditelném spektru (např. blízké infračervené, střední infračervené nebo termální pásmo) a je zobrazen jako třípásmová kombinace v tzv. nepravých barvách. Tyto barevné kombinace v jiných než přirozených barvách nejsou často uživateli příliš známé, je tedy nutné uvést informace v mimorámových údajích (např. v legendě) napomáhající správné interpretaci mapovaného jevu. Použití nepravých barev pro tematické mapování však nemusí být pravidlem. Ke sledování vybraného tématu se sice příliš nepoužívají snímky v pravých barvách nebo černobílé snímky, jejich používání v tematickém mapování však nelze vyloučit. Jako příklad lze uvést situaci, kdy se pořizuje snímek v pravých barvách nebo černobílý snímek záměrně v době výskytu nějakého objektu nebo jevu v krajině, který má být zvýrazněn (např. záplavy a jiné živelní pohromy, výskyt určitého druhu živočichů v oblasti, apod.).

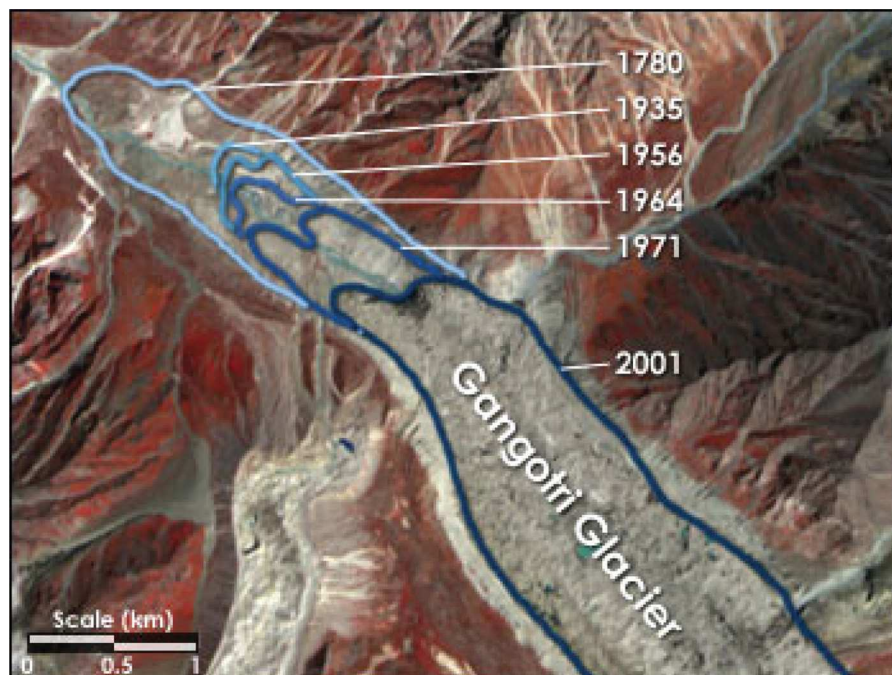
Znaková složka na těchto tematických ortofotomapách může být použita jako kostra mapy (např. říční síť, hlavní komunikace, popis sídel, atd.) usnadňující rychlou lokalizaci a snadnou orientaci v území. V tomto případě není nutné pomocí znakové složky vyjádřit všechny informace, které není možné získat z ortofotosnímku.

Opačná situace nastává v případě, kdy nosným zdrojem tematické informace je znaková složka a ortofotosnímek poskytuje pouze doplňkové informace většinou topografického charakteru. Jako příklad lze uvést turistickou ortofotomapu, kde na podkladě barevného ortogonalizovaného snímku je zobrazena tematická nadstavba v podobě značených turistických tras, informačních center, hotelů, občerstvení, autobusových a vlakových zastávek a jiných turisticky zaměřených informací (obr. 4.2). U takového typu tematických ortofotomap se předpokládá použití barevných ortofotosnímků ve viditelném spektru. Ortofotosnímek je pouze doplňkovým podkladem a nedoporučuje se komplikovat obsah této ortofotomapy a její čitelnost jinou barevnou kombinací v nepravých barvách. Vhodné je též použití černobílých ortofotosnímků, čímž lze tento topografický podklad v podstatě potlačit a vhodným použitím barev zvýraznit znakovou složku (viz kapitola 9, případové studie TEMA1, TEMA2 a TEMA4).

Vzhledem k tomu, že znaková složka je nositelem tématu, dá se předpokládat její výskyt ve větším množství, čímž nastává celá řada „konfliktů“ ve vztahu k ortofotosnímku. Tyto problémy vzájemného vztahu mezi ortofotosnímkiem a znakovou složkou budou diskutovány v kapitolách 5 až 7.

Stejně jako u klasických map není ostrá hranice mezi topografickým podkladem a tematickou nadstavbou, tak u tematických ortofotomap je někdy velmi obtížné určit, ve které složce se nachází tematická nadstavba a co je topografickým podkladem. Pro vyjádření

mapované tematiky slouží obě složky, příkladem jsou ortofotomapy zobrazující vývoj mapovaného jevu v čase. Například na ortofotomapě znázorňující pohyb ledovce ortofotosnímek zobrazuje aktuální stav k datu pořízení snímku a znaková složka v podobě linií ukazuje rozsah ledovce k určitým historickým datům (viz obr. 4.7) (zdroj: [http://www.informaworld.com/ampp/image?path=/713722504/791671792/tres\\_a\\_240732\\_o\\_f0005g.jpeg](http://www.informaworld.com/ampp/image?path=/713722504/791671792/tres_a_240732_o_f0005g.jpeg)). Jiným příkladem je vývoj osídlení města, kdy aktuální ortofotosnímek znázorňuje rozsah zastavěných oblastí, liniemi jsou pak znázorněny hranice města k určitým historickým datům. V případové studii TEMA5 ortofotosnímek v barevné kombinaci v nepravých barvách s použitím blízkého infračerveného pásma poskytuje primární tematickou informaci (zdravotní stav lesa), zatímco znaková složka v kombinaci s popisem poskytuje sekundární tematickou informaci (lesnická typologie).



Obr. 4.7 Tematické informace v ortofotosnímku i znakové složce

Obecně, bez ohledu na typ ortofotomapy, se dá konstatovat, že se vždy pracuje se dvěma zdroji informací. Ortofotosnímek znázorňuje realitu v době jeho pořízení, z objektivních příčin uvedených výše však některé informace chybí. Důležité však je, že množství informací a jejich lokalizace (v případě použití správných geometrických korekcí snímku) odpovídá realitě. Oproti tomu znaková složka je již abstrakcí reality, kdy lze prvky zjednodušovat a vybírat na základě předem stanovených pravidel - je možné provádět proces generalizace. Správné sladění obou složek pak představuje hlavní úkol při tvorbě tohoto kartografického produktu.

V této kapitole byly tedy vymezeny dva základní termíny: topografická ortofotomapa a tematická ortofotomapa.

**Topografická ortofotomapa** je všeobecnou mapou, která používá jako hlavní zdroj informací ortofotosnímek. Znaková složka se používá pro ty objekty, které tento ortofotosnímek není schopen z výše uvedených důvodů zachytit nebo které je nutno zdůraznit. Co se týče ortofotosnímku, očekává se použití buď černobílého, nebo barevného v pravých barvách, který je z uživatelského hlediska čitelný nejnepříjemněji. Příkladem z této skupiny mohou být ortofotomapy měst nahrazující plány měst, kde znakovou složkou je popis uliční sítě (viz kapitola 9, případová studie TOPO2). Jiným příkladem jsou ortofotomapy v podstatě suplující topografické mapy, kdy od těchto map přebírají měřítko i znakový klíč (viz kapitola 9, případová studie TOPO1). Na základě studia literatury a z vlastní zkušenosti autor konstatuje,

že topografických ortofotomap používajících optické snímky ve viditelném spektru nebo černobílé snímky je naprostá většina.

**Tematická ortofotomapa** je tematicky zaměřenou mapou, ve které je nositelem tématu buď ortofotosnímek nebo znaková složka. V případě, že zdrojem tematických informací je ortofotosnímek, nejčastěji se používá barevná kombinace v nepravých barvách (viz kapitola 9, případové studie TEMA3 a TEMA5). Znaková složka tvoří kostru mapy napomáhající ke snadné orientaci v mapovaném území. Pokud je hlavním zdrojem tematických informací znaková složka, ortofotosnímek tvoří topografický podklad, který ustupuje do pozadí (viz kapitola 9, případové studie TEMA1, TEMA2 a TEMA4). Používá se obvykle černobílý ortofotosnímek nebo barevná kombinace v pravých nebo jim velmi blízkých barvách. Nežádá se však ostrá hranice mezi topografickým podkladem a tematickou nadstavbou. Tematickou informaci pak poskytuje obrazová i znaková složka.

## 5 OBSAH A NÁPLŇ ORTOFOTOMAPY

### 5.1 Obsah ortofotomap

Obsah map zahrnuje všechny objekty, jevy a jejich vztahy, které jsou v mapě kartograficky znázorněny. V soudobé kartografii se člení prvky obsahu map podle jejich původu, charakteru a významu na (Voženílek, 2011):

- konstrukční (dříve označované jako matematické) prvky, které tvoří konstrukční základ mapy:
  - kartografické zobrazení (včetně kartografické sítě),
  - geodetické podklady (bodové pole),
  - měřítko mapy,
  - souřadnicové sítě,
  - rám mapy,
  - klad listů,
  - kompozice mapy;
- fyzickogeografické prvky, vyjadřující fyzickogeografickou sféru:
  - vodstvo (oceány, moře, řeky, jezera, průplavy, vodopády apod.),
  - georeliéf (výškopis, terénní hrany, kóty, apod.),
  - vegetační pokryv (les, tundra apod.),
  - půdy,
  - další přírodní složky krajinné sféry (teplota, směr migrace zvířat apod.);
- socioekonomické prvky, vyjadřující socioekonomickou sféru:
  - sídla,
  - komunikace (pozemní, letecké, námořní i dorozumívací apod.)
  - průmyslové, zemědělské, dopravní a jiné socioekonomické jevy a objekty,
  - hranice (politické a správní),
  - další výtvořiny lidské činnosti;
- doplňkové a pomocné prvky, doplňující obsah mapy v rámu i mimo něj:
  - popis,
  - legenda a vysvětlivky,
  - tiráž,
  - veškeré doplňující informace na mapovém listu.

Stejně členění obsahu lze zavést u prvků obsahu ortofotomap. O jednotlivých skupinách prvků bude podrobněji pojednáno s odkazy na praktické ukázky zejména v podobě případových studií. Kompozičním prvkům je věnována samostatná kapitola 8 a popisu ortofotomap pak kapitola 7.

Doplňkové prvky ortofotomap je možné rozdělit na dvě skupiny:

- prvky totožné s prvky tradičních map – název mapy, číselné a grafické měřítko, lokalizační diagram, informace o použitém kartografickém zobrazení, legenda, tirážní údaje, atd.
- prvky specifické pro ortofotomapy - informace o ortofotosnímku (senzor, prostorové rozlišení, použitá spektrální pásma, datum pořízení, úroveň zpracování), tematická legenda, atd.

Obsah topografických ortofotomap tvoří polohopis a výškopis. Polohopis je obsažen v obrazové i znakové složce, kdežto výškopis lze na ortofotomapě vyjádřit pouze pomocí znakové složky (viz například kapitola 9, případová studie TOPO1), v některých případech ho lze uvést ve zjednodušené podobě do vedlejšího mapového pole (viz kapitola 9, případová studie TOPO2). Obsah tematických ortofotomap tvoří topografický podklad a tematický obsah. Topografický podklad je převážně součástí obrazové složky, není však vyloučeno jeho znázornění aspoň zčásti pomocí znakové složky nebo pomocí popisu. Tematický obsah tematických ortofotomap může být součástí buď obrazové (viz kapitola 9, případová studie TEMA3) nebo znakové složky (viz kapitola 9, případové studie TEMA1, TEMA2 a TEMA3), popř. obou najednou (viz kapitola 9, případová studie TEMA5). V kapitole 5 je pozornost věnována především fyzickogeografickým a socioekonomickým jevům, které lze zaznamenat v ortofotosnímku i ve znakové složce.

### 5.1.1 Obsah obrazové složky

Obsah i náplň ortofotomapy je determinován schopností rozeznání objektů v obrazové složce, resp. v ortofotosnímku. Nejdůležitějším parametrem ovlivňujícím tuto skutečnost je prostorové rozlišení neboli velikost pixelu. Stanovení optimální velikosti pixelu ortofotosnímku pro tvorbu ortofotomapy určitého měřítka je popsáno v kapitole 8.1.

#### 5.1.1.1 Fyzickogeografické a socioekonomické prvky na ortofotosnímku

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 na ortofotomapě je ovlivněn:

- **parametry pořizování snímku**

Ortofotosnímky jsou překreslovány ze snímků, které si nesou určité kvalitativní parametry vyplývající ze způsobu jejich pořizování. Základním parametrem snímku, ovlivňujícím jeho obsah, je *prostorové rozlišení*. Při digitálním zpracování snímků je prostorové rozlišení možno charakterizovat velikostí pixelu, který je základním elementem digitálního snímku. Digitální snímek může vzniknout dvěma způsoby: buď primárním použitím digitálních senzorů přímo určených k pořizování snímků, nebo sekundární digitalizací (skenováním) analogových snímků. Velikost pixelu primárně pořizovaného snímku v digitální podobě je ovlivněna typem použitého senzoru a jeho nosiče. Prostorové rozlišení se odvíjí od toho, jak je digitální senzor schopen zaznamenat prostorový detail a jak malý objekt lze rozeznat na zemském povrchu

a schopnost jeho odlišení od okolních objektů. Nosičem digitálních senzorů mohou být letadla nebo družice. V letecké fotogrammetrii se nejčastěji používají velkoformátové digitální kamery využívající tzv. CCD (Charge Coupled Device) - matici slouženou z miliónů čidel zaznamenávajících elektromagnetické záření, které je následně kvantifikováno a zaznamenáváno v číselné podobě v předem stanoveném rozsahu hodnot udávaném v bitech (mocnina 2). Počet čidel a jejich velikost je neměnnou veličinou takového senzoru, stejně jako ohnisková vzdálenost.

Při pořizování snímků lze volit výšku letadla, potažmo ze závislosti výšky letu a ohniskové vzdálenosti i měřítko snímku. Měřítko snímku pak ovlivňuje velikost obrazového bodu (pixelu) v terénu, tato hodnota se v současnosti nejčastěji udává jako základní charakteristika snímku. Příkladem velkoformátové digitální fotogrammetrické kamery s maticovým způsobem pořizování snímku je UltraCam Xp od firmy Vexcel. Velikost jednoho obrazového bodu (čidla) CCD matice je 6  $\mu\text{m}$ , ohnisková vzdálenost  $f = 100,5 \text{ mm}$ . Výškou letu nad srovnávací rovinou  $H$ , resp. nad střední nadmořskou výškou snímaného území, lze ovlivnit výslednou velikost pixelu v terénu. Uvažujeme-li výšku letu například 2000 m nad srovnávací rovinou, pak ze vztahu  $H/f$ , resp.  $2000 / 0,1005$  (počítáno v metrech), lze vypočítat měřítko snímku 1 : 19 900. V tomto případě je velikost pixelu v terénu přibližně 11,9 cm.

Druhou technikou pořizování digitálních snímků je tzv. příčné skenování, které se používá u družicových senzorů. Příkladem digitální fotogrammetrické kamery, který pořizuje obraz řádkovým skenováním, je ADS 40 firmy Leica. Přehled nejznámějších profesionálních velkoformátových digitálních fotogrammetrických kamer je uveden v tabulce 5.2, která byla zpracována na podkladě materiálů zveřejňovaných výrobci příslušných systémů, tzn. Vexcel (2011), Intergraph (2011) a Leica (2011).

Nosičem digitálního senzoru pořizujícího optické snímky může být i družice. Tyto dva pevně spojené instrumenty – družice a senzor – spolu s pozemní řídicí jednotkou tvoří systém s pevně danými parametry pořizování snímku. Na rozdíl od leteckých nosičů je zde pevně stanovena výška letu, tudíž i velikost obrazového bodu v terénu. Tímto je družicový systém specifický. V současné době existuje poměrně velké množství družicových systémů pořizujících optické snímky, prostorová rozlišení se pohybují v řádech od desítek metrů po desítky centimetrů. Přehled družicových systémů je uveden např. v Dobrovolný (1998), Kovařík (2004) nebo Lillesand a Kiefer (2004), přičemž aktuálnost odpovídá době sepsání publikací. Stále funkční je družicový systém LANDSAT 7 s prostorovým rozlišením 30 m v multispektrálním módu. Komerčními systémy s nejvyšším prostorovým rozlišením jsou v současné době družice firmy Digital Globe WorldView-1 a WorldView-2 s velikostí pixelu 46 cm v nadiru (Digital Globe, 2011) a družice GeoEye-1 s velikostí pixelu 41 cm (GeoEye, 2011).

Při sekundární digitalizaci analogových snímků se velikost pixelu volí v závislosti na velikosti obrazového zrna emulze. Velikost pixelu v terénu je počítána z měřítka těchto snímků. V současné době se analogové snímky skenují v rozlišení 15 – 30 mikrometrů. Skenování s vyšším rozlišením již nepřináší zlepšení čitelnosti snímků, vedou pouze ke zvětšení objemu dat. Nutno poznamenat, že analogové senzory jsou v současné době na ústupu a během několika málo let budou plně nahrazeny digitálními senzory.

Druhým důležitým parametrem snímku ovlivňujícím jeho obsah je jeho *spektrální rozlišení*, charakterizované jako počet spektrálních pásem, které je dané zařízení pořizující snímky schopno zaznamenat. V takovém případě je digitální kamera složena ze systému senzorů citlivých k jednotlivým předem určeným intervalům



elektromagnetického spektra. Systémy pořizující digitální snímky mají pevně stanoven počet spektrálních pásem i intervaly vlnových délek, na které jsou citlivé. Zobrazení odlišných kombinací spektrálních pásem může výrazně změnit obsah snímků. Velkoformátové digitální kamery pro leteckou fotogrammetrii mají senzory citlivé nejen na vlnové délky viditelného spektra ale též na blízké infračervené pásmo, vzniká tak snímek ve čtyřech spektrálních pásmech. Bohatší, co se týče počtu spektrálních pásem, jsou družicové systémy. Nejnovějším multispektrálním družicovým systémem je WorldView-2, který má senzor pořizující osm spektrálních pásem. Přehled optických snímků pocházejících z družicových systémů s jejich základními parametry poskytuje tabulka 5.1, zpracovaná na podkladě materiálů zveřejňovaných vlastníky nebo provozovateli příslušných družicových systémů. Analogové pořizování multispektrálních snímků se děje pomocí filtrů, které pomáhají propouštět na citlivé vrstvy specifické části elektromagnetického záření.

Tabulka 5.1 Přehled optických družicových dat (modrá - data nízkého prostorového rozlišení, zelená - data středního prostorového rozlišení, červená - data vysokého prostorového rozlišení)

Družice	Senzor	Prostorové rozlišení panchromatického pásma (m)	Prostorové rozlišení multispektrálních pásem (m)	Spektrální rozlišení
LANDSAT 5	MSS		82	4
LANDSAT 5	TM		30, 120(TIR)	7
LANDSAT 7	ETM+	15	30, 60 (TIR)	7
EO-1	ALI	10	30	9
EO-1	Hyperion		30	220
EOS AM-1 (Terra)	ASTER (VNIR, SWIR, TIR)		15 , 30 , 90	14
SPOT 4	HRVIR	10	20	4
SPOT 5	HRG	2.5	10	4
IRS 1C/1D	LISS-III	5.8	23	4
IRS-P6	LISS-III		23.5	4
IRS-P6	LISS-IV	5.8	5.8	3
EROS-A1		1.8		
OrbView 3		1	4	4
IKONOS		1	4	4
QuickBird		0.70	2.6	4
GeoEye-1		0.41	1.65	4
WorldView-1		0.46		
WorldView-2		0.46	2.0	8

Tabulka 5.2 Přehled profesionálních velkoformátových digitálních fotogrammetrických kamer

Kamera	Velikost CCD elementu ( $\mu\text{m}$ )	Ohnisková vzdálenost (mm)	Velikost obrazu v pixelech
UltraCam Xp	6	100.5 PAN 33 MS	17 310 x 11 310 PAN 5 770 x 3 770 MS
UltraCam X	7.2	100 PAN 33 MS	14 430 x 9 420 PAN 4 810 x 3 140 MS
UltraCam D	9	100 PAN 28 MS	11 500 x 7 500 PAN 3 680 x 2 400 MS
DMC	12	120 PAN 25 MS	7 168 x 4 096 PAN 3 072 x 2 048 MS
ADS40	6.5	63.77	12 000 v řádce

Při výběru snímku pro ortogonální překreslení a následnou tvorbu ortofotomapy je třeba brát v úvahu dva základní parametry snímku - prostorové a spektrální rozlišení, které jsou ovlivněny:

- výběrem senzoru - ohnisková vzdálenost, počet spektrálních pásem,
- výběrem nosiče senzoru - letadlo, družice,
- parametry pořizování snímku - výška letu, úhel vychýlení kamery nebo družicového senzoru.

- **parametry ortogonalizace**

Ortogonalizace je proces, při kterém dochází k překreslení snímku do ortogonální projekce, přičemž je odstraněno zkreslení způsobené centrální projekcí terénu do roviny leteckého měřického snímku. Snímek s jeho parametry popsány výše je základním vstupem do procesu ortogonalizace, při kterém je možná volba velikosti pixelu. Nemá smysl volit velikost pixelu menší než je jeho originální hodnota vyplývající z pořízení snímku. Je zřejmé, že není možné pouhým překreslením snímku na menší pixel získat nové informace, interpolací původních hodnot dochází pouze ke zvětšení počtu pixelů a následně ke zvětšení objemu dat. Dalším důležitým vstupem do procesu ortogonalizace je digitální model reliéfu sloužící k odstranění zkreslení na snímku vlivem převýšení terénu. Absolutní polohová i výšková přesnost a detailnost výškopisného modelu má vliv na absolutní polohovou přesnost výsledného ortofotosnímku a potencionálně na polohový soulad či nesoulad se znakovou složkou. Metoda překreslení (nejbližší soused, bilineární interpolace, kubická konvoluce) pak ovlivňuje výsledek přepočtu vstupních hodnot a následně kvalitu nového obrazu z hlediska jeho vyhlazení.

- **parametry při tvorbě ortofotomapy**

Ortogonalizovaný letecký (družicový) snímek (dále ortofotosnímek), je možné před vytvořením ortofotomapy ještě dále upravovat. Úpravy je v podstatě možné rozdělit do dvou skupin: zvýrazňující snímek a potlačující snímek. Použití ortofotosnímku s příslušnou úpravou vždy záleží na typu ortofotomapy, jejím měřítku a účelu využití, pro kterou se ortofotosnímek používá.

Do skupiny úprav zvýrazňujících ortofotosnímek patří:

- zvýšení kontrastu roztažením histogramu, tzn. maximální využití definovaného rozsahu hodnot určeného pro kódování obrazu,
- úprava 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 patří:



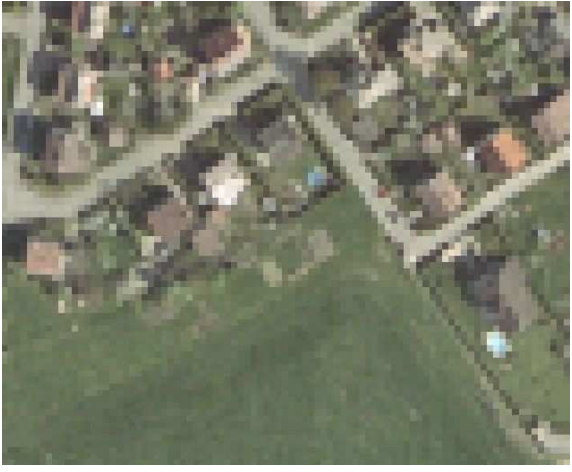


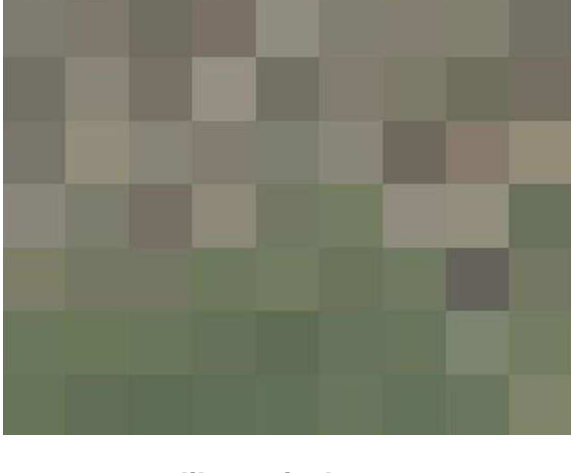
- snížení prostorového rozlišení ortofotosnímku,
- převedení barevného ortofotosnímku na černobílý, na který se umístí barevná znaková složka,
- zesvětlení ortofotosnímku a tím vytvoření vhodného podkladu pro umístění a dobrou čitelnost znakové složky,
- vyhlazení ortofotosnímku použitím nízkofrekvenčních prostorových filtrů.

O výše jmenovaných úpravách ortofotosnímku je podrobně pojednáno v kapitole 6.2.

Vliv prostorového rozlišení ortofotosnímku na jeho obsah nejlépe demonstrují obrázky v tabulce 5.3, ve které je na barevném ortofotosnímku zobrazeno vždy území stejného rozsahu, proměnnou hodnotou je velikost pixelu, od 50 cm do 20 m. Ortofotosnímky s vyšší velikostí pixelu vznikly postupnou degradací a překreslením metodou nejbližšího souseda ortofotosnímku s nižší velikostí pixelu.

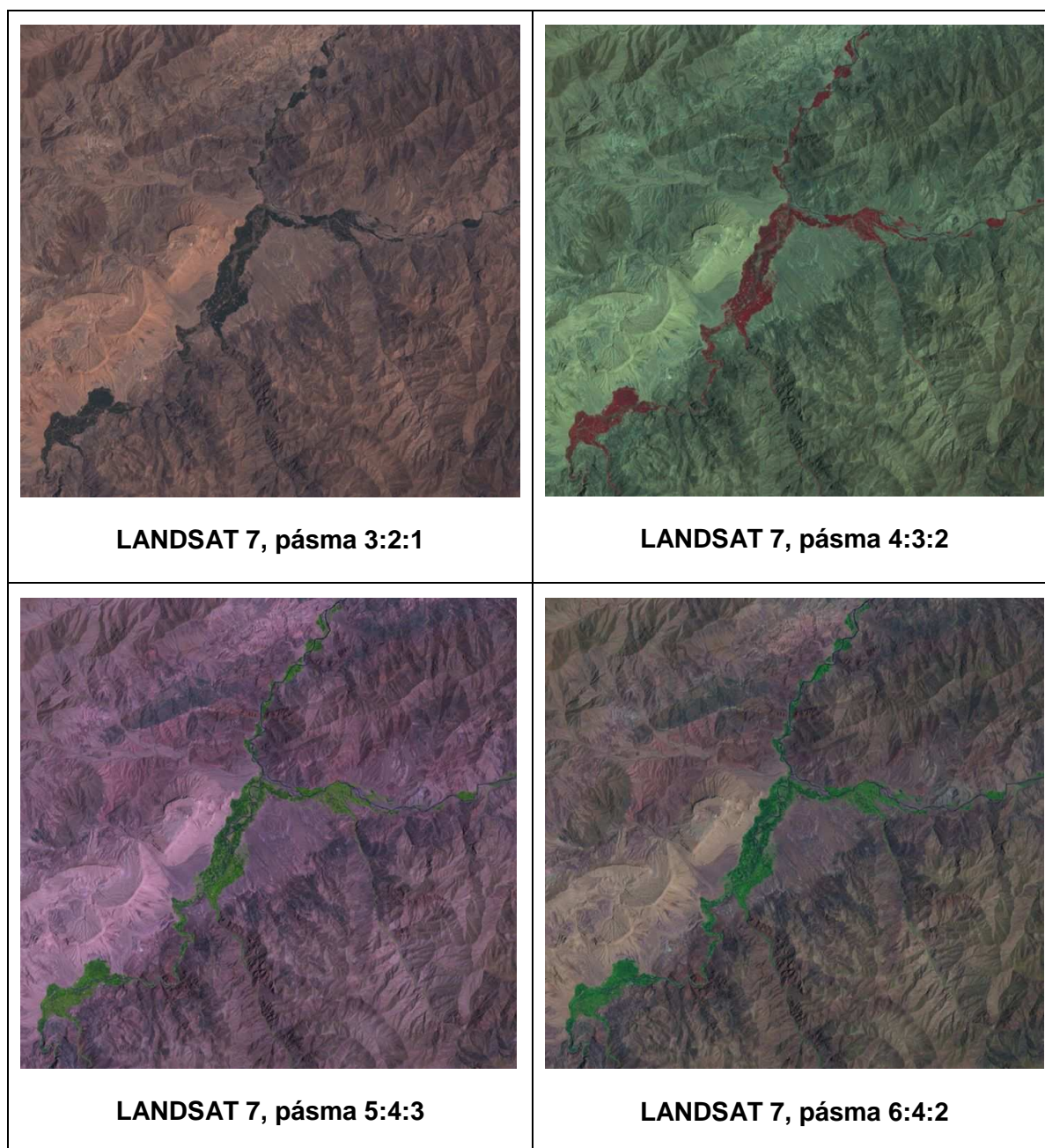
Při zvýšení hodnoty velikosti pixelu, tzn. snížení prostorového rozlišení, se začínají postupně ztrácet bodové objekty malého rozsahu a úzké linie, postupnou degradací prostorového rozlišení se zhoršuje identifikace hranic areálů. Plošné prvky velkého rozsahu vystihující charakter krajiny (pole, lesy, zástavba, vodní plochy) jsou zřetelné i z ortofotosnímků menšího prostorového rozlišení. Před zahájením tvorby ortofotomapy je třeba se rozhodnout jaký ortofotosnímek bude nejvhodnější, zejména ve vztahu k měřítku a účelu využití ortofotomapy. Vztah mezi prostorovým rozlišením ortofotosnímku a měřítkem ortofotomap je podrobně rozebrán v kapitole 8.2.

Tabulka 5.3 Obsah ortofotosnímku v závislosti na jeho prostorovém rozlišení (zobrazeno území stejného rozsahu)

	
<b>velikost pixelu 50 cm</b>	<b>velikost pixelu 1 m</b>
	
<b>velikost pixelu 2 m</b>	<b>velikost pixelu 5 m</b>
	
<b>velikost pixelu 10 m</b>	<b>velikost pixelu 20 m</b>

Vliv výběru a použití spektrálních kombinací na obsah ortofotosnímku ukazují obrázky v tabulce 5.4, která znázorňuje třípásmové kombinace z družicového snímku LANDSAT 7 stejného území. Snímek v pravých barvách (3:2:1) není schopen plně odhalit všechny možné jevy zachycené multispektrálním senzorem, proto se využívají jiné kombinace.

Tabulka 5.4 Obsah ortofotosnímku v závislosti na spektrálních kombinacích (zobrazeno území stejného rozsahu)



Procesy změny prostorového rozlišení i výběru spektrálních pásem pro barevnou prezentaci ortofotosnímků mají zásadní vliv na jejich obsah. Z toho vyplývá, že správný výběr ortofotosnímku a nastavení správných parametrů ovlivňuje obsahovou stránku ortofotomapy. Typ vybraného ortofotosnímku a jeho parametry se zejména odvíjí od typu vyráběné

ortofotomapy (topografická, tematická), jejím účelu použití a měřítku, často však i od ekonomických možností producenta.

Ortofotosnímek pokrývá celé mapové pole, ale do obsahu obrazové složky nelze zahrnout ty fyzickogeografické a socioekonomické prvky, které jsou překryty neprůhlednými kartografickými znaky znakové složky a popisem. Ortofotosnímek tyto prvky sice obsahuje, ale na výsledné ortofotomapě jsou zakryty.

### 5.1.1.2 Ortofotosnímek topografické ortofotomapy

Vzhledem k tomu, že má ortofotosnímek poskytovat všeobecné informace o území, určovat polohu a rozmístění objektů pak:

- prostorové rozlišení ortofotosnímku, resp. míra zachycení detailu, by mělo odpovídat měřítku ortofotomapy tak, jak je popsáno v kapitole 8.2, což splňují obě případové studie TOPO1 i TOPO2,
- ortofotosnímek v barevné syntéze v pravých barvách je z uživatelského hlediska nejvhodnější, protože poskytuje věrný obraz území (obr. 5.1),



Obr. 5.1 Ortofotosnímek v barevné syntéze v pravých, nepravých barvách a černobílý

- černobílý ortofotosnímek lze rovněž použít, např. při nedostupnosti barevného ortofotosnímku nebo při potřebě zvýraznění znakové složky (viz kapitola 9, případová studie TOPO1), pro tento černobílý snímek je nutné využít maximálního rozsahu hodnot radiometrického rozlišení (viz kapitoly 6.2 a 9.1).

### 5.1.1.3 Ortofotosnímek tematické ortofotomapy

V případě, že je ortofotosnímek na tematické ortofotomapě hlavním nositelem tématu, pak nemusí mít nutně maximální prostorové rozlišení ve vztahu k měřítku ortofotomapy. Důležitá je kvalita ve vztahu k mapovanému tématu, například pro zobrazení plošného jevu není maximální prostorové rozlišení důležité, ale vystupuje do popředí spektrální charakteristika (viz kapitola 9, případová studie TEMA3). V případě, že prostorové rozlišení obrazových dat neodpovídá měřítku ortofotomapy, dochází k situaci, kdy jsou viditelné jednotlivé pixely obrazu (viz kapitola 9, případová studie TEMA6). Pro zobrazení takového ortofotosnímku bez viditelnosti jednotlivých pixelů se používá metoda bilineární interpolace nebo kubické konvoluce (viz kapitola 9, případová studie TEMA3).

Podle mapovaného tématu a účelu použití ortofotomapy vystupují do popředí jednotlivé charakteristiky obrazu:

- původní prostorové rozlišení, tzn. prostorové rozlišení pořizovaného snímku - používá se největší ve vztahu k měřítku ortofotomapy v případě, že je důležitý okamžitý stav snímaného území a jde o mapování bodových prvků (např. počet zvířat, stromů nebo automobilů v daném území),

- počet spektrálních pásem – jednopásmový ortofotosnímek lze vyjádřit jen ve stupních šedi (černobílý), multispektrální ortofotosnímek je možno vyjádřit třípásmovou barevnou kombinací v pravých (červené, zelené a modré pásmo) nebo v nepravých barvách (např. blízké infračervené, červené a zelené pásmo),
- spektrální charakteristiky – používají se třípásmové barevné kombinace vhodné k mapování požárů, geologickým aplikacím, zjišťování půdních typů nebo vegetačního pokryvu.

### 5.1.2 Obsah znakové složky topografické ortofotomapy

Znaková složka topografické ortofotomapy doplňuje obsah obrazové složky ve smyslu pojednaném v kapitole 4, přičemž dochází k zobrazování fyzickogeografických i socioekonomických prvků.

#### Fyzickogeografické prvky

- vodstvo - říční síť, vodní plochy zobrazené převážně obrysem,
- výškopis - vrstevnice se používají velice často, je však třeba zvolit správný interval tak, aby nedošlo k přehuštění a tím k zakrytí obrazové složky, výškové kóty, výškové poměry mohou být čitelné ze stínů na ortofotosnímku,
- vegetační pokryv – plošný prvek zobrazen buď plošným kartografickým znakem průhledným, obrysem nebo pro kvalitativní vyjádření popis nebo bodový znak (listnatý, jehličnatý les).

#### Socioekonomické prvky

- komunikace (včetně produktovodů - elektrická vedení, ropovody, plynovody),
- hranice - přirozené i umělé (států, nižších územních jednotek, atd.),
- vymezení zastavěných oblastí – příliš se nevyužívá.

#### Popis

Popis je důležitým prvkem doplňující znakovou složku topografické ortofotomapy, zejména popis vodstva, pohoří a dalších orografických celků, sídel a jiné geografické názvy.

Prvky plošné povahy (zástavba, vodstvo, rostlinný pokryv) nejsou zpravidla na topografických ortofotomapách pomocí znakové složky zobrazovány. Pokud se vyskytují, k jejich zobrazení se převážně používají kartografické znaky využívající pouze obrys. Existuje-li výplň, využívá se průhlednost nebo šrafování. Průhledná výplň plošných znaků zakrývá ortofotosnímek pouze částečně a je tak možné z něho získávat informace (viz kapitola 9, případová studie TOPO1).

### 5.1.3 Obsah znakové složky tematické ortofotomapy

Znaková složka tematické ortofotomapy, vyskytující se v podobě bodových, liniových a plošných znaků doplněných popisem, je převážně nositelem tématu. Znaky tematické nadstavby buď jen zvýrazňují objekty zachycené obrazovou složkou, přičemž často těmto doplňují sémantické informace. Příkladem může být tematická nadstavba v případové studii TEMA2, kde jsou zvýrazněny mosty, podjezdy, zúžení, komunikace a jejich typy, atd. Druhou

možností je, že znaky tematické nadstavby zobrazují jevy, které není možné zachytit obrazovou složkou. Například v případové studii TEMA1 znaky mají za úkol zobrazit vojenskou taktickou situaci.

Znaková složka tematické ortofotomapy ovšem může plnit i funkci topografického podkladu, kdy je nutné zobrazit říční síť, komunikace nebo administrativní hranice. Není přitom důležité, zda je tematická složka obsažena v obrazové nebo znakové složce.

Popis tematické ortofotomapy doplňuje znaky tematické nadstavby (např. parametry mostů v případové studii TEMA2), může být však i hlavním nositelem tématu (např. kódovaný text v případové studii TEMA4 nebo TEMA5). Popis může doplňovat i znaky topografického podkladu (např. popis sídel, popis významu objektů, apod.).

## 5.2 Náplň ortofotomap

Při řešení náplně ortofotomapy je nutné rozlišovat **grafickou zaplněnost ortofotomapy** (poměr plochy obrazů prvků mapy k celkové ploše mapy) a **informační (entropickou) náplň ortofotomapy**.

Grafická zaplněnost mapy je poměr plochy obrazů prvků mapy k celkové ploše mapy. Udává se v procentech a je mírou čitelnosti mapy. Optimální náplň u tradičních map se udává 12 až 18 % plochy mapy, 25 až 30 % je již na hranici únosnosti. Počítá se nejčastěji dle Suchovova vzorce (Dolanský, 2008). Z podstaty obsahu ortofotomap nelze definici grafické zaplněnosti mapy plně převzít. Obrazová složka vyplňuje celé mapové pole ortofotomapy, tudíž se na ortofotomapě nevyskytují žádná „bílá“ místa, tzn. neexistují plochy graficky nezaplňené a zároveň s nulovou či velmi nízkou informativní náplní. 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 %. Například v případové studii TOPO1 grafická zaplněnost neprůhledných znaků činí 14,9 %.

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

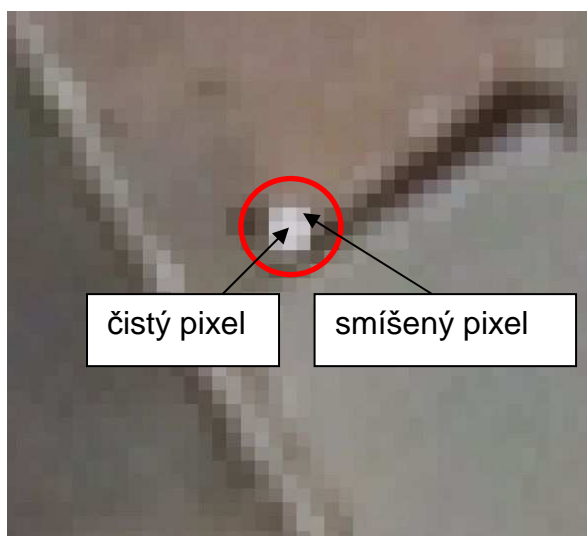
Za informaci poskytovanou ortofotosnímky, resp. obrazovou složkou, se považuje objekt, který je možné odlišit od okolí a u kterého lze určit jeho parametry - „barvu“ (vyplývající ze spektrální odrazivosti), tvar a velikost. Objekty na ortofotosnímku jsou tvořeny „shluky“ pixelů (obr. 5.1). Jediným atributem 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. Lze tedy hovořit o „**spektrální informační náplni obrazové složky**“

### 5.2.1 Informační náplň obrazové složky

Při hodnocení informační náplně obrazové složky je třeba brát v úvahu předpoklad, že základní nedělitelnou jednotkou digitálního obrazu, v tomto případě obrazové složky ortofotomapy, je pixel, který je nositelem informace v podobě jeho hodnoty.



Teoreticky je tedy možné rozlišit objekty přibližně rovné velikosti pixelu. Jak uvádí Lillesand a Kiefer (2004), digitální obraz je složen z pixelů tzv. „čistých“ a „smíšených“ ve smyslu spektrální odrazivosti od objektů. Čím větší množství „smíšených“ pixelů, tím více je omezena schopnost interpretace detailu na snímku. Čistota pixelů, tzn. zachycení spektrální odrazivosti pouze od jednoho objektu na jednom pixelu, je často velmi nízká. Hodnoty pixelu vznikají „namixováním“ intenzity spektrálních odrazivostí od více objektů. Je také zřejmé, že čím je větší velikost pixelu, tím menší množství tzv. „čistých“ pixelů se v obraze nachází, čímž zároveň klesá schopnost extrakce prostorového detailu. Další důležitou skutečností je to, že poloha objektu nekoresponduje s polohou pravidelné mřížky pixelů, objekt je většinou „zachycen“ na více pixelech. Dále lze předpokládat, že objekt snadněji odlišíme od okolí v případě, že má výrazně rozdílnou intenzitu spektrální odrazivosti, tzn. hodnota pixelů reprezentujících objekt je značně odlišná (obr. 5.2).



Obr. 5.2 Objekt o velikosti 3x3 pixely s výrazně odlišnou spektrální odrazivostí od okolí složený z pixelů „čistých“ i „smíšených“

Z výše uvedeného lze vyvodit, že základní jednotky digitálního obrazu (pixely) brané v úvahu separátně ještě většinou neposkytují informaci čitelnou uživatelem. Lze reálně předpokládat, že minimální počet pixelů tvořících objekt čitelný uživatelem je více než jeden, obvykle čtverec 2x2 pixely, tzn. objekt o ploše 4 pixelů, u liniových prvků objekt o šířce 2 pixely.

Shluk v určitém slova smyslu pixelů „podobných“ vlastností reprezentuje objekty čitelné a srozumitelné uživateli. Podobnost pixelů je široký pojem, při vytváření shluků, resp. objektů, je třeba brát v úvahu, jak blízké si jsou hodnoty pixelů, aby vytvářely homogenní objekt, a jak rozdílné jsou tyto hodnoty v porovnání s okolními shluky. Takovýto shluk pixelů představuje pro uživatele informační zdroj a kvantifikace množství těchto informací na ortofotosnímku je základním problémem řešeným v této kapitole.

„Spektrální informační náplň ortofotosnímku“ na ortofotomape v daném měřítku lze definovat jako počet rozeznatelných shluků v tomto měřítku ve vztahu k celkové ploše ortofotomapy. Při úvahách o náplni ortofotomapy je třeba stanovit minimální objekt čitelný lidským okem v daném měřítku mapy, což následně ovlivňuje volbu velikosti pixelu ortofotosnímku v území pro dané měřítko ortofotomapy (viz kapitola 8.2). Autor vychází z předpokladu, že minimální objekt čitelný lidským okem je veliký 0,1x0,1 mm. Z toho vyplývá, že velikost pixelu ortofotosnímku použitého při výrobě ortofotomapy by měla být 0,1 mm

ve vztahu k jejímu měřítku. Předpokládá se minimální plocha shluku rovna minimální rozeznatelné ploše lidským okem, tzn. 0,1×0,1 mm. Jak však bylo uvedeno výše, jednotlivé pixely ještě většinou neposkytují informaci pro uživatele, objekty jsou tvořeny více pixely a tímto se stávají snadněji čitelné. Například objekt složený ze 4 pixelů uspořádaných do čtverce má pak velikost 0,2×0,2 mm. V takovém případě by počet objektů rozeznatelných uživatelem byl roven čtvrtině počtu všech pixelů snímku. Tento počet je však v praxi řádově menší, důvodem je stupeň homogenity vzhledem k sousedním shlukům. Výpočet množství homogenních oblastí na ortofotosnímku je proveden v odstavci Hodnocení množství informací pomocí segmentace obrazu této kapitoly.

K hodnocení množství informací na snímku lze přistoupit dvěma základními způsoby: texturálními charakteristikami a segmentací obrazu.

### Hodnocení množství informací pomocí texturálních charakteristik

Obraz nebo jeho vytipované části/segmenty se hodnotí jako celek a zjišťuje se proměnlivost (frekvence změn) hodnot pixelů v obraze. Lze předpokládat, že čím vyšší proměnlivost hodnot pixelů, tím je větší pravděpodobnost nalezení informace na ortofotosnímku, tzn. tím vyšší informační náplň ortofotosnímek má.

Statistické míry textury vycházejí z tzv. *Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*, tento pojem volně přeložil Kaplan (2004) jako *matice sousedních výskytů úrovní šedi*, z níž lze vypočítat popisné charakteristiky textury. Jedná se o čtvercovou symetrickou matici, která vyjadřuje frekvenci výskytu určitých kombinací hodnot dvou sousedních pixelů ve směru horizontálním, vertikálním nebo diagonálním (Hall-Beyer, 2008). Matice je čtvercová s počtem řádků (sloupců) rovnajícím se maximálnímu možnému rozsahu hodnot pixelů, v případě 8-bitového obrazu tedy 256 řádků a sloupců. K výpočtu míry textury se používá normalizovaná GLCM, jejíž prvky vyjadřují pravděpodobnost výskytu kombinací hodnot dvou sousedních pixelů, tzn. hodnoty prvků matice leží v intervalu 0 až 1. Normalizovaná matice GLCM i míry textury jsou počítány pro každý pixel obrazu ve vztahu ke čtvercovému okolí, velikost hrany čtvercového okna se volí o lichém počtu řádků a sloupců, nejčastěji 3×3, 5×5 nebo 7×7 pixelů. Míry textury jsou buď založené na kontrastu (např. veličiny kontrast, homogenita, apod.) nebo na pravidelnosti (např. entropie nebo druhý úhlový moment). Vysoký kontrast znamená, že rozdíl hodnot sousedních pixelů je velký, prakticky značí častou změnu hodnot pixelů a nehomogenitu obrazu – lze očekávat velké množství informací, resp. vysokou náplň ortofotosnímku. Veličiny pravidelnosti sledují množství výskytu jednotlivých kombinací hodnot sousedních pixelů, vysoká entropie znamená velkou nahodilost v obraze a jeho „nepravidelnost“ (hodně zastoupených kombinací, ale vyskytujících se v malém množství). Různé kategorie povrchů mají různé hodnoty textur. Nevýhodou je vysoká korelace mezi jednotlivými charakteristikami textury, což bylo i prakticky ověřeno (obr. 5.6). Tato technika se nejčastěji používá při klasifikaci snímků.

*Kontrast* se počítá dle vzorce (Definiens AG, 2006):

$$\sum_{i,j=0}^N P_{i,j} (i-j)^2 \quad (\text{V. 5.1}),$$

kde  $P_{i,j}$  jsou prvky normalizované GLCM,  $i$  je číslo řádku,  $j$  je číslo sloupce.

Entropie se počítá dle vzorce (Definiens AG, 2006):

$$\sum_{i,j=0}^N P_{i,j} (-\ln P_{i,j}) \quad (\text{V. 5.2}),$$

kde  $P_{i,j}$  jsou prvky normalizované GLCM,  $i$  je číslo řádku,  $j$  je číslo sloupce.

V rámci disertační práce bylo testováno, zda se tyto charakteristiky dají využít k vyjádření náplně ortofotosnímku, který je součástí ortofotomapy. Byly hledány závislosti mezi mírou textury vyjádřenou veličinami kontrast a entropie a množstvím objektů zachycených na snímku, resp. typem zobrazované krajiny (intravilán, pole, les, apod.). Původním předpokladem je, že největší míra kontrastu a zároveň i největší hodnoty entropie se budou vyskytovat v oblastech intravilánu, protože je zde velké množství malých objektů (budovy, atd.), resp. výrazná rozdílnost hodnot sousedních pixelů i výrazná nahodilost a různorodost ve výskytu kombinací hodnot sousedních pixelů. Tento předpoklad se potvrdil (viz obr. 5.4 a 5.5).

Ortofotosnímek byl rozdělen na segmenty o velikosti 10×10 pixelů a pro každý segment byly počítány veličiny kontrast jako zástupce měř textury založených na kontrastu a entropie jako zástupce měř textury založených na pravidelnosti. Jak bylo zmíněno výše, míry textury jsou počítány pro každý pixel, pro segment o velikosti 10×10 pixelů jsou výsledné hodnoty měř textury průměrem hodnot pro jednotlivé pixely. Za testovací obrazová data byl vybrán ortofotosnímek o velikosti pixelu 1 m (obr. 5.3), který je vhodný pro tvorbu ortofotomapy v měřítku 1 : 10 000 (jeden pixel má při tomto měřítku velikost 0,1 mm), tzn. jeden segment o velikosti 10×10 pixelů (celkem 100 pixelů) má na ortofotomapě rozsah 1×1 mm. Ortofotosnímek v rozsahu 2×2,5 km tak byl rozdělen na 50 000 segmentů. Pro každý segment byly v programu Definiens Professional 5 vypočítány veličiny kontrast a entropie ve všech směrech jako průměr hodnot všech pixelů segmentu (obr. 5.4 a 5.5). V tomto programu se texturní charakteristiky pro jednotlivé pixely počítají z bezprostředního okolí (okno 3×3 pixely), počet řádků a sloupců GLCM matice koresponduje s maximálním množstvím možných hodnot, tzn. 256. Na výsledcích byla sledována vzájemná závislost obou měř textury, ale také závislost obou hodnot na typu krajiny, resp. zobrazovaných prvků.



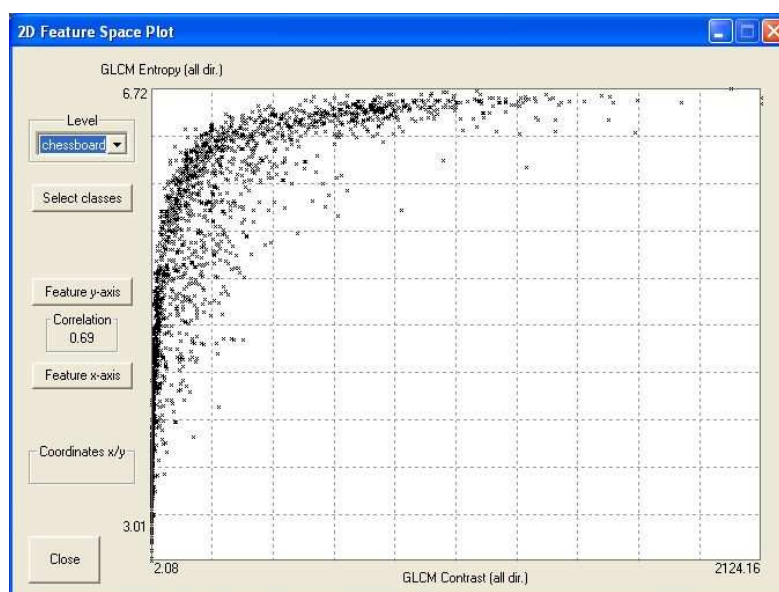
Obr. 5.3 Ortografický snímek o velikosti pixelu 1 m a testovací oblasti (žlutá - intravilán, zelená - les, hnědá - pole)



Obr. 5.4 GLCM kontrast pro segmenty 10x10 pixelů (světlé odstíny reprezentují vysoký kontrast značící velké rozdíly v hodnotách sousedních pixelů – intravilán, lesy)

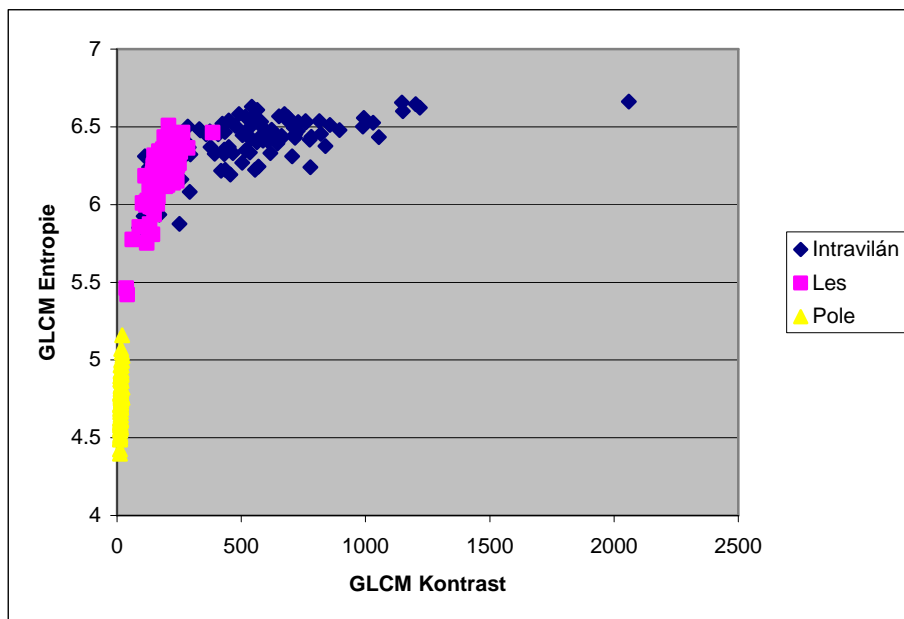


Obr. 5.5 GLCM entropie pro segmenty 10×10 pixelů (světlé odstíny reprezentují vysokou entropii - hodně kombinací hodnot sousedních pixelů - v intravilánu, u lesa v menší míře 1 informace mnohokrát, u pole nízké)



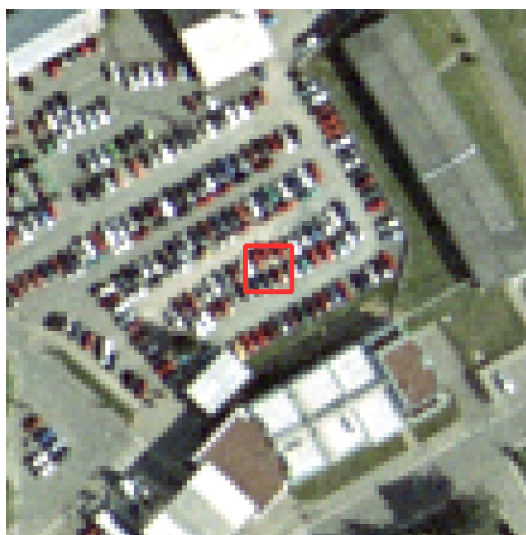
Obr. 5.6 Vztah mezi kontrastem (osa x) a entropií (osa y).

Pro názornost a pozorování hodnot měř textury byly vybrány tři testovací oblasti o velikosti 10×10 segmentů (v ortofotomapě 1×1 cm) reprezentující intravilán, les a pole (obr. 5.3). Hodnoty kontrastu a entropie těchto segmentů byly vyneseny do grafu (obr. 5.7).

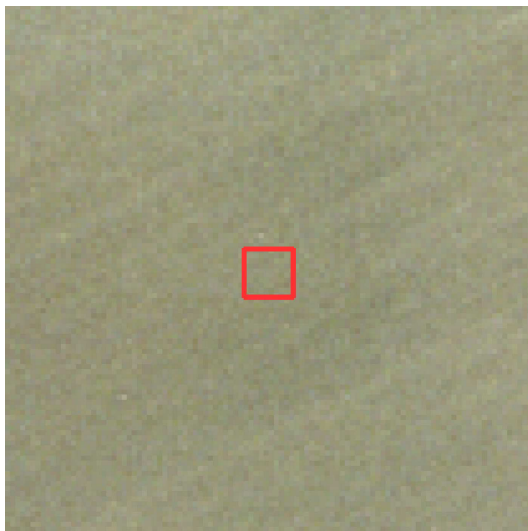


Obr. 5.7 Kontrast a entropie testovacích oblastí

Vybrané segmenty intravilánu (na obr. 5.7 modrá) vykazují poměrně velký rozptyl v hodnotách kontrastu, což je způsobeno proměnlivou velikostí objektů. Vyskytují se zde segmenty s poměrně malým kontrastem, tyto jsou pokryty relativně homogenním výskytem hodnot pixelů, tzn. většími objekty. Lze však konstatovat, že pro intravilán jsou typické vysoký kontrast a entropie, kde se vyskytuje velké množství malých objektů s výrazně odlišnými hodnotami pixelů (obr. 5.8), tzn. odlišnou spektrální odrazivostí. Jinak řečeno ortofotosnímek má v těchto místech vysokou spektrální informační náplň.

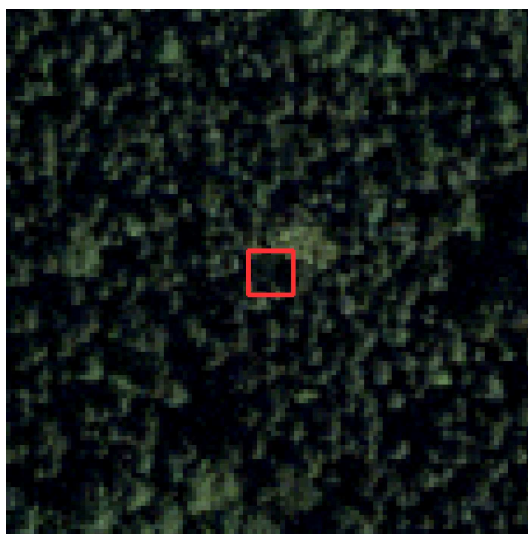


Obr. 5.8 Segment s vysokým kontrastem a entropií (typický pro zastavěné oblasti)



Obr. 5.9 Segment s nízkým kontrastem a entropií (typický pro zemědělské plochy)

Nízký kontrast i entropie se vyskytují na polích a jiných „jednotlivých“ plochách (na obr. 5.7 žlutá), značící malou frekvenci střídání hodnot pixelů a tím malou informační náplň (obr. 5.9).



Obr. 5.10 Segment s nízkým kontrastem a vysokou entropií (typický pro lesní celky)

Nízký kontrast a střední až vysoká entropie se vyskytují v lesích (obr. 5.10), kde lze najít malé rozdíly v hodnotách sousedních pixelů a zároveň nedochází k opakování shodných dvojic hodnot sousedních pixelů značící nahodilost v obraze. Informační náplň je větší než v případě pole, vykazuje se však opakující se informace.

Při hodnocení informační náplně ortofotosnímku pomocí texturálních charakteristik vyvstávají následující problémy:

- Jak volit velikost segmentů pro výpočet průměrných hodnot měř texturálních charakteristik? Teoreticky lze volit  $1 \times 1$  pixel (původní obraz) až  $n \times n$  pixelů. Autor jako výchozí zvolil velikost  $10 \times 10$  pixelů, tzn. v měřítku ortofotomapy  $1 \times 1$  mm, při volbě

větší velikosti již nemusí být výsledky věrohodné, protože dojde ke zprůměrování často velice rozdílných hodnot (např. na 1 cm 100×100 hodnot).

- Do jaké míry jsou výsledky ovlivněny stanovením polohy výchozího bodu pravidelné mřížky? Při volbě segmentu většího než 1×1 pixel závisí výsledek kvantifikace na stanovení výchozího bodu pravidelné mřížky, posunem výchozího bodu se vytvoří segmenty s jiným složením hodnot pixelů a následně i jiné hodnoty měř texturálních charakteristik, autor zvolil výchozí levý horní pixel ortofotosnímku umístěného v rámu ortofotomapy.
- Je vysoká korelace mezi mírami textury výraznou nevýhodou bránící v určení informační náplně obrazové složky, resp. ortofotosnímku?

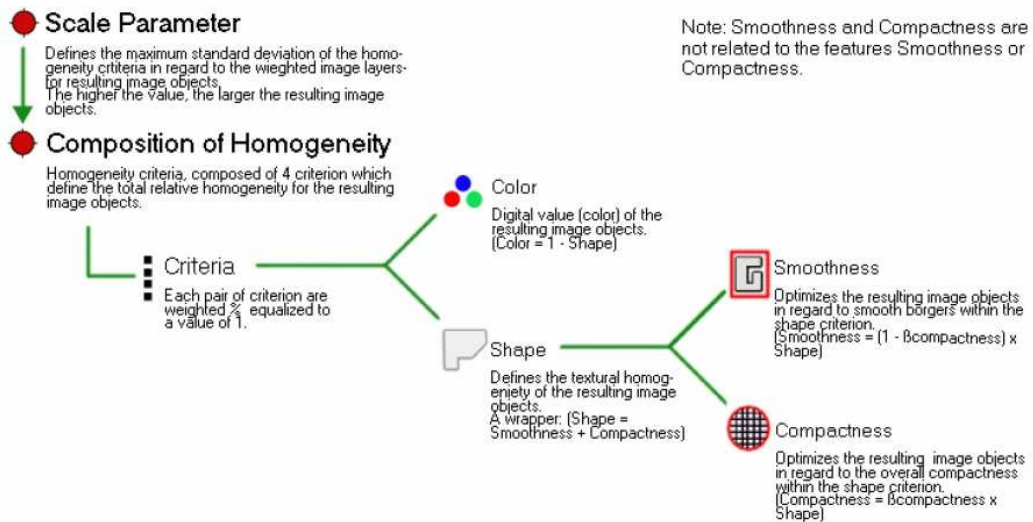
### **Hodnocení množství informací pomocí segmentace obrazu**

Počet shluků homogenních pixelů určuje informační náplň obrazové složky, resp. ortofotosnímku, za předpokladu ztotožnění shluku pixelů s reálným objektem zachyceným na ortofotosnímku.

Počet shluků homogenních pixelů na ortofotosnímku je určován následujícím postupem:

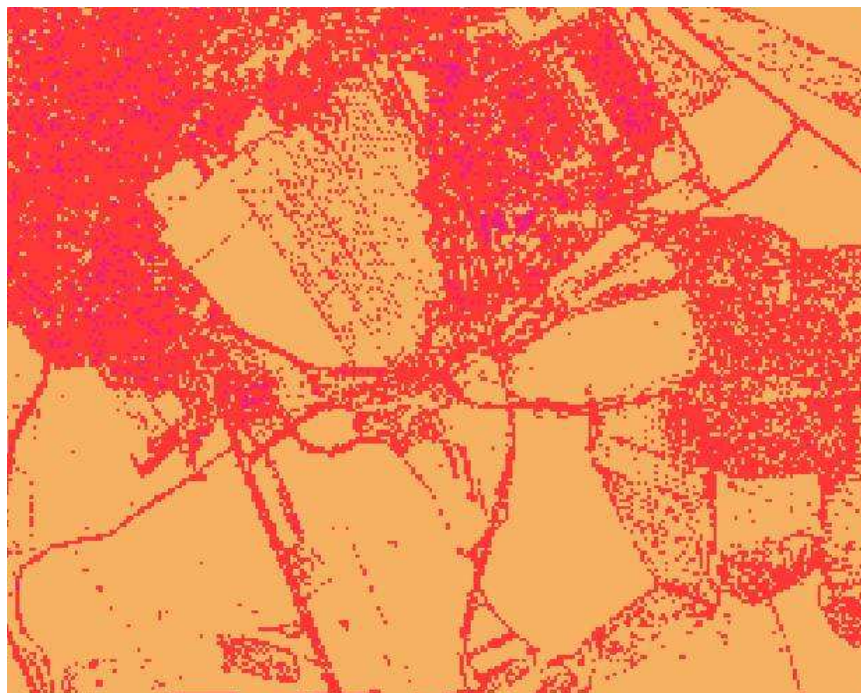
1. Zjištění optimální velikosti pixelu ortofotosnímku, který slouží k sestavení ortofotomapy – optimálně 0,1 mm v měřítku ortofotomapy (viz kapitola 8.2).
2. Rozdělení obrazu na pravidelné segmenty, které v měřítku ortofotomapy budou mít rozměr 1×1 mm, tzn. segment o velikosti 10×10 pixelů.
3. Stanovení homogenních objektů v segmentech 10×10 pixelů. Pro tento krok byl použit algoritmus tzv. multiměřítkové segmentace (multiresolution segmentation) Jedná se o neřízený segmentační proces, spočívající v minimalizaci celkové heterogenity všech objektů v segmentovaném obraze. Prakticky byl tento krok realizován v programu Definiens Professional 5 (dříve eCognition). Uživatelsky je možné ovlivnit míru heterogenity pomocí několika parametrů, které kromě spektrálních hodnot jednotlivých pixelů berou v úvahu texturální a tvarové parametry vznikajících homogenních objektů (obr. 5.11). Velikost výsledných objektů se mění podle hodnoty parametru „scale“, čím je hodnota parametru „scale“ vyšší, tím větší jsou výsledné objekty. Jak uvádí Definiens AG (2006), „scale“ je abstraktní pojem určující maximální povolenou heterogenitu objektů. Pro výpočet homogenních objektů v segmentech 10×10 pixelů byl nastaven parametr „scale“ na hodnotu 10. Parametr „color“ byl nastaven na maximální možnou hodnotu 0,9. Důraz je kladen na spektrální hodnoty pixelů na úkor texturálních vlastností obrazu.





Obr. 5.11 Multiměřítková segmentace (převzato z Definiens AG 2006)

4. Výpočet počtu objektů v segmentech, přičemž minimální plocha objektu je stanovena na 4 pixely.



Obr. 5.12 Počet homogenních objektů v segmentech 10x10 pixelů (oranžová – 1 až 2 objekty, červená – 3 až 6 objektů, fialová – 7 až 15 objektů)

Počet homogenních objektů v segmentu 10x10 pixelů se pohybuje od jednoho až po maximálně 15 objektů. Tento vysoký počet se však objevuje pouze výjimečně (viz obr. 5.12). Tyto počty je možné chápat jako množství informací získatelných z 1 mm<sup>2</sup> ortofotomapy.

Potvrdil se předpoklad, že počet shluků v segmentech 10×10 pixelů (1×1 mm) vykazuje přímou úměrnost s GLCM kontrastem. Čím vyšší počet homogenních shluků pixelů v segmentu 10×10 pixelů, tím je kontrast i entropie vyšší.

Byl rovněž testován výpočet počtu homogenních objektů bez ohledu na rozdělení ortofotosnímku na segmenty metodou multiměřítkové segmentace v programu Definiens Professional 5. Byl využit ortofotosnímek s velikostí pixelu 1 m o rozměru 2×2,5 km (5 000 000 pixelů). Důraz byl kladen na spektrální hodnoty pixelů, tzn. hodnota parametru „color“ byla nastavena na nejvyšší možnou hodnotu 0,9. Hodnota parametru „scale“ byla empiricky měněna, byly spočítány objekty větší nebo rovny 4 pixelům (tab. 5.5) a zároveň byla vizuálně kontrolována spektrální homogenita těchto objektů. Lze konstatovat, že při nastavení vyšší hodnoty tohoto parametru (více než 20) již objekty nejsou spektrálně homogenní a jeden objekt obsahuje více lidským okem identifikovatelných objektů. Optimální hodnotou je 20, při které je počet automaticky vytvořených objektů prakticky roven počtu objektů větších nebo roven čtyřem pixelům.

Tabulka 5.5 Počet homogenních objektů na ortofotosnímku

Scale parametr	Počet objektů	Počet objektů >= 4 pixely
10	63 989	61 220
20	17 780	17 762
40	4962	4962

### 5.2.2 Informační náplň znakové složky

Určování informační náplně znakové složky ortofotomapy je v podstatě obdobnou úlohou jako určení náplně tradiční mapy. Je třeba uvést, že tuto problematiku kartografové příliš nezmiňují ani se jí nezabývají. Detailně se určováním náplně mapy naposledy zabývala ruská kartografická škola v 60. letech 20. století.

Informační náplň je posuzována zpravidla odděleně pro jednotlivé geografické jevy, resp. jejich atributy, kdy se hodnotí množství zobrazených informací ve vztahu k množství informací zjistitelných v terénu. Rozlišuje se informační hodnota polohová, která v podstatě vyjadřuje přesnost zobrazení polohových informací znakové složky, tj. například přesnost zobrazení komunikací, sloupů elektrických vedení, apod. Kvalita, respektive informační hodnota se vyjadřuje pomocí úplných středních chyb polohových informací ve vztahu k referenčnímu souřadnicovému systému.

Sémantická informační hodnota se posuzuje zpravidla poměrem výběru (cenzu) geografických jevů zobrazených v mapě ve vztahu ke skutečnému počtu geografických jevů v terénu (případně zobrazených ve zdrojových databázích). Obdobně lze vyjádřit informační hodnotu zobrazení kvalitativních a popisných informací v mapě ve vztahu k množství kvalitativních a popisných informací v terénu případně zobrazených ve zdrojových databázích.

Šetření informační náplně map je mimo předmět této disertační práce. Může však být náplní budoucích diplomových nebo jiných disertačních prací s cílem vybudovat komplexní metodiku hodnocení informační náplně, resp. kvality, kartografických děl a geografických

informačních systémů. Východiskem může být ČSN ISO 19113 - Geografická informace – zásady jakosti.

V současné době se problém grafické i informační náplně mapy začíná řešit českými kartografy a geoinformatiky, zejména na Univerzitě Palackého v Olomouci, zatím však bez publikovaných výsledků.

## 6 ZNAKOVÝ KLÍČ ORTOFOTOMAPY

Objekty a procesy je na ortofotomapě možno vyjádřit pomocí znakové a obrazové složky, popř. popisem. Pro znakovou složku lze odvodit pravidla používání tak, aby bylo sestaveno, dle názoru autora, kartograficky, technicky i esteticky vyvážené dílo. Odlišným způsobem se pracuje s obrazovou složkou, dochází k jejímu zvýraznění nebo naopak potlačení v závislosti na různých typech ortofotomap.

### 6.1 Vyjadřovací prostředky znakové složky

Interpretační teorie jazyka mapy vychází z geometrického předpokladu, že převážnou část obsahu mapy lze rozložit na prvky zobrazené pomocí bodových, liniových nebo plošných znaků. Z přísně geometrického hlediska mají téměř všechny prvky v realitě povahu areálů, vlivem měřítko však nelze obrys exaktně vyjádřit a proto se zobrazují jako liniové nebo bodové znaky (Veverka, 2001).

Základními prostředky jazyka mapy jsou kartografické znaky. Kartografický znak je grafický prvek se vztahem k prostorovému umístění. Informační hodnota mapy (objem a kvalita sdělovaných informací) odpovídá volbě, množství a umístění znaků (Voženílek, 2011). V ortofotomapě jsou kartografické znaky využity pro vyjádření prvků a jevů znázorněných ve znakové složce.

Kartografové Veverka (2001), Voženílek (2004) a (2011), Robinson (1995), Slocum (2005) vymezují s většími nebo menšími odlišnostmi grafické proměnné (variabilní charakteristiky) jako morfologické vlastnosti kartografických znaků jazyka mapy, pomocí nichž se vyjadřují kvalitativní a kvantitativní atributy geografických jevů. Patří k nim tvar, orientace, velikost, struktura, výplň, apod.

#### 6.1.1 Použití bodových znaků

Bodový znak může být použit jako samostatný vyjadřovací prostředek nebo jako součást složitějších liniových, plošných a jiných vyjadřovacích prostředků (kartogram, kartodiagram, tečková metoda, atd.). Je definováno pět parametrů bodového kartografického znaku: tvar, velikost, strukturu, výplň a orientaci (Voženílek, 2011).

Bodové znaky lze dělit dle tvaru na geometrické, symbolické, obrázkové a alfanumerické. Všechny tyto bodové znaky lze v podstatě na ortofotomapách použít, je však třeba dodržovat určitá pravidla zajišťující čitelnost těchto znaků ve vztahu k nehomogennímu podkladu, kterým ortofotosnímek (obecně obrazová složka) je. Oddělení bodového znaku od podkladu je rozhodující pro jeho čtení. Znak dobře čitelný na jednobarevném podkladě v klasické mapě nemusí být na ortofotomapě čitelný vůbec (obr. 6.1). Pro oddělení bodového kartografického znaku od obrazové složky lze použít obrys nebo podkladový štítek v podobě opsaného pravoúhelníku (průhledný nebo neprůhledný) (obr. 6.1). Dostatečné oddělení je nutné zejména v případě, že znak je v podobě drátěného modelu bez výplně (viz kapitola 9, případová studie TEMA1).



Obr. 6.1 Symbolický bodový znak bez podkladu, s obrysem a pravouhelníkovým podkladovým štítkem neprůhledným a částečně průhledným (40%)

V případě definice bodových znaků pro znakový klíč ortofotomapy autor doporučuje:

- použití jednodušších znaků, převážně geometrických,
- použití pokud možno barevně nepříliš komplikovaných znaků,
- použití nekomplikované struktury znaku,
- použití „halo“ neboli barevného lemu okolo znaku,
- použití znaků s vnitřní výplní, pokud výplň chybí je nutno dodat halo 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 (viz kapitola 6.2.6).

Každý bodový znak má tzv. vztahný bod, pomocí něž je umísťován do místa výskytu znázorňovaného jevu (Voženílek, 2011). Na rozdíl od klasické mapy nastává často

na ortofotomapě situace, kdy je objekt znázorněn kartografickým znakem a zároveň je zachycen na ortofotosnímku. Je třeba tedy zvážit umístění kartografického znaku, s objektem na ortofotosnímku pohybovat nelze. Z tohoto pohledu existují dvě možnosti:

- bodový kartografický znak umístit přímo na objekt, dojde však k částečnému (v případě použití průhlednosti) nebo úplnému znemožnění čitelnosti ortofotosnímku (viz kapitola 9, případová studie TEMA2),
- bodový kartografický znak umístit mimo objekt, pak je však třeba zajistit jednoznačnou identifikaci tohoto objektu a ztotožnění obou složek ortofotomapy (správným umístěním, vodící linkou).

Druhá možnost v podstatě popisuje situaci, kdy ortofotosnímek zobrazuje skutečný vzhled objektu a kartografický znak přiřazuje objektu sémantický význam, z ortofotosnímku nerozpoznatelný. Příkladem jsou budovy, kterým je pomocí bodových znaků přiřazen sémantický význam (škola, kostel, městský úřad, atd.). Obecně se bodové znaky umísťují na homogenní místa ortofotosnímku, pokud to situace dovolí.

### 6.1.2 Použití liniových znaků

Liniový znak může být použit jako samostatný vyjadřovací prostředek nebo jako součást složitějších plošných a jiných vyjadřovacích prostředků (kartogram, kartodiagram, tečková metoda, atd.) K základním parametrům liniových znaků patří jejich šířka (tloušťka), provedení kresby (struktura), barva a orientace (Voženílek, 2011).

Tabulka 6.1 Příklad skutečné velikosti objektu na mapě, popř. ortofotomapě

měřítko ortofotomapy							
objekt ortofotosnímku	1 000	5 000	10 000	25 000	50 000	100 000	
<b>cesta široká 5 m</b>	5	1	0,5	0,2	0,1	0,05	mm
<b>silnice široká 10 m</b>	10	2	1	0,4	0,2	0,1	mm
<b>vodní tok široký 20 m</b>	20	4	2	0,8	0,4	0,2	mm

Je třeba rozvážit, které prvky liniového charakteru budou na ortofotomapě vyjádřeny liniovými kartografickými znaky, důležitou roli v rozhodování hraje měřítko ortofotomapy. Stejně tak je nutné zvolit optimální tloušťku liniového znaku. Z tohoto pohledu mohou nastat tři situace:

- tloušťka objektu liniového charakteru zobrazená na ortofotosnímku je totožná s tloušťkou liniového znaku (viz například silniční komunikace v případové studii TEMA2). Tato situace je pochopitelně nejvhodnější, liniový znak plně překrývá objekt a zároveň nezakrývá objekty jiné. Ne vždy je však možné ji zabezpečit,
- tloušťka objektu liniového charakteru zobrazená na ortofotosnímku by byla větší než tloušťka liniového znaku. Je třeba si uvědomit, že například silnice široká 10 m má v měřítku ortofotomapy 1 : 1 000 tloušťku 10 mm. Použití takto silné čáry je již nevhodné. Lze použít tenčí čáru, pak ale dojde k zobrazení objektu částečně na ortofotosnímku (okraje) a zároveň i znakovou složkou (středová část). Druhou možností je nepoužít liniový znak vůbec a ponechat vyjádření objektu pouze ortofotosnímkiem. Je evidentní, že čím je měřítko větší, tím více těchto situací je nutné řešit, převážně ve prospěch ortofotosnímku a redukce znakové složky. Například v případové studii TOPO2 v měřítku nejsou vzhledem k velkému měřítku 1 : 5 000, tzn. zřetelnému zobrazení na ortofotosnímku, liniové kartografické znaky téměř vůbec použity,

- tloušťka objektu liniového charakteru zobrazená na ortofotosnímku by byla menší než tloušťka liniového znaku. Tato situace je charakteristická pro menší měřítka, kdy je třeba liniové objekty zobrazit znaky, protože z ortofotosnímku by byly špatně čitelné. Nelze jít pod minimální čitelnou tloušťku čáry 0,1 mm, která například v měřítku 1 : 100 000 je 10 m.

Z hlediska provedení kresby je možné použít různá provedení obdobně jako na klasické mapě. Provedení kresby může být plné, čárkované, čerchované, jednočaré, dvoučaré, apod., v zásadě je možné všechna tato provedení na ortofotomapě aplikovat. Stejně jako u bodových znaků je třeba zvolit správnou barevnost tak, aby byl liniový znak dobře čitelný. Barva liniového znaku se používá i pro barevné provedení dílčích částí znaku v rámci jeho struktury (okrajové linie, výplň plochy mezi nimi, doprovodné znaky a další) (Voženílek, 2011). Dobře odlišitelný je znak tříčarý dvoubarevný, dvě vnější čáry plní funkci halo, 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.

Lze též upozornit, že se zmenšujícím se měřítkem ortofotomapy se zvyšuje počet objektů vyjádřených liniovými kartografickými znaky oproti ponechání vyjádření pouze ortofotosnímkiem (viz například případové studie TOPO1 a TOPO2).

Kartografické liniové znaky se do mapy umísťují pomocí tzv. vztahných linií, kterými bývají většinou osy linií nebo hlavní čáry liniových znaků (Voženílek, 2011). Na ortofotomapách je nutné se na rozdíl od klasických map zabývat řešením polohového souladu liniových kartografických znaků a obrazovou složkou. Z technického pohledu mohou nastat dvě situace:

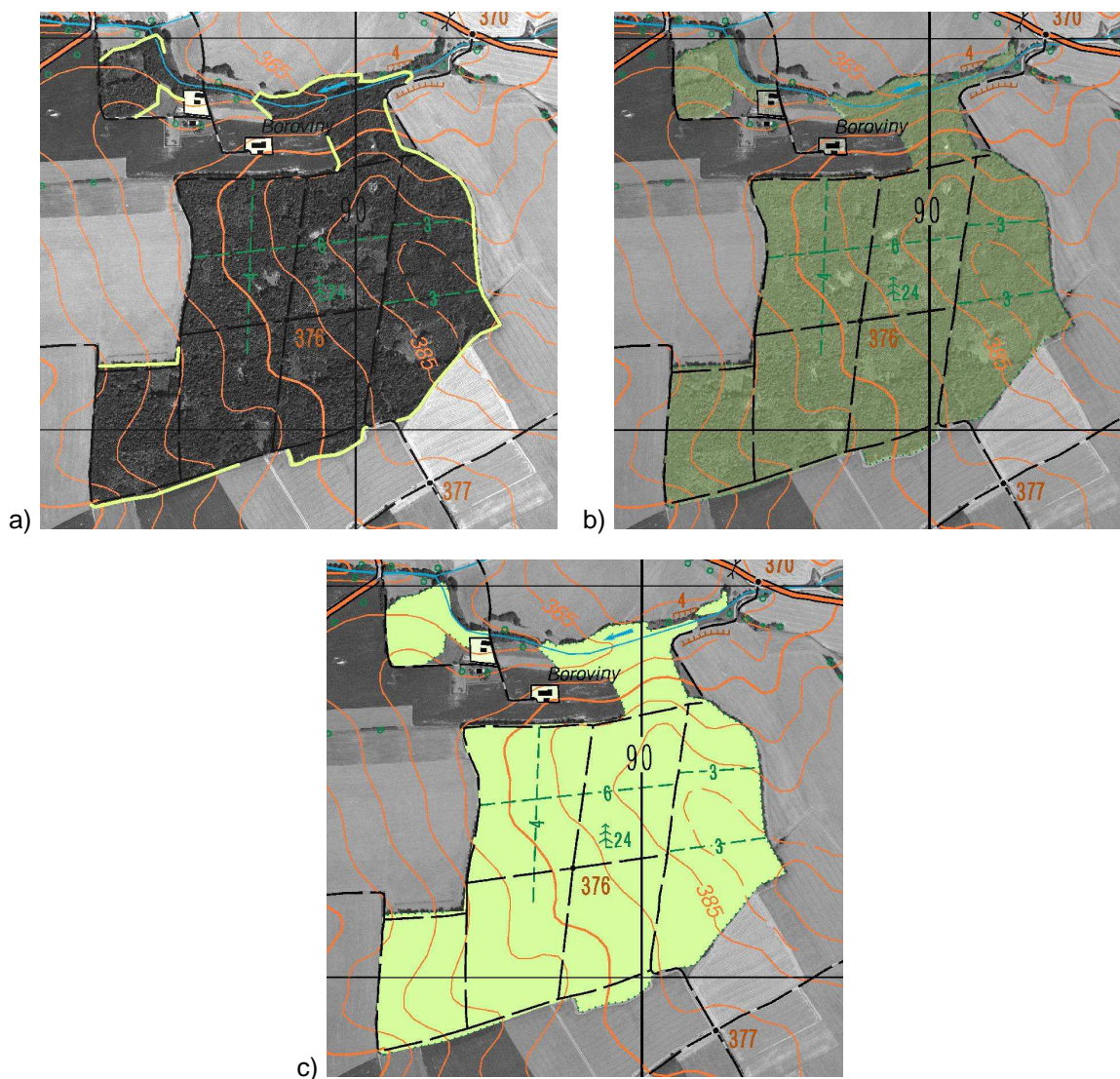
- znaková složka (z technického pohledu vektorové vrstvy) vznikla na podkladě ortofotosnímku, v tomto případě je sladění bezproblémové,
- vektorové vrstvy vznikly na podkladě jiného zdroje a absolutní polohová přesnost znakové složky nemusí korespondovat s absolutní polohovou přesností obrazové složky. Sladění nemusí být dokonalé a průběh liniových prvků zobrazených na ortofotosnímku nemusí korespondovat s průběhem liniových kartografických znaků. V případě malých odchylek a příhodného měřítka lze tento nesoulad „zakrýt“ vhodnou tloušťkou čáry, v opačném případě je nutné polohu liniových prvků vektorové vrstvy přizpůsobit ortofotosnímku.

### 6.1.3 Použití plošných znaků

Plošný znak může být použit ke znázorňování prostorových jevů jako samostatný vyjadřovací prostředek v areálové metodě nebo jako součást složitějších vyjadřovacích prostředků v různých metodách (Voženílek, 2011). Plošný kartografický znak má dva parametry, a to výplň a obrys.

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

- plošné znaky vyjádřené pouze obrysem (obr. 6.2 a),
- plošné znaky vyjádřené obrysem a průhlednou výplní, obrys v tomto případě nemusí být výrazný nebo může úplně chybět (obr. 6.2 b nebo viz kapitola 9, případová studie TOPO1), průhlednou výplň lze např. kombinovat se šrafováním (viz kapitola 9, případová studie TEMA4),
- plošné znaky vyjádřené obrysem a neprůhlednou výplní (obr. 6.2 c), 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.



Obr. 6.2 Plošný znak vyjádřený obrysem (a), obrysem a průhlednou výplní (b), obrysem a neprůhlednou výplní (c)

Plošné znaky nemají vztažný bod ani linii. V mapě se vykreslují umístěním obrysu ohraničující areál skutečného rozšíření znázorňovaného jevu (Voženílek, 2011). Pro řešení polohového souladu obrysové čáry plošného kartografického znaku a hranice areálu zobrazeného na ortofotosnímku platí stejná pravidla jako v případě liniových znaků.

Z pohledu polohového souladu mezi znakovou a obrazovou složkou je situace obdobná jako v případě liniových znaků. Nesoulad (obr. 6.3) je nutné řešit opravou polohového umístění prvků znakové složky, jinak není možné tento datový podklad pro sestavení ortofotomapy použít.





Obr. 6.3 Polohový nesoulad mezi znakovou a obrazovou složkou

#### 6.1.4 Barevnost znakové složky ortofotomapy

Barva je jednou z grafických proměnných kartografických znaků jazyka mapy. Lze konstatovat, že pro sestavení a čitelnost znakového klíče znakové složky ortofotomapy má klíčový význam a proto jí bude věnována samostatná kapitola. Již několikrát bylo zdůrazněno, že nehomogenita obrazové složky ztěžuje čitelnost znaků znakové složky. Ortofotosnímek jako podklad je charakteristický barevnou nehomogenitou vyplývající z častého střídání hodnot pixelů. Pro černobílý (panchromatický) ortofotosnímek v 8-bitovém formátu existuje 256 stupňů šedi, pro barevný tříkanálový ortofotosnímek v 8-bitovém formátu může nastat až  $256^3$  (cca 16,7 mil.) kombinací hodnot, resp. odstínů v barevném modelu RGB. Volba správné barvy kartografického znaku, jeho výplně, podkladu či obrysu je rozhodujícím pro jeho správnou čitelnost. Barvou má smysl se zabývat zejména v případě použití chromatických barev pro znakovou složku a sladění s barevným nebo černobílým ortofotosnímekem. Nutno poznamenat, že způsoby řešení barevnosti lze obdobným způsobem aplikovat i na popis.

Barvu prvků znakové složky lze v zásadě volit dvěma způsoby:

- **intuitivně**, kdy autor ortofotomapy empiricky víceméně „citem“ volí barvu na základě různého množství pokusů, kdy hodnotí čitelnost, tato metoda je zatížena velkým stupněm subjektivity, je však třeba dbát na dostatečně velký kontrast mezi znakovou a obrazovou složkou, obecně lze říci, že vhodnými barvami jsou purpurová, žlutá a červená, použití ostatních barev pro znakovou složku nebo popis vyžaduje halo efekt,
- **automaticky**, kdy je barva volena dle předem daného vzorce nebo algoritmu, výhodou je „a-priori“ matematicky definovaný přístup bez subjektivity, nevýhodou a problémem je nalezení vhodného algoritmu, který by vyhovoval pro všechny barevné odstíny, typy ortofotomap i požadavkům uživatele.

Obecně se při hledání barvy znakové složky řeší vztah obrazová složka - znaková složka ve smyslu rozdílnosti v barevnosti. Je třeba rozlišit situaci, kdy je obrazová složka černobílá a kdy barevná. První situace je k řešení jednodušší, volba barvy na černobílý podklad je poměrně jednoduchá, je v zásadě nutné vyvarovat se černé a bílé barvy, popř. odstínů šedi. Složitější situace nastává při řešení barevnosti znakové složky v případě, že je podkladem barevný ortofotosnímek. Autor se pokusil navrhnout možné metody nalezení barvy znakové složky řešené automaticky na základě barvy ortofotosnímku, na níž by měl být kartografický znak položen. Metody předpokládají, že každá barva je charakterizována svým umístěním

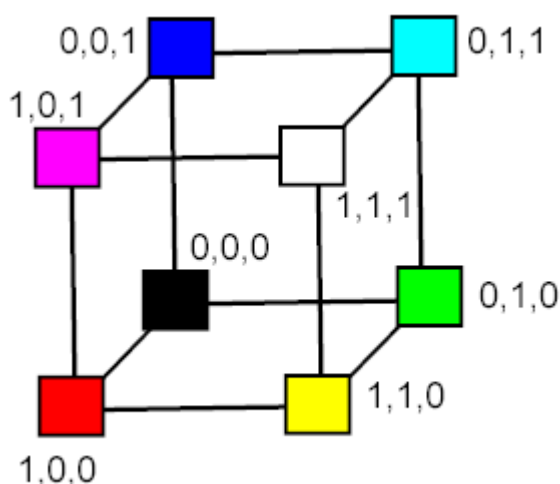
v barevném modelu RGB (aditivní skládání barev), resp. v modelu HLS (hue = tón, lightness = světllost, saturation = sytost).

Výhoda RGB: vhodný pro monitory, při práci s obrazovými daty (tj. i s ortofotosnímky) v DPZ se v něm většinou pracuje

Nevýhoda RGB: lidské oko vychází při vnímání barev z jiné práce s barvami

### Metoda nejvzdálenější barvy v barevném modelu RGB

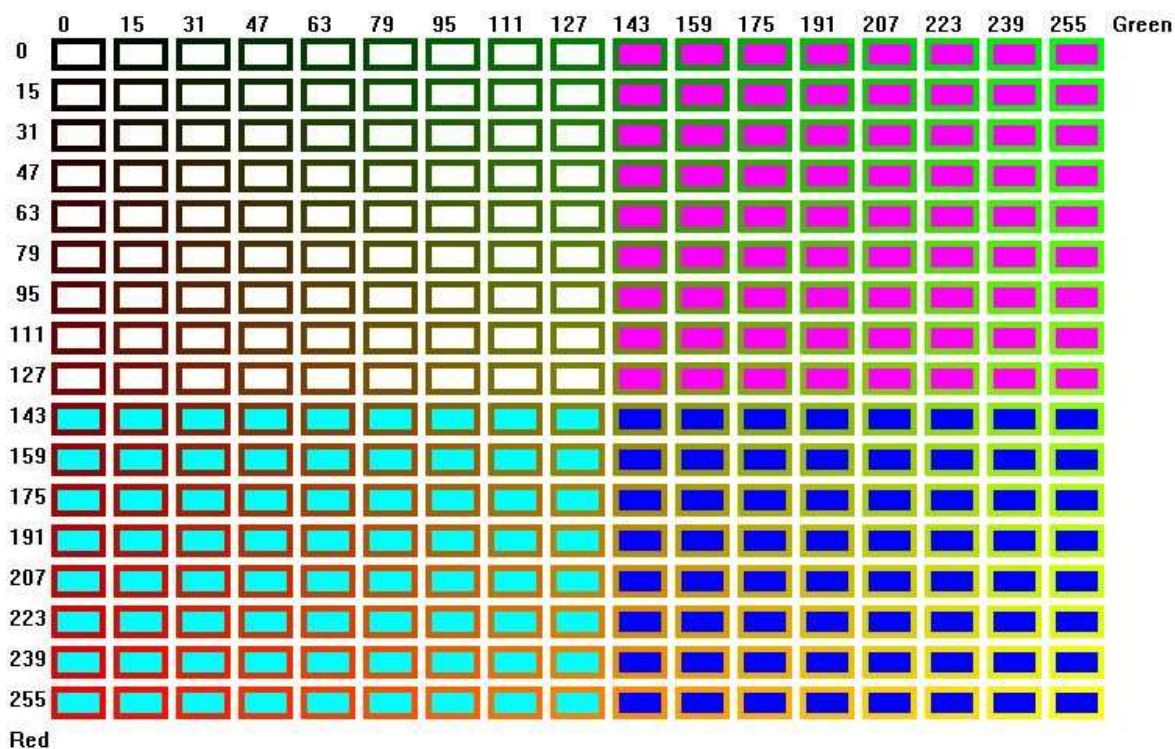
V barevném modelu RGB je každá barva reprezentována uspořádanou trojicí hodnot představující množství základních barevných složek - červené, zelené, modré - v této výsledné barvě. V prostoru jsou barvy, vyjádřené trojbarvými jednotkami, znázorňované pomocí vektorové geometrie. Osy představující vektory základních barev jsou voleny tak, aby navzájem svíraly stejné úhly (Voženílek 2004). Geometricky lze tento model vyjádřit jednotkovou krychlí (obr. 6.4) s hodnotou strany 1, výchozí barva je reprezentována bodem ležícím uvnitř této krychle. Úloha nalezení nejvzdálenějšího bodu v prostoru krychle je přenesením úlohy z roviny, kde se hledá nejvzdálenější bod k výchozímu bodu ležícímu uvnitř čtverce. Pomocí Pythagorovy věty lze dokázat, že tímto bodem bude vrchol čtverce ležící ve středově souměrném kvadrantu. Úloha má v rovině dvě řešení, pokud výchozí bod leží na ose jedné ze stran. Úloha má v rovině čtyři řešení, pokud výchozí bod leží ve středu čtverce. Obdobně v prostoru nejvzdálenějším bodem bude vrchol krychle. Například pro zelenou barvu s uspořádanou trojicí hodnot RGB (0, 1, 0) je nejvzdálenější barvou fialová s uspořádanou trojicí hodnot RGB (1, 0, 1). Úlohu lze převést z obecného intervalu (0 až 1 do 8-bitového formátu, kde nabývají hodnoty celých čísel od 0 do 255, výsledek výpočtu barvy pro vybrané hodnoty ukazují obr. 6.5 a 6.6.



Obr. 6.4 RGB model (Zdroj: Čerba 2006)



Obr. 6.5 Metoda nejvzdálenější barvy - příklad pro výchozí (podkladovou) barvu v modelu RGB (127, 223, 127)



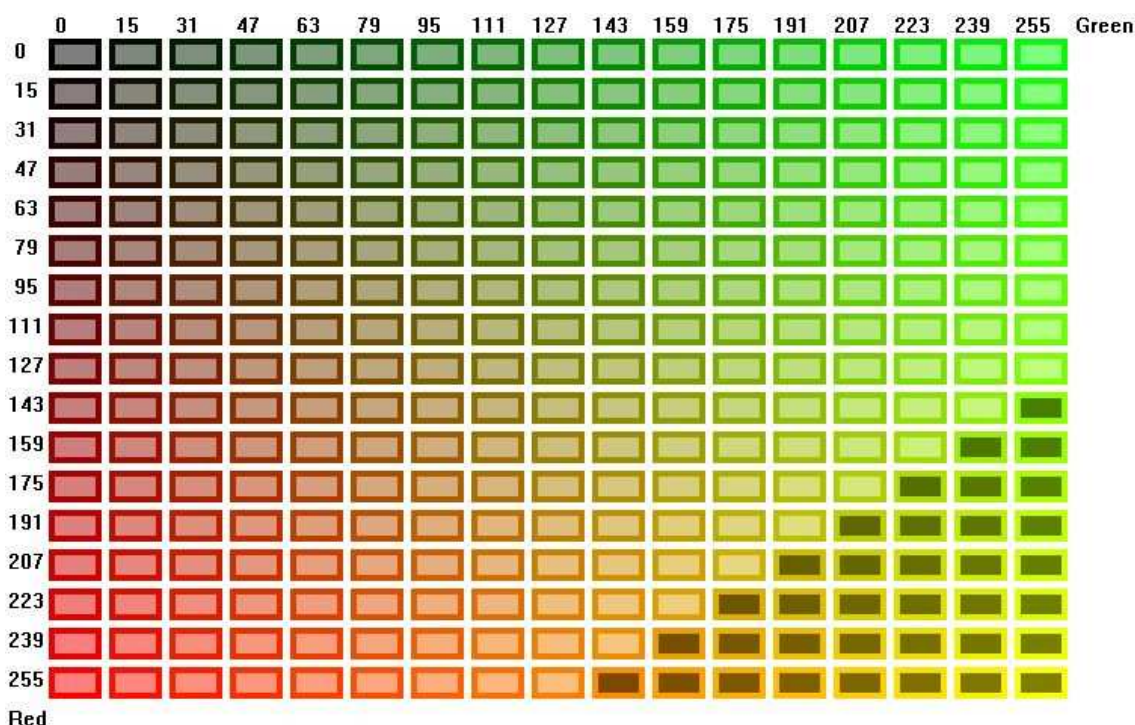
Obr. 6.6 Metoda nejvzdálenější barvy (obrys = výchozí barva, výplň = vypočtená barva), příklad s hodnotou 0 pro modrou, hodnoty červené uvedeny vlevo, hodnoty zelené uvedeny nahoře

### Metoda příbuzné barvy v barevném modelu RGB

Metoda nalezení příslušné barvy se skládá ze dvou kroků. Nejprve se určí vzdálenost k vrcholům krychle, které reprezentují černou a bílou barvu. Určí se polovina delší vzdálenosti, což následně reprezentuje hledanou barvu. Toto řešení představuje méně kontrastní variantu, výsledná barva má podobný odstín jako barva výchozí (viz obr. 6.7 a 6.8). Kontrast je zde velmi malý, lze tuto variantu použít málo. Tato metoda hledání barvy byla využita při definici barev v případové studii TEMA4 pro kódy funkčních ploch. Tedy při řešení barevnosti popisu ve vztahu k plošnému kartografickému znaku.



Obr. 6.7 Metoda příbuzné barvy - příklad pro výchozí (podkladovou) barvu v modelu RGB (127, 223, 127)



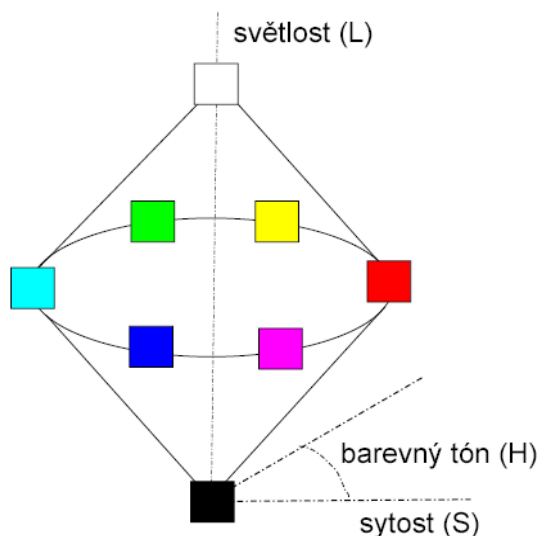
Obr. 6.8 Metoda příbuzné barvy (obrys = výchozí barva, výplň = vypočtená barva), příklad s hodnotou 0 pro modrou, hodnoty červené uvedeny vlevo, hodnoty zelené uvedeny nahoře

### Metoda opačného tónu v barevném modelu HLS

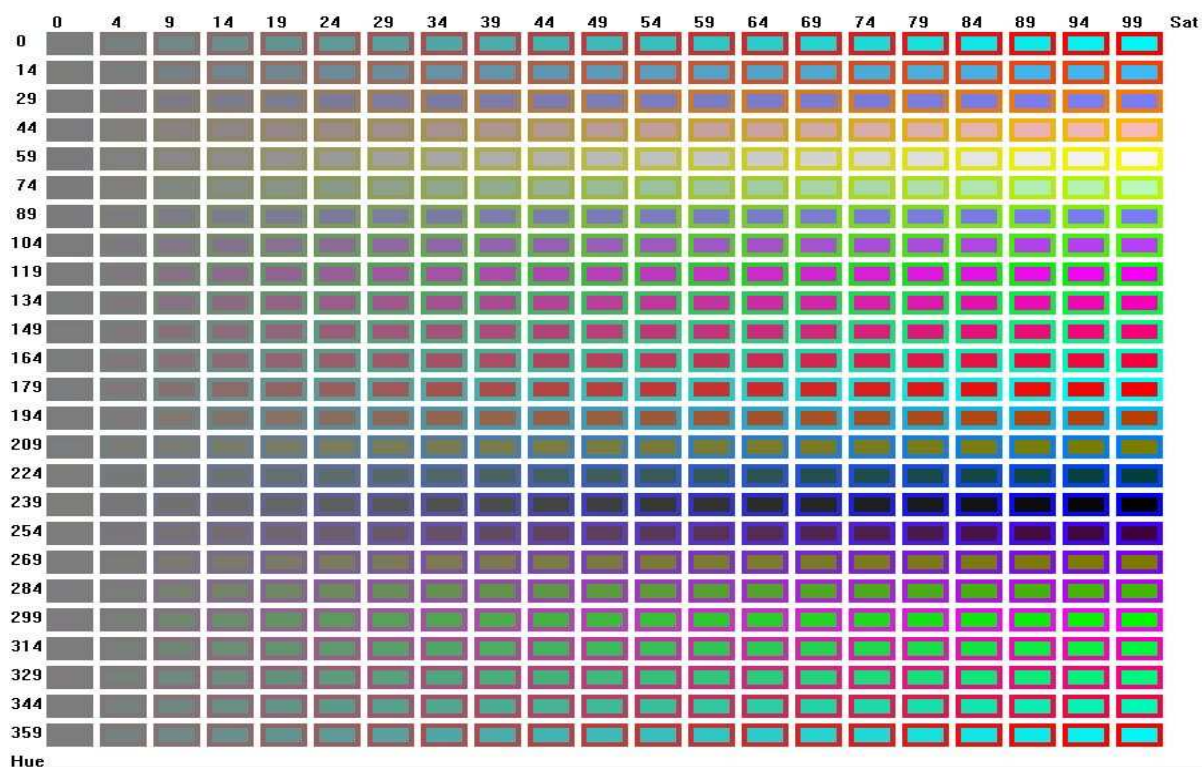
Model HLS je svojí podstatou blízký intuitivnímu (lidskému) popisu barev (Voženílek, 2004). Všechny barvy jsou popsány trojicí složek tón, světlost a sytost. Geometricky se jedná o dvojici kuželů (obr. 6.9). Barevný tón je vyjádřen úhlovou hodnotou, světlost se mění od 0 (černá v dolním vrcholu) do 1 (bílá v horním vrcholu), sytost nabývá na povrchu kuželů hodnoty 1 a klesá na 0 směrem k ose kuželů (Voženílek, 2004). Výhodou modelu HLS je možnost změny jednoho parametru (např. tónu) při zachování ostatních parametrů.

Metoda spočívá v přičtení k výchozí úhlové hodnotě tónu 180 stupňů, čímž vyjde hodnota na opačné straně kruhu. Metodu lze ještě modifikovat tak, že se výchozí hodnota sytosti nahradí nejvzdálenější hodnotou z intervalu  $\langle 0, 1 \rangle$ . Příklady výsledků výpočtu barvy pro vybrané hodnoty ukazují obr. 6.10 a 6.11.

Při praktickém použití je třeba nejprve zajistit převod z barevného modelu RGB do modelu HLS a po výpočtu výsledné hodnoty její převod zpět do modelu RGB. Algoritmus je například popsán v Erdas (2011) nebo v Getreuer (2010).



Obr. 6.9 Model HLS (Zdroj: Čerba 2006)



Obr. 6.10 Metoda opačného tónu v modelu HLS (obrys = výchozí barva, výplň = vypočtená barva), příklad s hodnotou 50 % pro světlost, hodnoty tónu ve stupních uvedeny vlevo, hodnoty sytosti v procentech uvedeny nahoře



Obr. 6.11 Metoda opačného tónu v modelu HLS - příklad pro výchozí (podkladovou) barvu v modelu HLS (104, 0,50, 0,79)

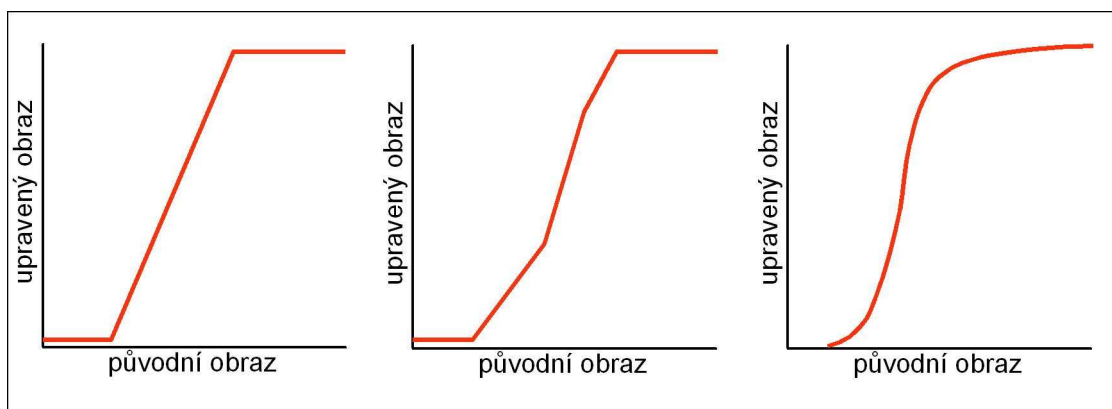
## 6.2 Vyjadřovací prostředky obrazové složky

Obrazová složka je vyjádřena hodnotami jejích základních elementů (pixelů) a rozvržením těchto hodnot v pravidelné mřížce, kterou tvoří. 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).

### 6.2.1 Radiometrické úpravy - práce s histogramem

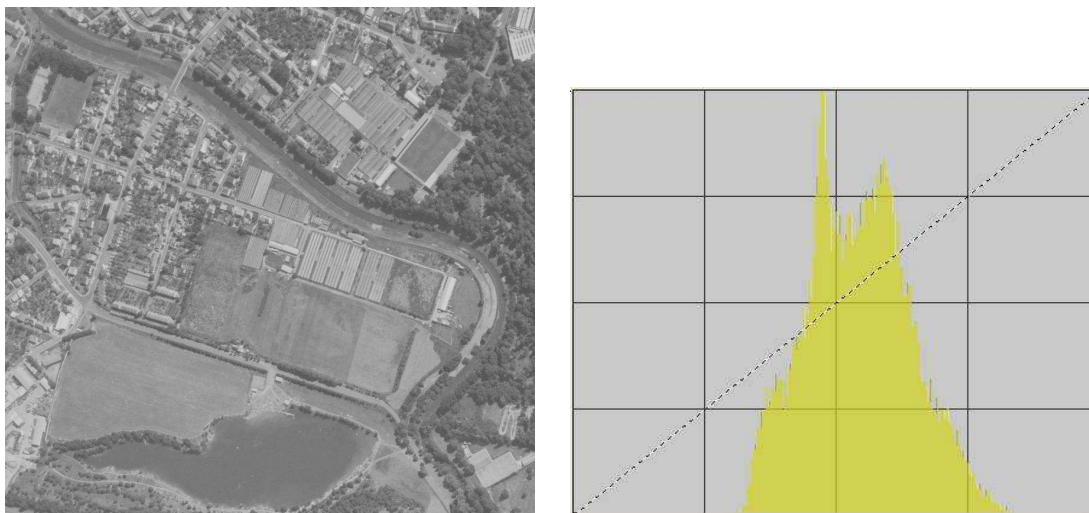
Radiometrické úpravy představují práci s jednotlivými hodnotami základních elementů obrazu zvlášť. K úpravám se využívá tzv. histogram obrazu, který lze definovat jako vyjádření četnosti zastoupení jednotlivých hodnot pixelů obrazu. Černobílý obraz existující v jednom spektrálním pásmu má jeden histogram, počet histogramů multispektrálních snímků se rovná počtu spektrálních pásem. Jak uvádí Pavelka a kol. (2001), originální obraz ve velké většině případů neobsahuje pixely, jejichž hodnoty by nabývaly všech možností daných kódováním. Nevyužití plného rozsahu hodnot v praktickém výsledku znamená výskyt „závoje“ (viz obr. 6.13).

Úpravy původního histogramu mají za cíl efektivní využití plného rozsahu hodnot daných kódováním obrazu. Převod původního histogramu na upravený se děje pomocí funkce, která transformuje hodnoty pixelů do jiných hodnot (Pavelka a kol., 2001). Využití plného rozsahu hodnot lze docílit roztažením histogramu původního obrazu. Roztažení histogramu je možné rozdělit na lineární, lineární po částech a nelineární (obr. 6.12).

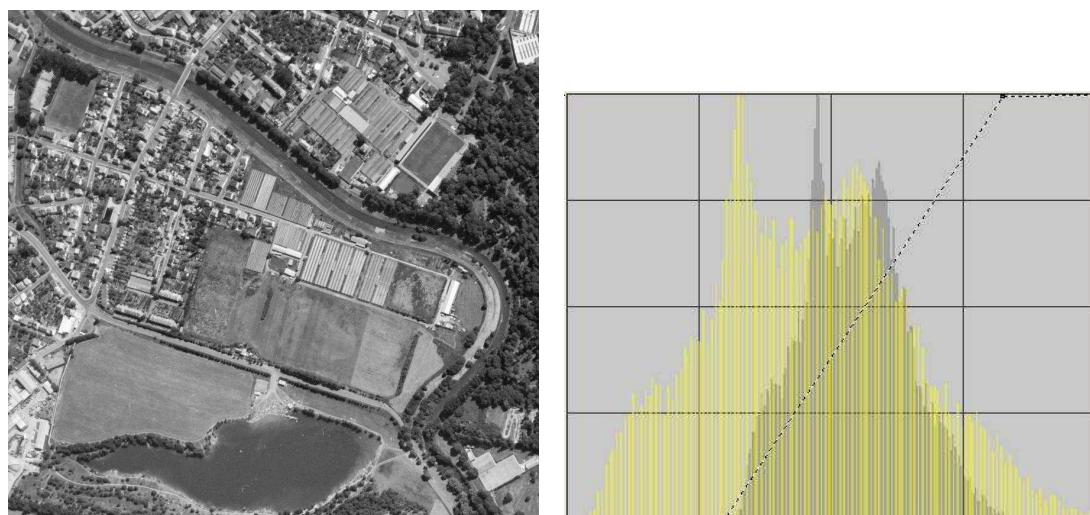


Obr. 6.12 Lineární, lineární po částech a nelineární roztažení histogramu

Lineární roztažení histogramu rovnoměrně rozpočítá hodnoty pixelů do nového rozsahu, tzn. rovnoměrně zvýší kontrast v upraveném obraze (obr. 6.14). Lineárním roztažením po částech lze zvýraznit (upravit kontrast) pro určitou část hodnot původního obrazu. Nelineární roztažení zvyšuje kontrast v určité části histogramu a snižuje na jiné.



Obr. 6.13 Snímek se závojem a jeho původní histogram



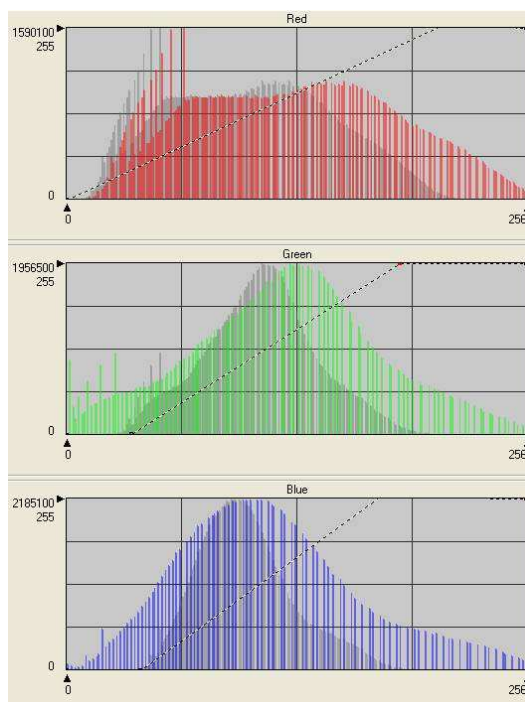
Obr. 6.14 Snímek bez závoje a jeho histogram po aplikaci lineárního roztažení

Správně provedené radiometrické úpravy jsou velmi důležité pro splnění požadavku dobré čitelnosti snímku. Barevné vyladění obrazu je problematikou poměrně složitou a je velmi obtížné stanovit jeden zobecněný postup, který by byl použitelný na všechny soubory výřezů ortofotosnímků v rámci celého díla. Při barevné úpravě nelze přistupovat ke každému souboru izolovaně, ale je třeba ho řešit v návaznosti na okolní soubory ortofotosnímků tak, aby byla zajištěna barevná homogenita v rámci celého díla. Nicméně zajistit jednotnou radiometrii znesnadňuje celá řada faktorů, počínaje samotným snímkováním přes skenování pořízených barevných negativů (popř. diapozitivů) až po poměrné zastoupení jednotlivých přírodních (pole, lesy, vodní plochy, atd.) a antropogenních (sídla, těžební oblasti, atd.) prvků v rámci jednoho snímku. Tento proces v podstatě není možné provádět automatizovaně, ale je nutné řešit soubory případ od případu za využití vhodného programového vybavení a nabytých zkušeností. Radiometrické úpravy je též nutné provádět ve vztahu k výstupnímu tiskovému zařízení, nevyhnutelné je provedení tiskových zkoušek.

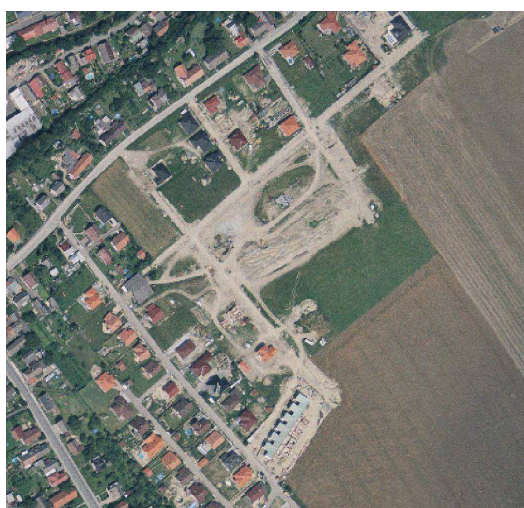
Práce s histogramy obrazu se řídí obecnými zásadami:

- upravit histogramy původního obrazu (obr. 6.16) ve všech třech kanálech (R-červený, G-zelený, B-modrý) do tvaru Gaussovy křivky, přičemž nejvíce hodnot přesunout do střední části (viz obr. 6.15). Posun histogramu jednoho kanálu určitým směrem by znamenal určitý barevný nádech (viz obr. 6.18 a, b),

- vyvarovat se krajním hodnotám pixelů 0 a 255 a hodnotám těmto velice blízkým - tmavý nebo naopak přесvětlený obraz (viz obr. 6.17 b),
- 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,

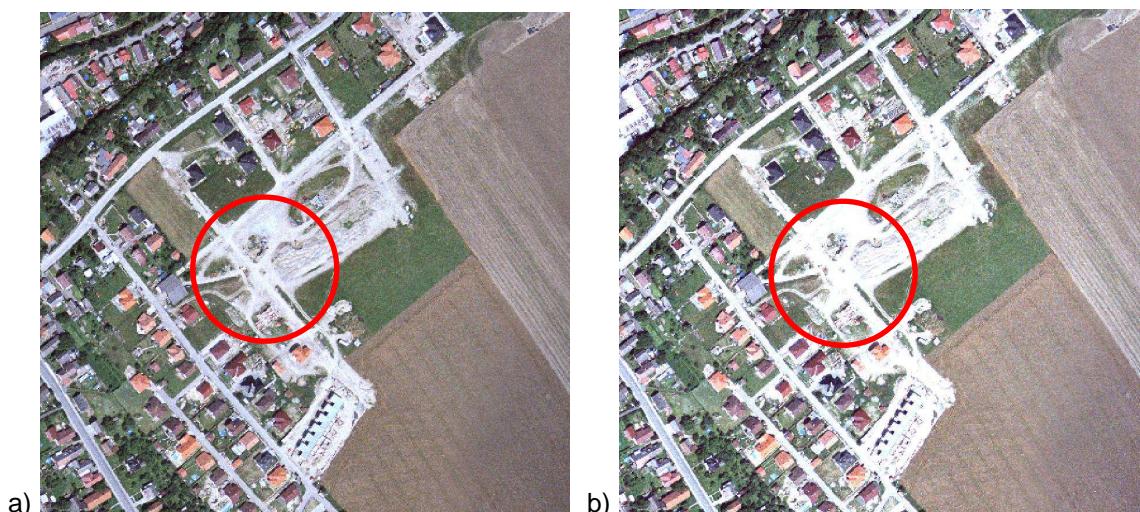


Obr. 6.15 Správné použití lineárního roztažení pro ortofotosnímek v barevném modelu RGB (šedivě histogramy původního obrazu, barevně histogramy upraveného obrazu)

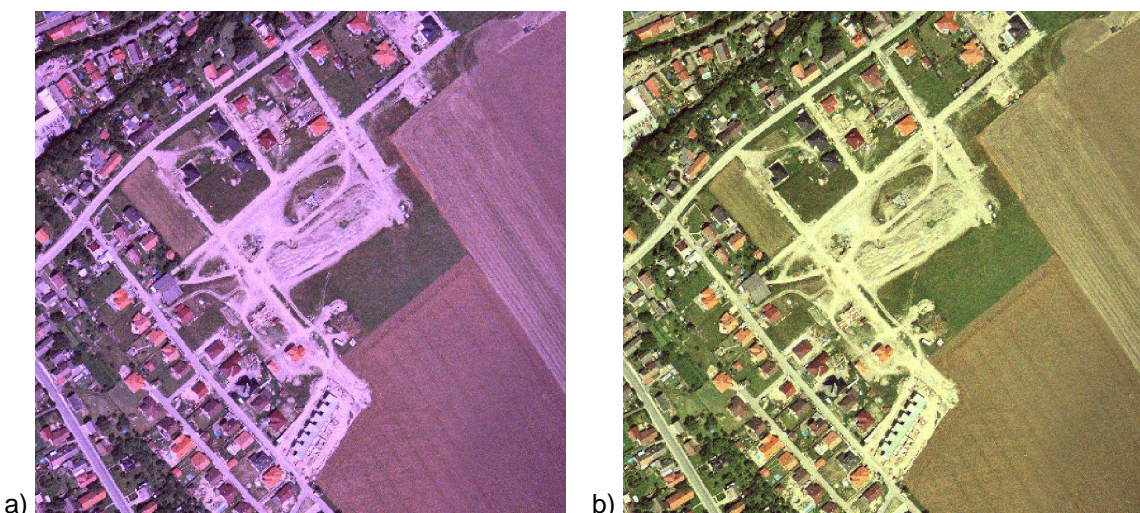


Obr. 6.16 Původní obraz





Obr. 6.17 Správné (a) a nesprávné (ztráta informace) (b) roztažení histogramu



Obr. 6.18 Nesprávné posunutí histogramu jednoho kanálu znamenající barevný nádech. Potlačení zelených odstínů = červený nádech (a), potlačení modrých odstínů = žlutý nádech (b)

- lineární roztažení nebo lineární roztažení po částech je vhodnou metodou úpravy dat pro produkci ortofotomap.

### 6.2.2 Převod barevného snímku na černobílý

Snímek může existovat jako černobílý již při pořizování snímků. Pokud existuje spektrálních pásem více (např. červené, zelené a modré), je možné tyto využít ke generování černobílého, tzn. jednopásmového, snímku. Lze použít následující postupy:

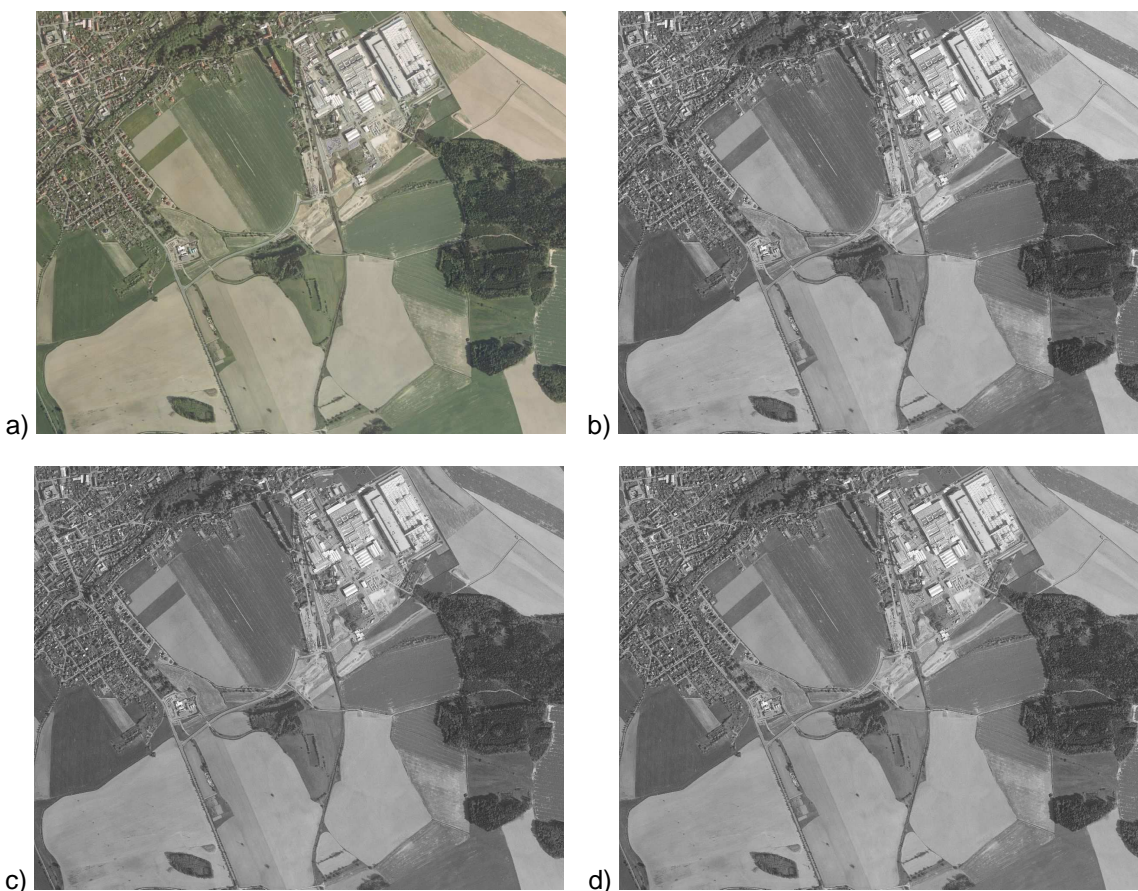
- **využití RGB modelu**, ve kterém je ortofotosnímek primárně uložen:
  - separace jednoho spektrálního pásma (obr. 6.20 b),
  - rovnoměrné zastoupení všech složek řešené lineární kombinací tří pásem (obr. 6.20 c), tzn. použití vzorce

$$CB = 0,333 * R + 0,333 * G + 0,333 * B \quad (V. 6.1),$$

- nerovnoměrné zastoupení složek, tzn. větší váha jednomu pásmu - nižší hodnota pro barevný kanál znamená, že budou objekty této barvy v černobílém obraze tmavší

a naopak, vyšší hodnota bude znamenat ve výsledném obraze světlejší stupeň šedi (obr. 6.20 d, e). Při porovnání různých výstupů s různým nastavením vah bylo pozorováno, že je tento efekt téměř nezatelný.

- **využití barevného modelu HLS (tón, světlost, sytost)** – použití hodnoty světlosti, praktické provedení bylo testováno v prostředí ERDAS IMAGINE, nejprve bylo nutné převést barevné složky z modelu RGB do modelu HLS, více viz ERDAS (2010), následně byla separována složka „světlost“ s intervalem hodnot  $<0,1>$ , které pak byly převedeny do 8-bitové škály hodnot s intervalem  $<0,255>$ . Autor k tomuto účelu vytvořil vlastní model jako kompilaci existujících nástrojů a procedur, tzn. převod do barevného modelu HLS a převedení reálných čísel na celá v 8-bitové škále. V porovnání s předchozím výpočtem je výsledek kvalitnější ve smyslu kontrastu a neexistence „závoje“. Výsledek nevyžaduje prakticky žádné další radiometrické úpravy (obr. 6.20 f) pro použití k sestavení ortofotomapy (viz kapitola 9, případová studie TOPO1 nebo TEMA4).





6.20 Originální barevný ortofotosnímek (a), červené pásmo (b), lineární kombinace tří pásem s rovnoměrným zastoupením (nekontrastní, se závojem jako na originálním snímku, světlost vyhovující) (c), lineární kombinace tří pásem s nerovnoměrným zastoupením (13%, 73%, 13%) - světlejší obraz v místech původního zeleného odstínu (d), lineární kombinace tří pásem s nerovnoměrným zastoupením (73%, 13%, 13%) - světlejší v místech červeného odstínu (střechy, i hnědá pole) (e), světlost separovaná z modelu HLS (optimálně kontrastní výsledek bez závoje) (f)

### 6.2.3 Filtrování obrazu - prostorové filtry

Při tzv. filtrování obrazu jsou hodnoty pixelů modifikovány na základě hodnot okolních pixelů. Velikost čtvercového filtrovacího okénka (angl. „kernel“) je vždy o lichém počtu řádků (sloupců) a volí se v rozmezí 3×3, 5×5, 7×7, 9×9 a výjimečně i více pixelů. Operace ve filtrovacím okénku jsou definovány vzhledem ke středovému pixelu (Pavelka a kol., 2001) a výpočet je realizován následujícím vztahem dle (ERDAS, 2010):

$$V = \frac{\sum_{i=1}^q \left( \sum_{j=1}^q f_{ij} d_{ij} \right)}{F} \quad (\text{V.6.2}),$$

kde

$V$  = nová hodnota středového pixelu,

$f_{ij}$  = koeficient ve filtrovacím okénku na  $i$ -tém řádku a  $j$ -tém sloupci,

$d_{ij}$  = hodnota pixelu původního obrazu odpovídající příslušné poloze ve filtrovacím okénku, tj. na  $i$ -tém řádku a  $j$ -tém sloupci,

$q$  = rozměr filtrovacího okénka,

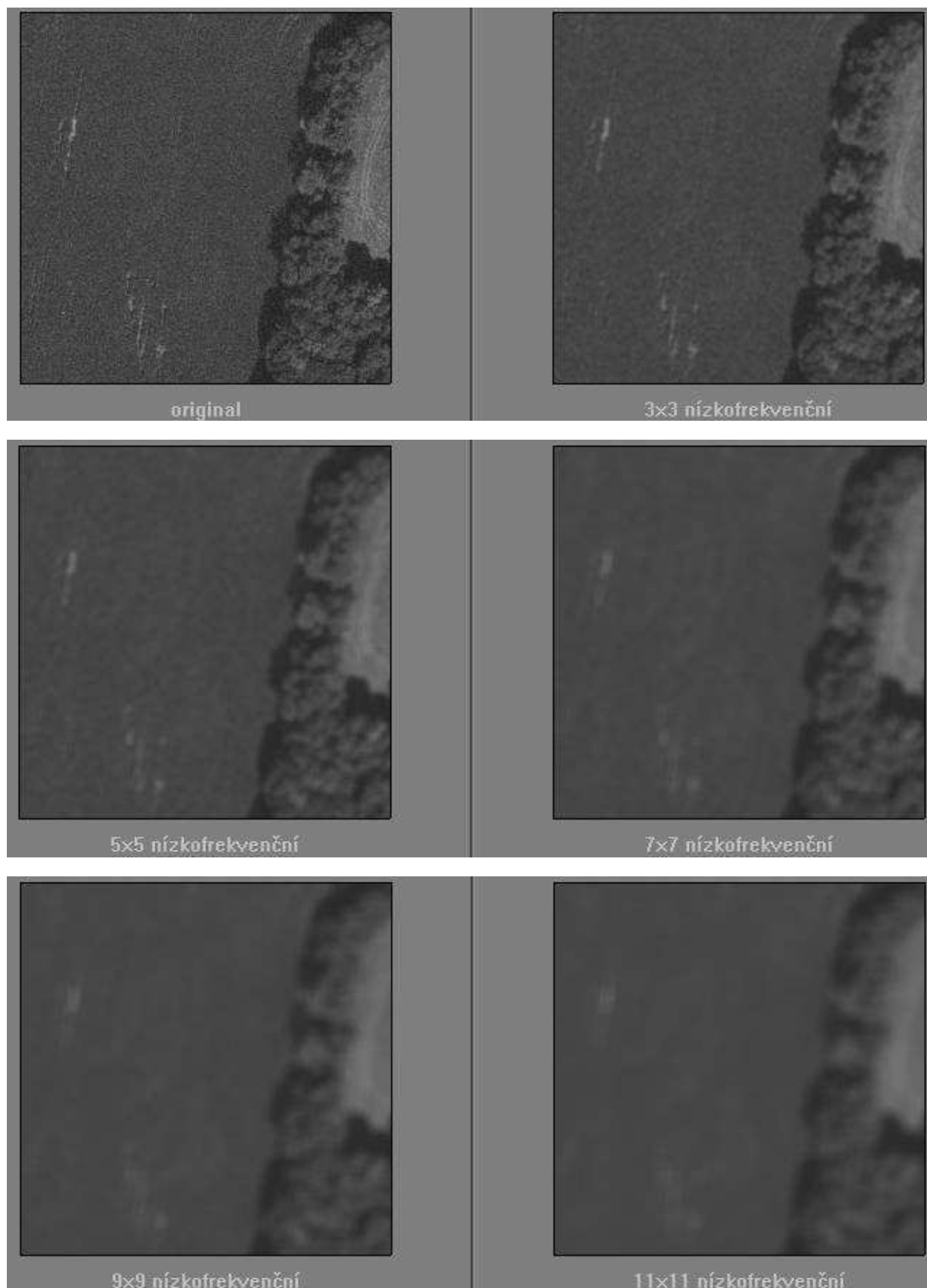
$F$  = součet koeficientů filtrovacího okénka, pokud je roven 0, volí se hodnota 1.

Pro obrazová data, následně používaná pro tvorbu ortofotomap, lze použít následující úpravy se zmíněným efektem (výsledkem):

- **nízkofrekvenční filtry** – mohou mít kladný (odstranění šumu, úmyslné potlačení obrazových dat jako topografického podkladu) nebo záporný efekt na obrazová data (potlačení prostorového detailu), Jak uvádí (Pavelka a kol., 2001) tento filtr ničí liniové prvky.

Nejjednodušším a nejběžnějším způsobem vyhlazení je prosté průměrování hodnot, tzn. všechny koeficienty filtrovacího okénka mají hodnotu rovnou 1. Váha všech hodnot

okolních pixelů je tímto stejná. Se zvyšující se velikostí filtrovacího okénka se zvyšuje vyhlazení snímku a dochází k potlačení detailu (obr. 6.21).



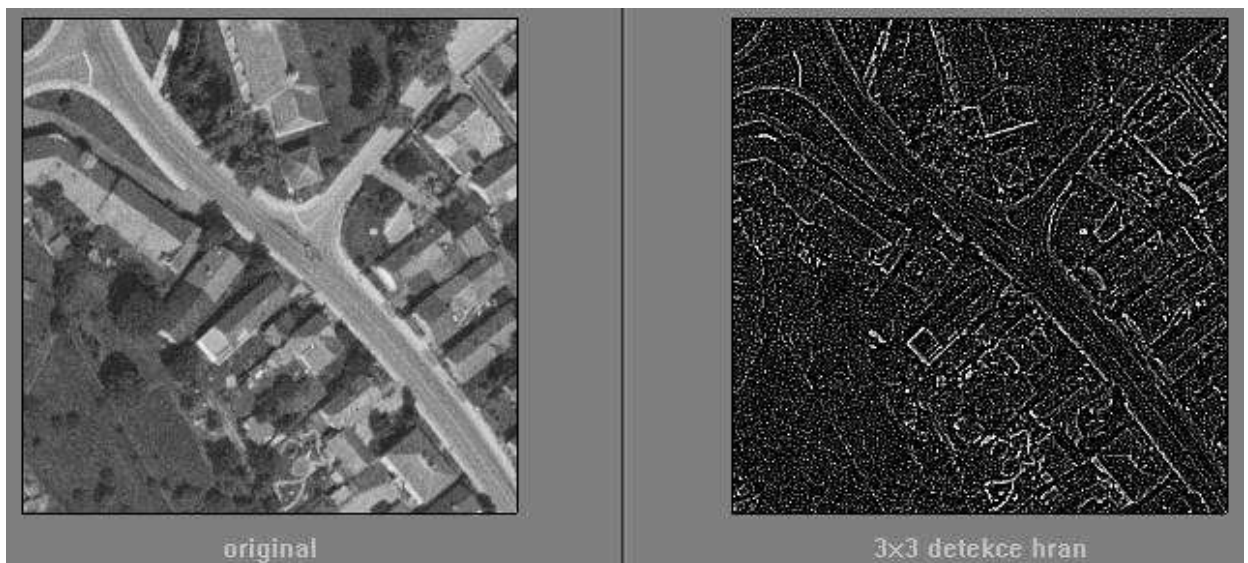
Obr.6.21 Použití různé velikosti filtrovacího okna a efekt vyhlazení ortofotosnímku

- **vysokofrekvenční filtry:** jejich použití znamená ve výsledku zostření snímku, resp. zvýraznění detailu, při průchodu filtrovacího okna dochází ke zvýšení kontrastu mezi sousedními pixely, tzn. zvýšení rozdílu mezi hodnotami sousedních pixelů.

Hodnoty koeficientů filtrovacího okénka jsou voleny tak, aby okolní pixely tvořily „protiváhu“ k pixelu středovému, nejčastěji nabývají hodnoty -1, zatímco hodnotu středového koeficientu lze volit, což bylo dále otestováno.

Autorem byly testovány následující hodnoty velikosti filtrovacího okna a hodnoty středového koeficientu:

- velikost filtrovacího okna 3×3
  - hodnota středového koeficientu nastavena na 8 (obr. 6.22 vpravo) nebo 9, tato úprava je vhodná pro detekci hran, obraz už je natolik rozdílný od původního, že je jako obrazová složka ortofotomapy nepoužitelný,



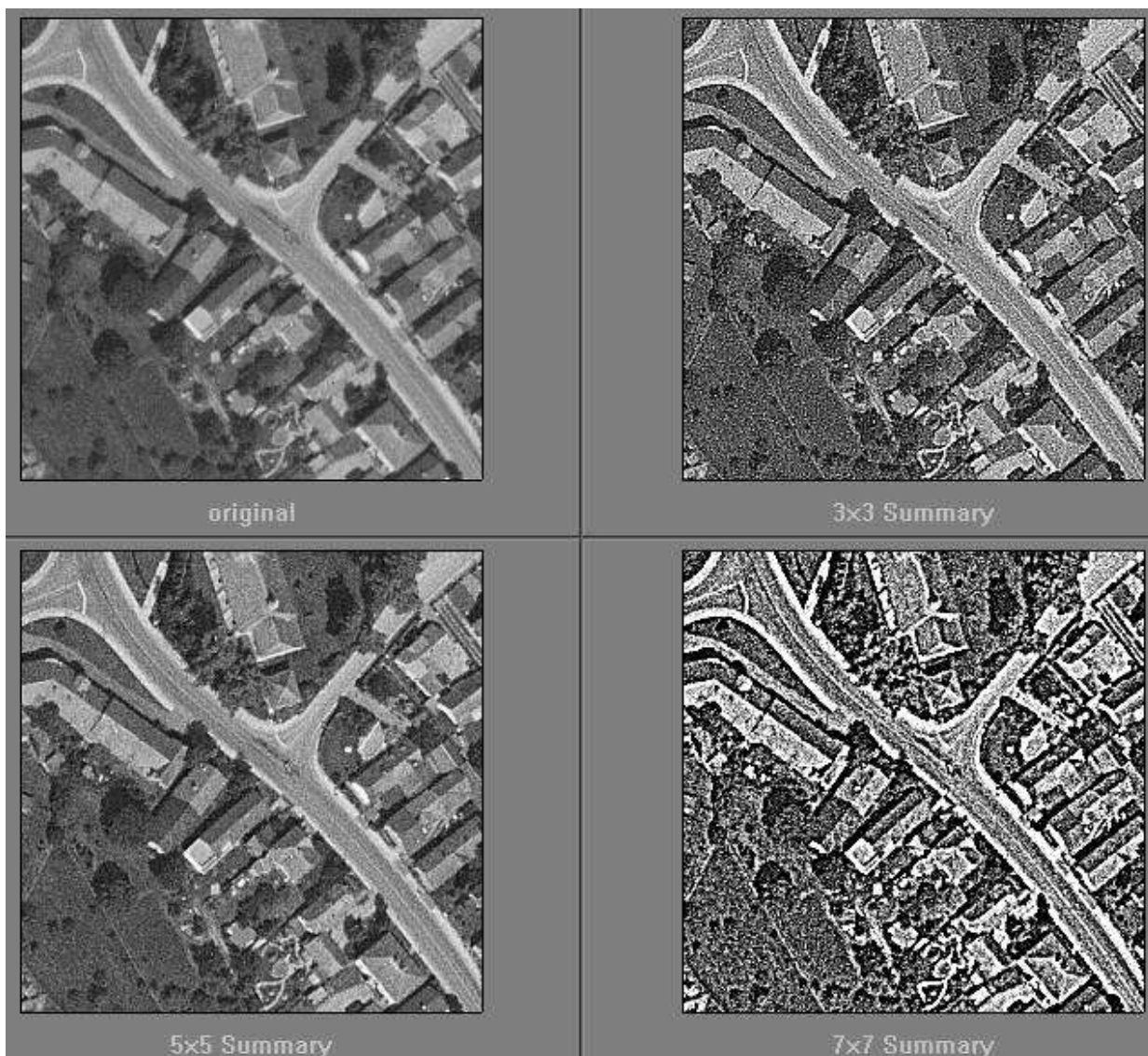
Obr. 6.22 Původní obraz (vlevo) a filtrovaný obraz vysokofrekvenčním filtrem s hodnotou středového koeficientu 8 (vpravo)

- hodnota středového koeficientu nastavena na 15 (obr. 6.23 vpravo) nebo 20, dochází ke vhodnému zostření obrazu, výsledný obraz je vhodný pro sestavení ortofotomapy.



Obr. 6.23 Původní obraz (vlevo) a filtrovaný obraz vysokofrekvenčním filtrem s hodnotou středového koeficientu 15

- Sumační (angl. summary) filtry o velikost filtrovacího okna 3×3, 5×5, 7×7, výsledky ukazuje obr. 6.24



Obr. 6.24 Výsledky filtrování obrazu pomocí sumačních filtrů

#### 6.2.4 Průhlednost

**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. Z technického hlediska lze výpočet zabezpečit následujícím způsobem a za těchto předpokladů:

- obrazová složka tvoří podkladovou vrstvu, která nejčastěji existuje v podobě černobílého nebo barevného ortofotosnímku, z charakteru dat je zřejmé, že se jedná o rastrový typ dat,
- znaková složka, která nejčastěji existuje v podobě plošných kartografických znaků, je v rastrové podobě (použití převodu vektorových vrstev na rastrové je běžně používanou procedurou v oblasti GIS),

- průhlednost se zabezpečí „spojením“ obou složek (obrazové a znakové) existujících v rastrové podobě pomocí rastrové algebry následujícími vztahy:

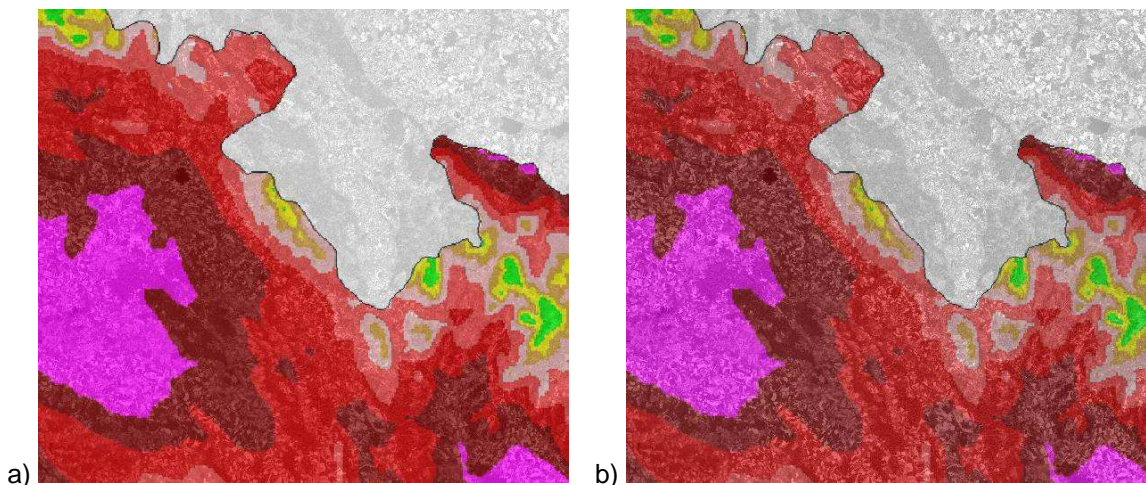
$$(1-T)*(Z_R, Z_G, Z_B) + T*(O_C, O_C, O_C) = (ZO_R, ZO_G, ZO_B) \quad (V. 6.3),$$

pro černobílou obrazovou složku, kde T je průhlednost v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  (procentuálně vyjádřeno 0 až 100 %),  $Z_R, Z_G, Z_B$  je uspořádaná trojice reprezentující barvu v barevném modelu RGB pro znakovou složku,  $O_C$  je hodnota pixelů černobílé obrazové složky,  $ZO_R, ZO_G, ZO_B$  je uspořádaná trojice hodnot pixelů výsledného spojeného obrazu v barevném modelu RGB,

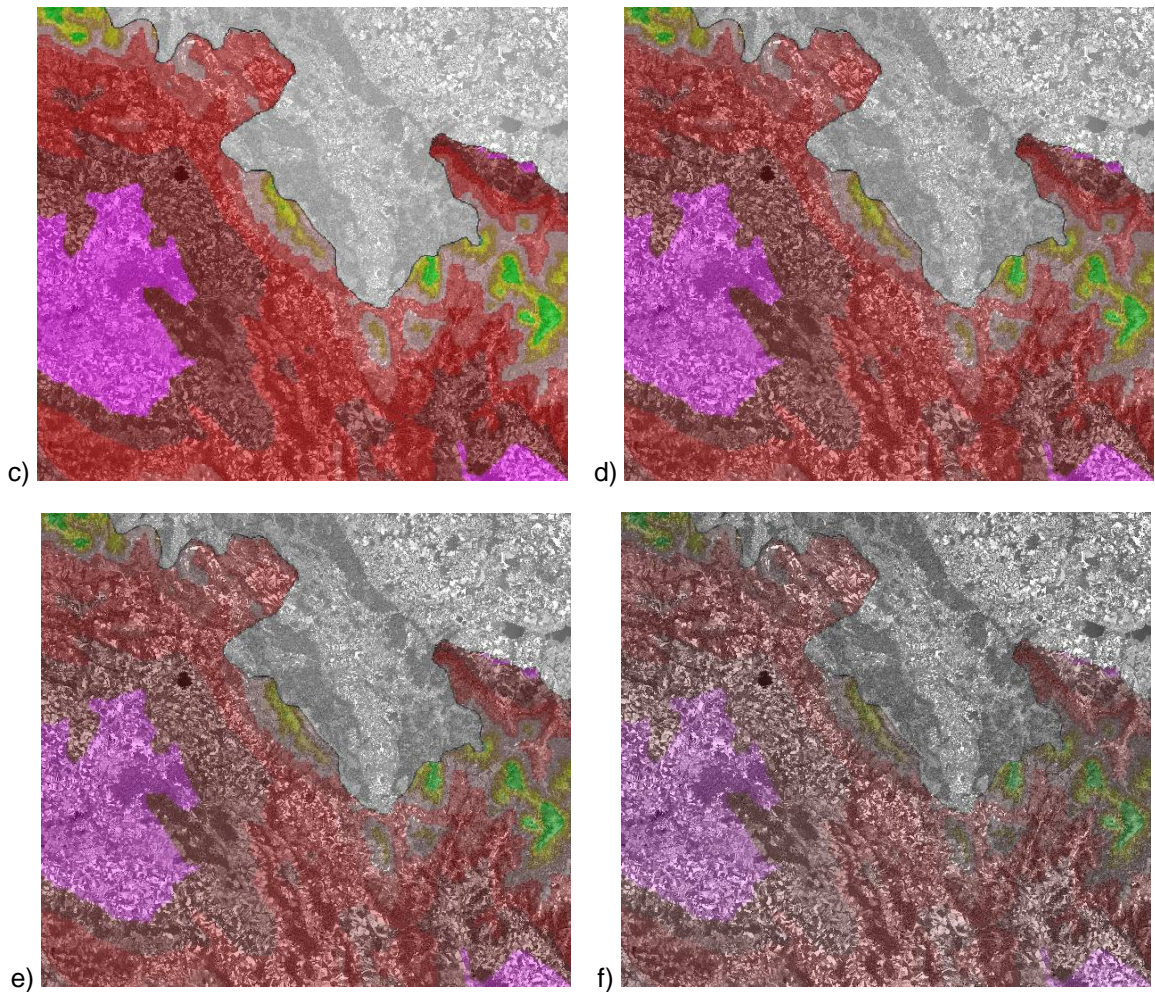
$$(1-T)*(Z_R, Z_G, Z_B) + T*(O_R, O_G, O_B) = (ZO_R, ZO_G, ZO_B) \quad (V. 6.4),$$

pro barevnou obrazovou složku, kde T je průhlednost v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  (procentuálně vyjádřeno 0 až 100 %),  $Z_R, Z_G, Z_B$  je uspořádaná trojice reprezentující barvu v barevném modelu RGB pro znakovou složku,  $O_R, O_G, O_B$  je uspořádaná trojice hodnot pixelů barevné obrazové složky v barevném modelu RGB,  $ZO_R, ZO_G, ZO_B$  je uspořádaná trojice hodnot pixelů výsledného spojeného obrazu v barevném modelu RGB.

Otázkou je nastavení hodnoty průhlednosti. Průhlednost 100 % znamená absolutní průhlednost znakové složky, resp. její neviditelnost, naopak průhlednost 0 % znamená úplné zakrytí obrazové složky, resp. její neviditelnost. Pro účely testování autor práce vytvořil vlastní model výpočtu „kombinovaného“ obrazu v prostředí ERDAS IMAGINE Modeler. Obr. 6.25 a) až f) uvádí výsledky použití vybraných hodnot průhlednosti. Podkladový černobílý družicový ortofotosnímek je fúzován s tematickou informací znázorňující rozložení průměrných červencových teplot v České republice. K zajištění vyvážené čitelnosti obou složek se nabízí hodnota v okolí 50 %. Sníží-li se průhlednost, zvýrazní se tím informace uložená ve znakové složce, naopak zvýšením průhlednosti dochází k jejímu potlačení. Jak ukazuje obrázek, při průhlednosti 80 % je již znaková složka značně potlačena a tudíž obtížně čitelná, naopak ortofotosnímek vystupuje do popředí. Se zvyšující se průhledností klesá sytost barev znakové složky.



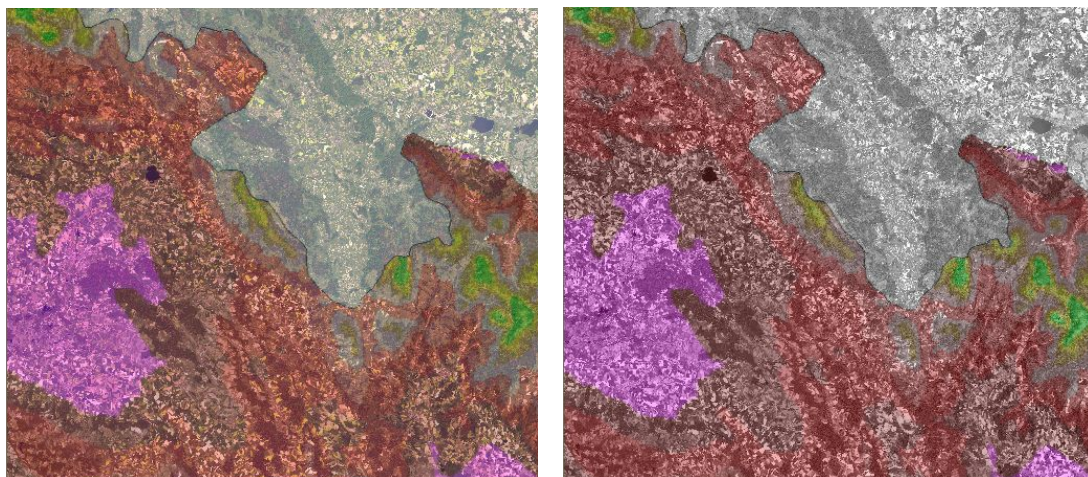




Obr. 6.25 Průhlednost znakové složky 30% (a), 40% (b), 50% (c), 60% (d), 70% (e), 80% (f)

Průhlednost je vhodná zejména pro ortofotomapy, kdy je nutné vyjádřit prvky a jevy plošného charakteru velkého rozsahu. Používá se rovněž v situacích, kdy je třeba potlačit znakovou složku. Průhlednost lze použít i pro jiné než plošné znaky, např. v místech s velkým nahuštěním vrstevnic jejich vhodným potlačením zobrazíme výškopis a zároveň zachováme čitelnost ortofotosnímku. Platí však, že čím je kartografický znak menší a více strukturovaný, tím se použití průhlednosti stává méně vhodnou úpravou.

Je zřejmé, že spektrální barevná věrnost podkladové obrazové složky v místech překrytí průhlednou znakovou složkou zaniká (obr. 6.26). Vzhledem k tomu, že vizuální efekt je pro barevný i černobílý ortofotosnímek prakticky identický, autor doporučuje jako podklad využívat černobílý ortofotosnímek, kdy nedochází ke změně odstínu znakové složky, rozdíly existují pouze v sytosti barev. Původní množství odstínů zvýší snadnější čitelnost znakové složky.



Obr. 6.26 Srovnání barevného a černobílého ortofotosnímku jako podkladu při 70% průhlednosti znakové složky

Průhlednost je velmi výhodná, je však třeba zajistit zobrazení tématu v tematické legendě. Lze navrhnout tři způsoby zobrazení položek legendy (viz Kapitola 8.1).

Při tvorbě případových studií byla metoda průhlednosti jednou z nejpoužívanějších, byla použita s různými hodnotami v TOPO1, TEMA3, TEMA4, TEMA6.

### 6.2.5 Zesvětlení ortofotosnímku

Patří k úpravám potlačujícím obrazovou složku tak, aby vystoupila do popředí a byla zvýrazněna a dobře čitelná znaková složka. Lze navrhnout dva způsoby zesvětlení ortofotosnímku:

- **zvýšení jasu**, což prakticky znamená přičtení určité hodnoty všem pixelům obrazu. Nevýhodou této metody je možnost přesahu maximální možné hodnoty (nejčastěji 255 v 8-bitovém obraze), což způsobí přesun do této maximální hodnoty. Vizualním důsledkem je ztráta informace ve světlých částech obrazu (viz obr. 6.18 b),
- **použití krytí obrazu**, tzn. 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). Matematicky lze tuto úpravu v 8-bitovém obraze vyjádřit následujícími vztahy:

$$\text{int}(K * 255 + (1 - K) * O_C = PO_C) \quad (\text{V. 6.5}),$$

pro černobílou obrazovou složku, kde „int“ znamená převod reálného čísla na celé (přirozené),  $K$  je hodnota krytí obrazu v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  (procentuálně vyjádřeno 0 až 100 procent),  $O_C$  je hodnota pixelů černobílé obrazové složky,  $PO_C$  je hodnota pixelů výsledné potlačené (kryté) černobílé obrazové složky.

$$\text{int}(K * 255 + (1 - K) * (O_R, O_G, O_B) = (PO_R, PO_G, PO_B)) \quad (\text{V.6.6}),$$

pro barevnou obrazovou složku, kde „int“ znamená převod reálného čísla na celé (přirozené),  $K$  je hodnota krytí obrazu v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  (procentuálně vyjádřeno 0 až 100 procent),  $O_R, O_G, O_B$  je uspořádaná trojice hodnot pixelů barevné obrazové složky v barevném modelu RGB,  $PO_R, PO_G, PO_B$  je uspořádaná trojice hodnot pixelů výsledné potlačené (kryté) obrazové složky v barevném modelu RGB.

Výhodou této metody je, že nedojde k přesahu maximální hodnoty v intervalu kódování při žádné hodnotě krytí. Při zvýšení hodnoty krytí dochází pouze ke snížení rozsahu hodnot výsledného potlačeného obrazu, přičemž výsledný rozsah hodnot leží stále v intervalu  $\langle K * 255, 255 \rangle$ , kde  $K$  je krytí obrazu v intervalu  $\langle 0, 1 \rangle$ .

## 7 POPIS ORTOFOTOMAPY

Popis je nenahraditelnou součástí ortofotomap, bez které by se toto kartografické dílo neobešlo. Popis je doplňkovým prvkem obsahu ortofotomap, z hlediska jeho zařazení není součástí znakové ani obrazové složky, ovšem s oběma složkami je pevně svázán. Popis, stejně jako znaková složka, je kladen na obrazovou složku.

Popis se vztahuje k obrazové složce následujícím způsobem:

- lokalizuje objekty zobrazené obrazovou složkou (popis sídel, ulic, vodních toků, atd.),
- poskytuje základní orientaci v území zachyceném na leteckém či družicovém ortofotosnímku. Bez popisu by byl ortofotosnímek „slepý“ a orientace v něm by byla umožněna pouze znalci daného území, popř. správná lokalizace by byla provedena čtením souřadnic příslušného souřadnicového systému,
- přiřazuje sémantický význam objektům, zejména bodového charakteru, zobrazeným obrazovou složkou (škola, kostel, atd.).

Popis se vztahuje ke znakové složce následujícím způsobem:

- předává informace o objektech vyjádřených bodovými kartografickými znaky (charakteristika mostů, výškové kóty, atd.), alfanumerický bodový znak má z hlediska konstrukce stejné vlastnosti jako popis (typ, velikost a barva písma),
- předává informace o objektech vyjádřených liniiovými kartografickými znaky (číslo komunikace, hodnota vrstevnice, atd.),
- předává informace o objektech vyjádřených plošnými kartografickými znaky,
- rozlišuje plošné objekty zobrazené stejnými plošnými kartografickými znaky (viz funkční plochy v případové studii TEMA4 nebo lesnická typologie v případové studii TEMA5).

Ostatní popis na ortofotomapě nejčastěji reprezentují:

- souřadnice použitého souřadnicového systému, které se obvykle umísťují v rámu mapového pole, mohou však být součástí mapového pole (viz kapitola 9, případová studie TEMA4),
- další rámové údaje (výstupy komunikací).

Množství popisu v ortofotomapě by mělo být přiměřené a jeho generování i umístění by se mělo řídit obecnými kartografickými pravidly užívanými pro klasické mapy. Oproti tradičním mapám však lze najít jednu zásadní odlišnost. Zatímco na mapě se vyskytují barevně homogenní (u topografických map nejčastěji bílé) volné prostory, kam lze pohodlně popis umístit, ortofotosnímek je spojitým podkladem často texturově velice pestrým, což způsobuje určité komplikace při navrhování jeho vzhledu a umístění. Obecně lze říci, že popis na ortofotomapách je hůře čitelný než na tradičních mapách a jeho vzhledu a umístění by měla být věnována daleko větší pozornost.

### 7.1 Lokalizace a identifikace popisu

Popis nese jednoznačnou lokalizaci mapovaného území a zároveň přiřazuje zobrazeným prvkům pojmenování, která jim byla v průběhu historie dodána člověkem. Na ortofotomapách se nejčastěji vyskytují následující druhy popisných údajů:

- Geografické názvosloví reprezentuje:

- Popis sídel,
  - Popis částí sídel,
  - Popis ulic,
  - Popis správních celků,
  - Popis pohoří a vrcholů,
  - Popis vodstva – řeky, potoky, rybníky, vodní nádrže, atd.,
  - Názvy jednotlivých objektů (sklad, garáž, kostel, lom, továrna, turistická chata, atd.).
- Číselné údaje reprezentují:
    - Označení silničních komunikací,
    - Charakteristika mostů,
    - Rychlost vodního toku,
    - Popis vrstevnic,
    - Výškové kóty,
    - Zkratky, které pomáhající zestručnit a zkrátit popis, jejich vysvětlivky jsou pak uvedeny v legendě.

## 7.2 Realizace popisu

Základními parametry (charakteristikami) popisu jsou: **typ písma, jeho velikost a barva**.

Při návrhu popisu při sestavování ortofotomap lze vycházet z obecných kartografických pravidel uváděných pro tvorbu tradičních map, které uvádí Slocum (2005):

- velikost písma má být minimálně 7 bodů, dle Slocum (2005) se však jedná o konzervativní názor, při tvorbě případových studií byla minimální velikost písma v mapovém poli 6 bodů (kódy funkčních ploch územního plánu v případové studii TEMA4),
- rozsah velikostí popisu na mapách by neměla být větší než 4, tzn. že není vhodné používat na mapě více než čtyři velikosti písma stejného druhu. Maximální velikost písma je dána účelem mapy a významem popisu ve vztahu k účelu mapy. U topografických map by neměla být větší než 23 bodů. Rozdíl ve velikosti písma by měl být dostatečný pro jednoznačné odlišení sémantického významu nebo kvality vyjádřených velikostí písma,
- rozdíl mezi sousední velikostí písem má být minimálně 2 body, během tvorby případových studií bylo k tomuto pravidlu přihlíženo, např. velikosti názvů hlavních a vedlejších ulic v případové studii TOPO2 jsou 9 a 11 bodů,
- nejlepší je použít jednoduché písmo, kurzíva se aplikuje pokud možno málo (např. pro popis vodstva), v případových studiích bylo použito převážně jednoduché písmo (i tučné), kurzíva pouze pro popis vodstva (viz např. případová studie TEMA2),
- používat maximálně 2 typy písma, v případových studiích je použito převážně typ Arial doplněný typem Arial Narrow,
- používat masku nebo halo.

### Délka popisu

Příliš dlouhý text popisu, který by zakrýval důležitou situaci znázorněnou ortofotosnímkiem, lze řešit několika způsoby. Jedním z nich je použití zkratk, které se uplatní při popisu objektů, jako jsou elektrárna (el.), čistírna odpadních vod (čist.), nemocnice (nem.),

škola (šk.), atd. Umístění takovýchto zkratk je pak daleko jednodušší a provádí se buď přímo na objekt nebo v jeho bezprostřední blízkosti. Význam zkratk je pak nutno uvést do legendy. Další možností je vysunutí dlouhého popisu mimo objekt a ztotožnění s objektem pomocí vodící linky (obr. 7.1).



Obr. 7.1 Použití vodící linky

S nepřiměřenou délkou popisného údaje se setkáváme často při popisu uliční sítě. Jak již bylo uvedeno výše, ortofotosnímek je zobrazen v proporcích adekvátních se skutečností. Toto může způsobit, že šířka nebo délka ulice nemusejí být dostatečné pro umístění jejího názvu. Pokud je název ulice delší než její délka, lze ho rozdělit do dvou popř. více řádků (obr. 7.2). V takovém případě pravděpodobně dojde k zakrytí objektů podél komunikace, čemuž však lze jen těžko zabránit. Pro oba problémy s nedostatečnou délkou i šířkou ulice může být řešením změna velikosti (zmenšení) popisu v jednotlivých případech v rámci vrstvy popisu uliční sítě. Pak však je nutné zvážit, zda snížení velikosti písma nenaruší jeho čitelnost a zda je vhodné mít v rámci jednoho typu popisu více velikostí písma.



Obr. 7.2 Popis ulice ve více řádcích

Jiným řešením, jak název ulice co nejvíce zkrátit, popř. natáhnout (u názvů dlouhých ulic tvořících kostru uliční sítě), je volba různé vzdálenosti mezi písmeny v rámci jednoho slova (obr. 7.3).



Obr. 7.3 Různá vzdálenost mezi písmeny

## Barva popisu

Při volbě barvy pro znakovou složku je třeba řešit vzájemný vztah barev obrazové složky a znakové složky. Většinou platí, že barevnost obrazové složky je předurčena, a to použitou barevnou syntézou jednotlivých spektrálních pásem. Na barevnost obrazové složky je tedy třeba reagovat vhodnou volbou barev ve znakové složce. Autor se pokusil navrhnout automatické postupy volby barev pro znakovou složku v závislosti na barevnosti obrazové složky (viz kapitola 6.1.4). Byly přitom využity modely pracující se spektrálními barvami (RGB a HLS), nikoliv malířským pojetím barev.

Jak uvádí Voženílek (2011), daleko citelnější dopad má nevhodné používání barev pro popis. Má-li popis vystupovat do popředí, musí být použito dostatečně velkého kontrastu mezi barvami, nejlépe ve světlosti (tmavá na světlém pozadí a naopak).

K řešení barevnosti popisu lze přistupovat obdobně jako u znakové složky. Stejně jako v případě výběru barvy kartografických znaků (viz kapitola 6.1.4) lze barvu popisu stanovit intuitivně (empirickým zkoušením) nebo automaticky.

Barvu popisu je třeba volit v dostatečném kontrastu oproti barevnému podání obrazové složky. Tento kontrast však nesmí mít rušivý vliv na výsledné estetické působení díla. Pomocí histogramů je možno zjistit barvu, která se v obrazové složce vyskytuje nejvíce a následně pak vybrat příslušnou barvu popisu. Předpokládáme-li, že obrazovou složku nejčastěji reprezentuje barevný ortofotosnímek, na kterém nejvíce vyskytuje barva zelená, vhodnou barvou může být žlutá (ale ve spojení s halo efektem), ale i purpurová (fialová) nebo červená. Dalšími vhodnými barvami jsou červená nebo okrová. Černá barva v ortofotomapě často zaniká, zejména v tmavých místech, a pro popis na ortofotomapách se příliš nehodí.

Čitelnost příslušné barvy popisu hodně závisí na barevném podání, sytosti a jasu ortofotosnímku jako podkladu a též na použitém tiskovém zařízení, pomocí kterého je digitálně vygenerovaná kompozice převedena na analogový výstup. Tak může nakonec být dobře čitelná i barva (např. bílá), u které bychom to v průběhu tvorby pomocí počítačové kartografie nečekali

Často se však autor ortofotomapy dostává do situace, kdy je barva popisu z nejrůznějších důvodů předurčena (dodržení asociace se znaky, standard, atd.), aniž by byla ve vztahu k podkladu vhodná. Pak je nutné k oddělení od obrazové složky použít halo efekt.

## Halo efekt

Čitelnost popisu může výrazně zlepšit tzv. halo efekt, neboli barevné olemování písma. Použitelná se tak pro popis, umístěný na příslušném podkladě, stává barva, která by bez halo efektu byla nečitelná (obr. 7.4). Použití halo a jeho barva je pro čitelnost popisu umístěného na obrazové složce často důležitější než barva popisu samotného.

**Zahradní Zahradní**

Obr. 7.4 Srovnání čitelnosti popisu bez halo efektu a s halo efektem

Z hlediska čitelnosti byly při testování stanoveny různé kombinace třech parametrů: podkladu (světlý texturně homogenní, tmavý texturně homogenní a texturně nehomogenní), popisu (světlý, tmavý) a halo (světlé, tmavé). Barva halo byla vybrána vždy buď černá nebo bílá. Tloušťka halo i písma a velikost písma zůstává stále stejná. Pro každý z podkladů vzniklo šest variant ohodnocených jako vhodné nebo nevhodné.

- pro *světlý relativně homogenní podklad* (např. světle hnědé pole) se jako vhodné varianty jeví: světlý popis - tmavé halo, tmavý popis - bez halo, použitelná je rovněž kombinace tmavý popis – světlé halo (obr. 7.5).

**Zahradní Zahradní Zahradní**

Obr. 7.5 Vhodné varianty kombinace písma a halo na světlém podkladě

Nevhodnými variantami na světlém homogenním podkladě jsou: světlý popis – bez halo, světlý popis – světlé halo a tmavý popis – tmavé halo (obr. 7.6).

**Zahradní Zahradní Zahradní**

Obr. 7.6 Nevhodné varianty kombinace písma a halo na světlém podkladě

- pro *tmavý relativně homogenní podklad* (např. lesní porosty nebo vodní plochy) se jako vhodné varianty jeví: světlý popis (např. žlutý) - bez halo, světlý popis – tmavé halo a tmavý popis (např. hnědý) - světlé halo (obr. 7.7).

**Zahradní Zahradní Zahradní**

Obr. 7.7 Vhodné varianty kombinace písma a halo na tmavém podkladě

Nevhodnými variantami na tmavém homogenním podkladě jsou: tmavý popis – bez halo, tmavý popis – tmavé halo, světlý popis – světlé halo (obr. 7.8).





Obr. 7.8 Nevhodné varianty kombinace písma a halo na světlém podkladě

- pro *texturálně nehomogenní podklad* – který je charakteristický častým střídáním výrazně odlišných hodnot pixelů (např. intravilán), resp. výskytem světlých a tmavých ploch malé rozlohy, platí zásada, že barva halo a popisu musí být navzájem v dostatečném kontrastu (např. bílá a žlutá se k sobě nehodí) (obr. 7.9).



Obr. 7.9 Vhodné varianty kombinace písma a halo na nehomogenním podkladě

Naopak nevhodné je použití popisu bez halo nebo kombinovat světlý popis a světlé halo, resp. tmavý popis a tmavé halo (obr. 7.10).



Obr. 7.10 Nevhodné varianty kombinace písma a halo na nehomogenním podkladě

Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že 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. Pojem homogenity obrazové složky lze kvantifikovat s pomocí texturálních charakteristik, které vyjadřují frekvenci střídání hodnot pixelů v obrazové složce. Využívá se tzv. GLCM, která již byla použita při stanovení spektrální informační náplně obrazové složky (kapitola 5.2).

Při tvorbě případových studií bylo ověřeno výrazné zlepšení čitelnosti popisu s halo efektem na ortofotomapách, tudíž byl tento efekt použit prakticky vždy. Je třeba též zmínit, že použitím/nepoužitím halo lze vyjádřit význam, tzn. zdůraznit/potlačit, popisovaných objektů i popisu samotného.

### Umístění popisu

Umístování popisu má oproti umístování kartografických znaků, které je více vázáno lokalizací prvků a jeví k nim asociovaným, větší volnost. Proto má větší smysl zabývat se automatickým stanovením míst vhodných k umístění popisu. Za testovací data byl zvolen

barevný ortofotosnímek použitý k sestavení případové studie TEMA2. Ortofotosnímek lze klasifikovat z hlediska vhodnosti umístění popisu následujícím postupem:

- rozdělení ortofotosnímku do pravidelné mřížky o velikosti segmentů 10×10 pixelů,
- výpočet texturální charakteristiky GLCM Kontrast (V. 5.1) pro každý segment pravidelné mřížky (obr. 7.11),



Obr. 7.11 GLCM Kontrast: tmavé odstíny = místa s nízkou hodnotou, tzn. potenciálně vhodná pro umístění popisu

- výpočet Světlosti (Brightness) pro každý segment pravidelné mřížky dle (Definiens AG, 2006) jako střední hodnota všech středních hodnot segmentu vypočítaných ze všech tří pásem barevného ortofotosnímku (obr. 7.12),



Obr. 7.12 Světlost ortofotosnímku: tmavé odstíny = místa s nízkou hodnotou, tzn. vhodná k umístění světlého popisu

- klasifikace ortofotosnímku, tzn. segmentů 10×10 pixelů (obr. 7.13):

homogenní místa vhodná k umístění tmavého popisu: GLCM Kontrast < 25 a zároveň Světlost  $\geq$  127,

homogenní místa vhodná k umístění světlého popisu: GLCM Kontrast  $\geq 25$  a zároveň Světlost  $< 127$ .



Obr.7.13 Klasifikace ortofotosnímku z hlediska umístění popisu (oranžová – vhodná místa pro světlý popis, růžová – vhodná místa pro tmavý popis)

Výše popsany postup lokalizace vhodných míst k umístění popisu byl testován při tvorbě případové studie TEMA2. Klasifikované plochy sloužily jako pomocný podklad v mapové kompozici. Autor následně umístil popis na vhodná místa, pokud to bylo možné.

### Čitelnost popisu

Čitelnost popisu obecně je asi nejvážnějším problémem při jeho navrhování. Vybrat správné základní parametry popisu ortofotomapy (typ písma, velikost, barva a umístění, popř. halo) je často velice obtížné. Lze si pomoci vytvořením několika pracovních verzí. Posouzením jejich tisků se vybere nejoptimálnější řešení.

Špatně čitelný popis lze vylepšit:

- změnou polohy popisu – vybrat barevně i texturově homogenní plochu na ortofotosnímku (např. pole),
- radiometrickou úpravou ortofotosnímku – lokální zesvětlení, popř. ztmavení, což může být poměrně zdlouhavé,
- změnou barvy popisu,
- přidáním halo efektu,
- zároveň je třeba vybrat místo, které způsobí co nejmenší ztrátu informací z ortofotosnímku.

### 7.3 Zásady tvorby popisu ortofotomap

Závěrem této kapitoly je možno definovat několik obecných zásad popisu ortofotomap:

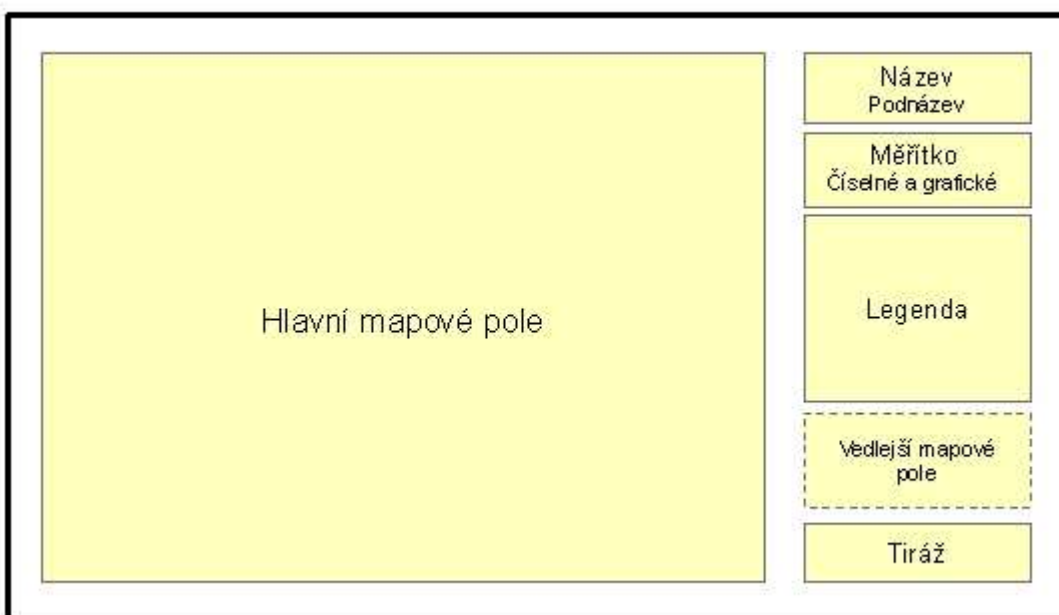
- vybrat jen tolik popisu, aby byla ortofotomapa přehledná a zároveň popis nezakrýval příliš mnoho informací z obrazové složky,

- pokud ortofotomapa znázorňuje jednotlivý objekt, popř. sídlo, není jeho popis uvnitř ortofotomapy nutný, protože je vyjádřen v nadpise (viz např. případová studie TOPO2),
- popis umístit pokud možno vodorovně – neztěžovat i tak špatnou čitelnost jinou orientací písma (výjimku tvoří linové prvky vodstva a uliční síť),
- 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.

## 8 KOMPOZICE ORTOFOTOMAPY

Kompozicí mapy se rozumí rozmístění základních náležitostí mapového díla na mapovém listu. Stejně jako u klasické mapy kompozice ortofotomapy musí splňovat tři základní požadavky: obsahovat všechny základní kompoziční prvky, být vyvážená, bez prázdných či naopak přeplněných míst a vytvářet esteticky příjemné podmínky pro čtení mapy (Voženílek, 2011).

Kompozici ortofotomapy bylo nutné navrhnout při tvorbě jednotlivých případových studií, nebyla však předmětem detailního výzkumu. Pro tvorbu případových studií autor použil mapovou kompozici formátu A3 krajina (landscape). Hlavním důvodem byla možnost tisku na běžném tiskovém zařízení, které měl autor k dispozici. Na tomto formátu byly rozvrženy základní kompoziční prvky (mapové pole, název a podnázev, číselné a grafické měřítko, legenda, tiráž) i nadstavbové kompoziční prvky (vedlejší lokalizační a přehledové mapy, popř. textová pole). Autor se v principu držel kompozice schematicky znázorněné na obr. 8.1, každá z případových studií má drobné odchylky v závislosti na mapovaném tématu. Odlišnou kompozici má případová studie TEMA2, kdy bylo vhodné efektivně využít formát A3, mapové pole nemá obdélníkový tvar a mimorámové údaje jsou umístěny v pravém dolním rohu v místech, kde se nevyskytuje mapovaná tematika (regulační místa).



Obr.8.1 Kompozice ortofotomap případových studií

Lze konstatovat, že ortofotomapy mohou mít libovolnou kompozici, obrazová data se dají umístit do libovolné kompozice, záleží na účelu a užití. Při konstrukci mapy a volbě měřítka je limitním parametrem podrobnost obrazových dat, které jsou v podstatě vyjádřeny prostorovým rozlišením, resp. velikostí pixelu.

### 8.1 Základní kompoziční prvky

#### Název ortofotomapy

Generování názvu se obecně řídí kartografickými požadavky uvedenými ve Voženílek (2011).

U topografických ortofotomap (kapitola 9, případové studie TOPO1 a TOPO2) existuje pouze název, který je názvem největšího sídla v mapovém poli.

U tematických ortofotomap (kapitola 9, případové studie TEMA1 až TEMA6) je název složen z hlavního názvu a podnázvu. Každý z nich je na jiném řádku a je odlišen velikostí písma a hlavní název verzálkami. Hlavní název vyjadřuje hlavní mapované téma (např. „Tepelná radiace území“, „Zdravotní stav lesa po požáru“, „Úhrn srážek“), kombinaci mapovaného tématu a lokalizace mapovaného území (např. „Územní plán obce Náměšť n. Osl.“) nebo název mapované tematiky v širším smyslu (např. „Plánování přesunu“, „Operace Hidden Power“). Podnázev vyjadřuje vybranou část mapované tematiky (např. „Regulační místa“, „Útok mechanizovaného praporu“), lokalizaci zobrazeného území („Příbram a okolí“, „Havraní skála u Jetřichovic“) nebo časové určení tematiky.

### Mapové pole

Mapové pole je základním kompozičním prvkem a na ortofotomapě obsahuje:

- Znakovou složku – tematicky nebo topograficky zaměřenou v podobě bodových, liniových a plošných znaků, pro plošné znaky se často využívá průhlednosti, čím je znak menší a více strukturovaný, tím je vhodnost aplikace průhlednosti menší,
- Obrazovou složku – mající tematický nebo topografický význam, při sestavování případových studií autor používá zejména letecké a družicové černobílé a barevné ortofotosnímky v pravých a nepravých barvách, obrazová data z aktivních skenerů, jako jsou radary, tvoří obrazovou složku případové studie TEMA6,
- Popis – doplňuje znakovou složku, lokalizuje prvky a jevy, přiřazuje sémantický význam objektům zachycených v obrazové složce,
- Souřadnicová síť – grafické vyjádření tohoto konstrukčního prvku lokalizuje mapované území v souřadnicovém systému uvedeném v tiráži.

### Měřítko jako konstrukční prvek

Měřítko je hlavním ukazatelem stupně podrobnosti vyjádření prvků (Voženílek, 2011). Předpokladem sestavení ortofotomapy je mít obrazová data prostorovým rozlišením odpovídající jejímu měřítku. Je třeba si uvědomit, jaké prostorové rozlišení obrazových dat je třeba mít pro získání optimálního výsledku.

Pro zobrazení obrazových dat ve správném měřítku je nezbytné stanovit optimální velikost základního obrazového bodu (pixelu) ortofotosnímku. Přitom je nutné vyjít z následujících předpokladů:

- rozlišovací schopnosti lidského oka je přibližně 1/20 mm (Durand, 1996),
- rozlišitelný objekt je obtížné zachytit na jednom pixelu, tzn. objekt lze na snímku rozlišit, pokud je zobrazen minimálně na dvou pixelech, i to je však často náročné,
- tisk ortofotomap (i jiných map) na běžných laserových nebo inkoustových tiskárnách je nejčastěji prováděn v rozlišení 300 až 600 DPI, což odpovídá 0,085 mm až 0,042 mm (menší pixel je tedy zbytečný).

Z výše uvedených předpokladů lze vydedukovat velikost pixelu, odpovídající danému měřítku, **0,1 mm**. Tabulka 8.1 uvádí teoretické hodnoty velikosti pixelu v území při daném měřítku.

Tabulka 8.1 Velikost pixelu na ortofotomapě (mm) v daném měřítku a při dané velikosti pixelu v území (zeleně označená pole hodnot jsou potenciálně vhodná k použití)

Měřítka ortofotomapy	500	1 000	5 000	10 000	25 000	50 000	100 000	250 000	500 000	1 000 000	
Velikost pixelu (m)	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	0,02	0,01	0,004	0,002	0,001	0,0004	0,0002	0,0001
<b>0,25</b>	0,5	0,25	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005	0,00025	
<b>0,5</b>	1	0,5	<b>0,1</b>	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	
<b>1</b>	2	1	0,2	<b>0,1</b>	0,04	0,02	0,01	0,004	0,002	0,001	
<b>2,5</b>	5	2,5	0,5	0,25	<b>0,1</b>	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	
<b>5</b>	10	5	1	0,5	0,2	<b>0,1</b>	0,05	0,02	0,01	0,005	
<b>10</b>	20	10	2	1	0,4	0,2	<b>0,1</b>	0,04	0,02	0,01	
<b>15</b>	30	15	3	1,5	0,6	0,3	<b>0,15</b>	<b>0,06</b>	0,03	0,015	
<b>20</b>	40	20	4	2	0,8	0,4	0,2	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>	0,02	
<b>30</b>	60	30	6	3	1,2	0,6	0,3	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>	0,03	

Věrohodnost určení této teoretické hodnoty se snažil autor podpořit experimenty, kdy ortofotosnímky s různými velikostmi pixelu zobrazoval v různých měřítcích, provedl tisk a následně kontroloval kvalitu z pohledu rozeznání jednotlivých pixelů (rozeznávat pixely je nežádoucí) a zachování prostorového detailu. Pro testy byl využit barevný letecký ortofotosnímek s výchozím prostorovým rozlišením 50 cm, který byl překreslen do prostorového rozlišení 1 m, 2,5 m, 5 m, 10 m a 20 m. Bylo třeba porovnat ortofotosnímky s různou velikostí pixelu zobrazené ve stejném měřítku pro hraniční situace vyplývající z tabulky 8.1, například měřítko 1 : 5 000 a velikosti pixelu 0,5 m a 1 m. Na první pohled jsou tyto velikosti pixelu vhodné obě, ale obraz s větším pixelem působí celkově kvalitněji (vyhlazeněji a ostřeji) - takováto situace je označena jako akceptovatelná kvalita. Při měřítku 1 : 10 000 už není patrný žádný rozdíl, je tedy zbytečné pořizovat a používat ortofotosnímek s velikostí pixelu 0,5 m. Podobná situace byla zaznamenána v případě měřítka 1 : 25 000 a velikostí pixelu 2,5 m a 5 m, resp. v měřítku 1 : 50 000 a velikostí pixelu 5 m a 10 m (Tab. 8.2).

Tabulka 8.2 Vhodnost použití ortofotosnímku s příslušnou velikostí pixelu

Měřítka ortofotomapy	1 000	5 000	10 000	25 000	50 000	100 000	250 000	500 000
Velikost pixelu P (m)								
<b>0,5</b>	N	OK	Z	Z	Z	Z	Z	Z
<b>1</b>	N	A	OK	Z	Z	Z	Z	Z
<b>2,5</b>	N	N	N	OK	Z	Z	Z	Z
<b>5</b>	N	N	N	A	OK	Z	Z	Z
<b>10</b>	N	N	N	N	A	OK	Z	Z
<b>20</b>	N	N	N	N	N	A	OK	Z

Pozn.: N ... nedostačující velikost pixelu; A ... akceptovatelná velikost pixelu v území (m)  $P = 0,0002 * M$ , kde M je měřítko; OK ... optimální velikost pixelu v území (m)  $P = 0,0001 * M$ ; Z... zbytečně malá velikost pixelu v území (m), resp. vysoké prostorové rozlišení

Experimenty potvrdily teoretický předpoklad prostorového rozlišení ortofotosnímku použitého pro tvorbu ortofotomapy v daném měřítku. Optimální hodnotou je velikost pixelu 0,1 mm v zobrazovaném měřítku, akceptovatelnou vypovídací hodnotu lze dosáhnout i při hodnotě 0,2 mm.

## Měřítka jako kompoziční prvek

V případě uvádění měřítka jako kompozičního prvku není při sestavování ortofotomapy rozdíl oproti tradiční mapě. Všechny případové studie obsahují číselné i grafické měřítka, ve kterém je ortofotomapa sestavena.

Nutno připomenout, že pro ortofotosnímek, resp. veškerá ortogonálně překreslená obrazová data, je dané měřítka platné pro každé místo tohoto ortofotosnímku. O tom, zda byl pro obrazovou složku použit ortogonalizovaný snímek, existuje informace v tiráži. Výjimečně lze využít snímek, který není ortogonálně překreslen, ale pouze georeferencován. V tomto případě neplatí, že uvedené měřítka je platné pro celou plochu mapového pole a pojem ortofotomapa už pro toto dílo neplatí, jedná se o fotomapu.












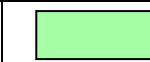
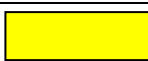




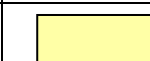
## Legenda

Sestavení legendy ortofotomapy probíhá dle kartografických zásad uvedených např. ve Voženílek (2011), ke kterým je přihlíženo i při tvorbě případových studií. U tematických případových studií se jedná zejména o pravidlo strukturovanosti legendy.

Jak bylo zmíněno v kapitole 6.2, v ortofotomapách se hojně využívá průhlednosti. Výpočet průhlednosti (viz V. 6.3 a V. 6.4) mění původní barevnost znakové složky v závislosti na hodnotách podkladové obrazové složky. Otázkou tedy je, jak tuto modifikovanou barevnost znázornit v legendě tak, aby byla uživatelsky srozumitelná.

Lze navrhnout tři způsoby zobrazení průhledných kartografických znaků v legendě:

- **gridová legenda** – zobrazení modifikované barevnosti znakové složky pro vybrané hodnoty podkladového černobílého ortofotosnímku (tvar pravidelné mřížky) a příslušnou průhlednost, vybrané hodnoty lze stanovit v rovnoměrných intervalech, např. 0, 50, 100, 200, 255 (viz obr. 8.2) nebo vybrat hodnoty na základě četnosti výskytu pro nejvíce se vyskytující hodnoty pixelů ortofotosnímku,

Hodnota pixelu v 8-bitovém černobílém obraze	0	50	100	200	255
Původní barva znakové složky					
					
					
					

Obr. 8.2 Gridová legenda - způsob vyjádření barevnosti kartografického znaku v legendě ortofotomapy (65% průhlednost kartografického znaku)

- **pultová legenda** - zobrazení modifikované barevnosti znakové složky pro všechny hodnoty podkladového černobílého ortofotosnímku pomocí kontinuálního pultu (pruhu) a pro příslušnou průhlednost, nevýhodou této metody je, že při uvedení všech 256-ti hodnot by byl pult (pruh) příliš dlouhý, resp. reprezentace jednoho odstínu příliš úzká, což může činit komplikace při umísťování do mapové kompozice. Pokud by například jeden odstín reprezentovala část pruhu široká 0,1 mm, celý pruh by byl široký 2,56 cm.
- **vzorek** – jedná se o reálný příkladový vzorek převzatý z mapového pole ortofotomapy, pro jejíž legendu je použit (viz kapitola 9, případová studie TOPO1).



Vzorek lze využít i v situaci, kdy se tematická informace nachází v obrazové složce, která neprošla klasifikací z hlediska extrakce tématu (viz kapitola 9, případové studie TEMA3 a TEMA5).

### **Tiráž**

Tiráž lze charakterizovat jako soubor informací o různých aspektech tvorby mapy, resp. ortofotomapy.

Případové studie obsahují následující tirážní údaje:

- informace o souřadnicovém systému,
- informace o použitých podkladech (datové zdroje pro znakovou a obrazovou složku s uvedením copyrightové doložky),
- autor ortofotomapy a rok vydání ve tvaru: „Luboš BĚLKA, Univerzita Karlova v Praze, 2011“.

Informace o obrazové složce mohou obecně zahrnovat následující údaje: datum pořízení, prostorové rozlišení, zobrazená kombinace spektrálních pásem, způsob zpracování obrazu - geometrické úpravy, radiometrické úpravy, způsob zvýraznění obrazu (např. filtrace, pansharpening), název senzoru pořizujícího obrazová data, atd.

## **8.2 Nadstavbové kompoziční prvky**

Z vedlejších kompozičních prvků autor použil vedlejší mapu a textové pole. Vedlejší mapové pole bylo použito k vyjádření výškových poměrů (TOPO2), přehledu kladu listů (TOPO2) a ke schematickému znázornění mapovaného tématu spolu se základními topografickými prvky, t.j. sídla, komunikace a vodní toky (TEMA3). Textové pole v případové studii TEMA3 vysvětluje mapovanou tematiku (tepelná radiace).

## 9 PŘÍPADOVÉ STUDIE

Cílem řešení případových studií je demonstrovat použitelnost výše uvedených teoretických pravidel a doporučení týkajících se sestavování ortofotomap. Výsledkem řešení případových studií jsou prototypy dvou topografických a šesti tematických ortofotomap naznačující jejich využití v různých oblastech lidské činnosti. Šest případových studií zabývajících se tematickými ortofotomapami ukazují jednotlivé vzájemné kombinace použití obrazové a znakové složky pro znázornění tematických informací a topografického podkladu (tabulka 9.1).

Tab. 9.1 Kombinace obrazové a znakové složky v tematických případových studiích

Tematický obsah			
Topografický podklad		<i>Obrazová složka</i>	<i>Znaková složka</i>
	<i>Znaková složka</i>	TEMA6	NENÍ ORTOFOTOMAPA
	<i>Obrazová složka</i>	TEMA3 TEMA5	TEMA1 TEMA2 TEMA4

### 9.1 Postup tvorby případových studií

Sestavení všech případových studií probíhalo postupem, který lze rozdělit do jednotlivých fází a kroků. I když tvorba jednotlivých případových studií vykazuje určité zvláštnosti, byl v principu dodržován obecný postup řešení. Tento zobecněný postup je v podstatě možné přenést do praktického využívání při tvorbě jakékoli ortofotomapy.

#### Fáze „Zadání“

- Návrh případové studie** – stanovení cíle, účelu a využití sestavené ortofotomapy. Cíle a účel sestavovaných ortofotomap lze pro účely disertační práce rozdělit na skutečné (autor reaguje na potřeby vyžadované praxí a konkrétní reálné řešené projekty) a simulované (autor naznačuje potencionální využití ortofotomapy). U tematických ortofotomap je nedílnou součástí diskuze s odborníkem v daném oboru. Dostupnost podkladových dat ovlivňuje výsledek.

#### Fáze „Projekt“

- Volba typu ortofotomapy** - v závislosti na účelu a využití lze sestavit topografickou nebo tematickou ortofotomapu v souladu s kapitolou 4.
- Vymezení území, volba měřítka, formátu a návrh kompozice**

- Volba území dle účelu, využití, dostupnosti dat.
- Měřítko v závislosti na účelu, dostupnosti a parametrech dat (např. prostorové rozlišení ortofotosnímku limituje měřítko ortofotomapy).
- Formát – přednostně pro účely ukázek v disertační práci byl zvolen formát A3. Tato volba je odvislá od možností provádění tiskových výstupů.
- Kompozice – návrh rozmístění mapového pole, názvu, legendy, měřítka, tiráže, informací o ortofotosnímku, atd.

#### **4. Volba datového podkladu, sběr dat**

- Využití existujících zdrojů dat – státní databáze (např. MO ČR, ČÚZK, ČHMÚ).
- Generování odvozených dat z existujících zdrojů (např. výběr dle hodnot atributů).
- Tvorba nových datových podkladů.

### **Fáze „Tvorba“**

#### **5. Příprava datových vrstev**

- Obrazová složka – úprava prostorového rozlišení, radiometrické úpravy, zvýraznění, resp. potlačení.
- Znaková složka – návrh a aplikace znakového klíče (nebo použití existujícího), nastavení průhlednosti, atd.

#### **6. Řešení mapového pole – sladění („harmonizace“) obrazové a znakové složky, tvorba souřadnicové sítě**

- Vzájemnou superimpozicí obrazové a znakové složky vyvstávají situace vyžadující řešení (např. špatná čitelnost znakové složky, nevhodné barevné podání znaků, nevhodná hodnota průhlednosti).
- Návrh souřadnicové sítě.

#### **7. Tvorba rámu mapy** – bez rámu nebo s rámem, jeho vzhled, rámové údaje.

#### **8. Generování mimorámových údajů** – realizace v závislosti na obsahu mapového pole a kompozici ortofotomapy (legenda, měřítko, tiráž, informace o ortofotosnímku, atd.).

### **Fáze „Hodnocení“**

#### **9. Zkušební nátisk**

Hodnocení ortofotomapy autorem z hlediska technické stránky (správnost kartografické interpretace obsahu ortofotomapy - písmo, atd.) a estetické stránky (kompozice, barevné provedení, atd.), hodnocení odborníka z hlediska odborné správnosti.

#### **10. Opravné a dokončovací práce**

### **Fáze „Aplikace“**

#### **11. Export ortofotomapy** do obecně používaného formátu, **popř. tisk ortofotomapy**

#### **12. Použití ortofotomapy uživatelem**

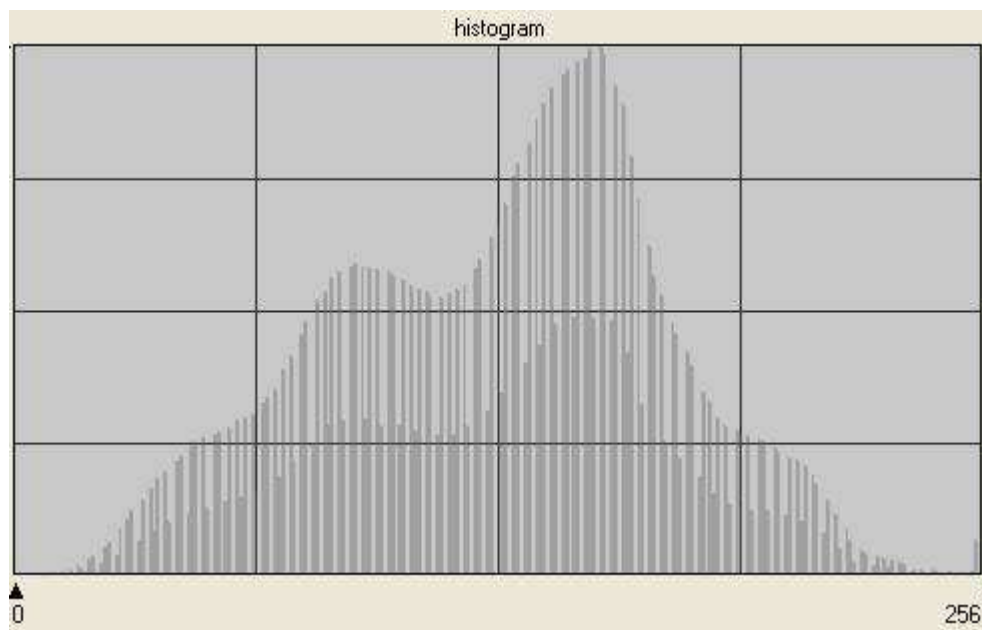
Další text k jednotlivým studiím zmiňuje nejdůležitější kroky a problémy, které bylo nutno řešit při sestavování prototypů ortofotomap. U tematických studií je rovněž stručně popsána mapovaná tematika.

## 9.2 Případová studie „Topografická ortofotomapa 1“ (TOPO1)

### Kombinace topografické mapy 1 : 25 000 a černobílého ortofotosnímku

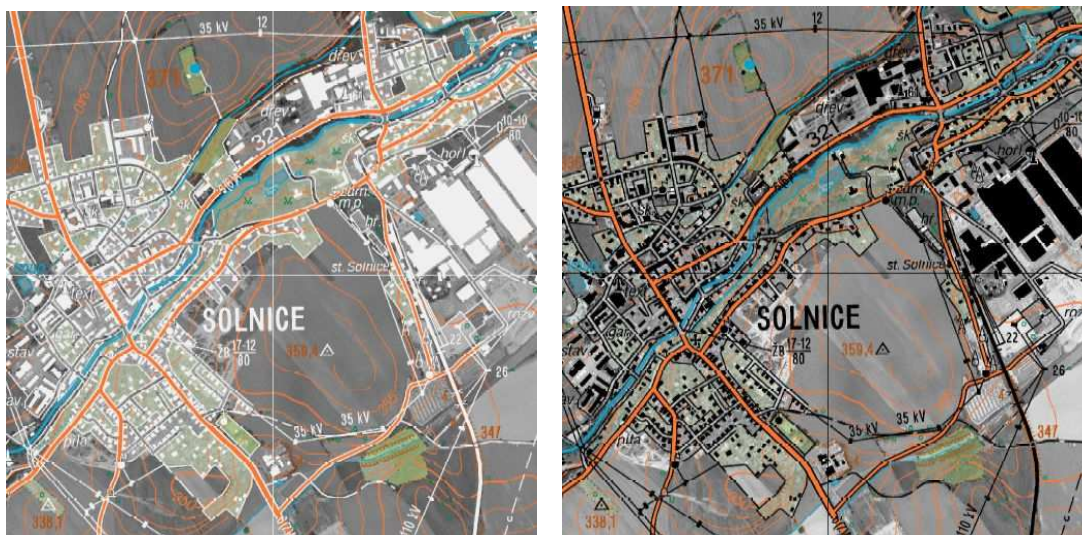
Cílem případové studie TOPO1 je demonstrovat autorem odvozené poznatky při tvorbě topografické ortofomapy jako kombinace standardní topografické mapy a ortofotosnímku. Jedná se o rychlé řešení bez zásahu do zdrojové topografické mapy, kdy ortofotosnímek doplňuje údaje čitelné z topografické mapy v místech „bílých“ (pole). Průhledností se realizuje pohled do plošných objektů (lesy). Lze číst jejich další členění (průseky, mýtiny) nebo může sloužit k zobrazení aktuálního stavu v místech, kde ještě neproběhla aktualizace topografických map. Měřítko ortofotomapy je již poměrně malé. Na ortofotosnímku lze rozlišit více prvky plošného charakteru než bodového (budovy). Kombinace probíhá za následujících vstupních předpokladů a parametrů:

- Topografická mapa 1 : 25 000 je použita pro znakovou složku, ortofotosnímek pro obrazovou složku.
- Topografická mapa je použita ve formě rastrových obrazů, z čehož vyplývá i její plné převzetí ve smyslu použití původních znaků, jejich velikosti, umístění a u převážné většiny i jejich barevného provedení, s výjimkou změny barevnosti, resp. nastavení transparentnosti vybraných znaků, není možno (ani nebylo cílem) žádné další změny provádět. Grafické rozlišení rastrových obrazů je 800 DPI, což představuje prostorové rozlišení přibližně 80 cm. To umožňuje zobrazení i tisk v měřítku 1 : 25 000 bez ztráty informace.
- Bílá místa na topografické mapě (prostor mezi znaky ve znakové složce) jsou vyplněna černobílým ortofotosnímkiem.
- Plošné prvky lesy, zahrady a vodní plochy (tmavě a světle zelená a modrá) jsou zvoleny jako průhledné, po několika vlastních experimentech a evaluaci na zkušebních nátiscích je empiricky nastavena hodnota průhlednosti 60 %.
- Bylo nutno rozhodnout, jaká barva bude přiřazena prvkům na topografické mapě znázorněných standardně černou barvou tak, aby byla jejich čitelnost co nejlepší. Při použití černobílého ortofotosnímku jsou nejvíce kontrastními odstíny ke všem ostatním stupňům šedi buď černá (v 8-bitovém kódování hodnota 0) nebo naopak absolutně bílá (hodnota 255). Po analýze histogramu černobílého ortofotosnímku (obr. 9.1) bylo zjištěno, že střední hodnota je 127, tzn. téměř polovina rozsahu 256 hodnot, 55 % hodnot se vyskytuje za polovinou a 70 % hodnot je větších než 100.



Obr. 9.1 Histogram černobílého ortofotosnímku

Z histogramu (obr. 9.1) vyplývá, že většina pixelů ortofotosnímku je kódována relativně ve světlých odstínech šedé. Prvkům na topografické mapě znázorněných standardně černou barvou je proto ponechán původní černý odstín. Pokud by tomu bylo naopak a ortofotosnímek by byl tmavý, byl by použit odstín bílé (obr. 9.2).



Obr. 9.2 Použití bílého a černého odstínu pro standardně černé prvky

- Ostatním prvkům topografické mapy je ponecháno původní barevné provedení a neprůhlednost.
- Černobílý ortofotosnímek je odvozen z barevné mozaiky ortogonalizovaných leteckých měřických snímků s původní velikostí pixelu 25 cm, pro účely tvorby případové studie bylo prostorové rozlišení degradováno na velikost pixelu 2,5 m tak, aby nedošlo ke ztrátě informace při zobrazení v měřítku 1 : 25 000 a zároveň nebylo třeba pracovat s přílišným objemem dat.

- Mimorámové údaje jsou uspořádány do autorem navržené mapové kompozice (viz kapitola 8), legenda je převzata z tradiční topografické mapy.

Kombinace topografické mapy a černobílého ortofotosnímku proběhla následujícím postupem v prostředí ERDAS IMAGINE, přičemž uživatelské algoritmy byly zkonstruovány v modulu Modeler:

1. degradace prostorového rozlišení snímku – větší pixel (2,5 m) vznikl průměrem hodnot příslušných menších pixelů (0,25 m),
2. převedení barevného ortofotosnímku uloženého v barevném modelu RGB na černobílý ortofotosnímek – uživatelsky vytvořený algoritmus (v Erdas Modeler) nejprve převedl ortofotosnímek do barevného modelu IHS (Intensity, Hue, Saturation), ze kterého byla využita intenzita (angl. Intensity) jejíž hodnoty v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  z oboru reálných čísel byly převedeny na celá čísla v 8-bitovém kódování  $\langle 0,255 \rangle$ ,
3. úprava černobílého snímku – analýzou histogramu černobílého ortofotosnímku byl zjištěn „lehký závoj“, který byl odstraněn lineárním roztažením histogramu ovšem s důrazem na to, aby nedošlo k přesunu hodnot do krajní hodnoty 0, resp. 255, výsledkem je upravený černobílý ortofotosnímek, jehož odstíny šedi jsou více ve světlejších hodnotách,
4. vytvoření algoritmu (v Erdas Modeler) na spojení černobílého ortofotosnímku a topografické mapy 1 : 25 000 za použití vstupních předpokladů zmíněných výše (průhlednost pro vybrané prvky topografické mapy),
5. výpočet spojeného rastru, který je kódován v barevném modelu RGB a slouží jako obsah zrcadla topografické ortofotomapy v měřítku 1 : 25 000.

### 9.3 Případová studie „Topografická ortofotomapa 2“ (TOPO2)

#### Ortofotomapa města s popisem uliční sítě v měřítku 1 : 5 000

Cílem případové studie TOPO2 je ukázat sestavení topografické ortofotomapy velkého měřítka s důrazem na poskytnutí maximálního množství informací obrazovou složkou a s minimálním množstvím prvků ve znakové složce. Tato ortofotomapa je sestavována za účelem identifikace a lokalizace prvků intravilánu, zejména budov, veřejných komunikací, uliční sítě a jejího popisu. Měřítko ortofotomapy umožňuje dobré čtení objektů v sídle (budov) na ortofotosnímku. Množství popisu (uliční síť, popis vodního toku, zkratky) převažuje nad množstvím prvků znakové složky. Sémantický význam je vybraným objektům obrazové složky přiřazen uvedením zkratky. Liniovým znakem je vyjádřena hranice katastrálních území a elektrické vedení vysokého a velmi vysokého napětí. Informace o výškových poměrech území není vložena přímo do hlavního mapového pole, ale je zobrazena pomocí přehledové mapky ve formě barevné hypsometrie s intervalem po 10 m.

Pro sestavení ortofotomapy je použit barevný letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 0,5 m, což odpovídá měřítku sestavované ortofotomapy (viz kapitola 8.2). Ortofotosnímek je zvýrazněn pomocí roztažení histogramu (viz kapitola 6.2.1).

Návrh znakového klíče představuje vytvoření znaků pro liniové prvky hranice katastrálního území a elektrického vedení vysokého a velmi vysokého napětí, které slouží pro orientaci mimo intravilán. Řešena byla zejména barevnost znaků, po několika zkušebních nátiscích byla zvolena fialová, resp. červená barva, které jsou kontrastní k zelené vyskytující se v ortofotosnímku nejvíce.

Práce se znakovou složkou a popisem zahrnují:

- výběr popisu uliční sítě a hranice katastrálních území z databáze ČÚZK,

- volba typu písma a jeho velikosti – pro všechny prvky je použit typ písma Arial, což platí i pro všechny následující případové studie, popis uliční sítě je proveden ve dvou velikostech (9 a 11 bodů), hranice katastrálních území 10 bodů a popis objektů 8 bodů,
- volba barvy pro názvy ulic - zvolena žlutá, která je dle autora jednou z nejvhodnějších barev pro použití v ortofotomapě, použito je černé halo z důvodu umístění nápisů na světlé plochy (asfalt),
- barva popisu objektů - zvolena fialová, která je v barevném modelu RGB nejvíce vzdálena zelené barvě (viz kapitola 6.1.4), která se na ortofotosnímku vyskytuje nejvíce a bílým halo, protože jsou převážně umístěny na tmavá místa (viz kapitola 7.2).

#### **9.4 Případová studie „Tematická ortofotomapa 1“ (TEMA1)**

##### **Útok mechanizovaného praporu v měřítku 1 : 25 000**

Cílem případové studie TEMA1 je uvést příklad tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka s vojenským zaměřením (zákres taktické situace). Jedná se o znázornění tématu znakovou složkou, které obrazová složka není schopna zachytit. Obrazová složka reprezentovaná barevným leteckým ortofotosnímkiem s prostorovým rozlišením 2,5 m, uměle přepočítaným z prostorového rozlišení 0,25 m, plní funkci topografického podkladu.

Znaková složka znázorňuje modelový příklad situace útoku z přímého dotyku, zákres taktické situace je převzat z materiálů Katedry vojenského managementu a taktiky Fakulty ekonomiky a managementu Univerzity obrany v Brně. Bodovými znaky jsou vyjádřeny jednotlivé druhy vojsk, rozlišena je jejich stávající a budoucí poloha. Liniemi jsou znázorněny hranice (obrněné linie, vymezení bojových sektorů) a pohyb jednotek (útok, přesun, resp. výměna jednotek).

Struktura znaku pro jednotlivé druhy vojsk, stejně tak barevnostní konvence pro vyjádření jednotek nepřátelského vojska (červeně) a vlastního vojska (modře) je definována dokumentem Ručka (2005) vycházejícím z NATO standardu STANAG 2019 „APP-6 - Military symbols for land based systems“ závazného pro všechny armády v rámci obranné aliance NATO. Při dodržení standardního kartografického vyjádření je rozlišena stávající poloha jednotek (černé obrysy plnou čarou a modrá, resp. červená výplň) a budoucí poloha vlastních jednotek (modré obrysy čárkovanou čarou bez výplně). Znak bez výplně pro budoucí polohu je použit záměrně tak, aby nezakrýval ortofotosnímek, protože je důležité znát topografické poměry v místech budoucí polohy jednotek.

Z důvodu většího zvýraznění znakové složky je ortofotosnímek potlačen na 75 % metodou krytí (viz kapitola 6.2.5). Pro popis sídel je použita velmi dobře čitelná žlutá barva, záměrně nezvýrazněná halo efektem. Ortofotosnímek jako topografický podklad je doplněn znaky pro významné silniční komunikace a vodní toky.

Odborným konzultantem při sestavování této tematické ortofotomapy byl mjr. Ing. Bohumil Holenda z Katedry vojenského managementu a taktiky Fakulty ekonomiky a managementu Univerzity obrany v Brně, který se vyjadřoval k rozmístění vojsk (tematika), vzhledu znaků, způsobu zvýraznění topografického podkladu a jeho doplnění znakovou složkou (hlavní komunikace a vodní toky).

#### **9.5 Případová studie „Tematická ortofotomapa 2“ (TEMA2)**

##### **Plánování přesunu v měřítku 1 : 15 000**

Cílem případové studie TEMA2 je uvést příklad tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka

vybraná z existující vektorové databáze. Jedná se o situaci, ve které znaková složka znázorňuje objekty, které sice existují v obrazové složce, ale je nutné jim přiřadit sémantický význam, popř. je zvýraznit. Odborným konzultantem při sestavování této tematické ortofotomapy byl mjr. Ing. Jaromír Čapek, Ph.D. z Katedry vojenské geografie a meteorologie Fakulty vojenských technologií Univerzity obrany v Brně.

Scénář plánování přesunu se dělí do osmi fází (Čapek, 2009):

- 1) Na základě zobrazení (výběru) komunikací vyšší kategorie výběr osy přesunu. Silnicemi vyšší kategorie jsou myšleny dálnice a rychlostní komunikace, hlavní silnice - pro území ČR silnice I. třídy.
- 2) Podle potřeby je možno do rozhodovacího procesu zahrnout i komunikace nižších kategorií - vedlejší silnice - pro území ČR silnice II. třídy.
- 3) Podle potřeby je možno do rozhodovacího procesu zahrnout i komunikace nejnižších kategorií, jde o ostatní státní silnice - pro území ČR silnice III. třídy.
- 4) Vytipování potenciálně nebezpečných míst na trase přesunu:
  - mosty;
  - tunely;
  - podjezdy;
  - nebezpečná stoupání a klesání;
  - zúžení komunikace;
  - oblouky, ...
- 5) Na základě vytipování nebezpečných míst vyřešit možnosti překonání, nebo obejít potenciálně nebezpečných míst. Toto bude provedeno nad detailním zobrazením tohoto potenciálně nebezpečného místa. Zobrazení by mělo být provedeno v rozlišení odpovídajícímu topografické mapě 1 : 25 000 nebo větším.
- 6) Vytipování míst pro zastávky a míst pro odpočinek. Toto provedeme na základě zobrazení následujících geografických faktorů:
  - lesní celky a porosty;
  - všech pozemních komunikací, včetně polních a lesních cest;
  - potenciální vodní zdroje (vodní nádrže, prameny, studny, ...);
  - reliéf;
  - stavby vhodné pro ubytování vojsk (továrny, školy, zemědělské družstva, rekreační zařízení, ...).
- 7) Posouzení vhodnosti prostorů odpočinku a zastávek. Opět provedeno nad detailním zobrazením tohoto prostoru. Zobrazení by mělo být provedeno v rozlišení odpovídajícímu topografické mapě 1 : 25 000 nebo větším. Pro potřeby ženijního budování je vhodné zobrazit i půdní a geologické poměry.
- 8) Vyřešení činností v rozchodišti.

Případová studie je vizualizací čtvrté fáze plánování přesunu, znaková složka však zahrnuje i data vybraná v předchozích třech fázích plánování (komunikace). Výběr potenciálně nebezpečných kritických míst, tzv. regulačních míst, se řídí metodikou uvedenou v Rybanský, Čapek (2007). Jako regulační místa jsou vybrány mosty, podjezdy, zúžení, oblouky a zatáčky, zdrojovou databází je výhradně DMÚ 25.



Obrazová složka reprezentovaná barevným leteckým ortofotosnímkiem s prostorovým rozlišením 1,5 m, uměle přepočítaným z prostorového rozlišení 0,25 m, plní funkci topografického podkladu. Znaková složka je zaměřena na zobrazení prvků tematické nadstavby, obsahuje však i prvky topografického podkladu (vodní toky a plochy, železnice), vybrané z DMÚ 25 a potlačené průhledností 40 %, doplňující obrazovou složku. Tloušťka liniových znaků pro silniční komunikace přibližně koresponduje se skutečnou tloušťkou objektů zachycených ortofotosnímkiem v daném měřítku (viz kapitola 6.1.2).

Pro znázornění regulačních míst jsou použity symbolické bodové znaky. Kombinace tvaru (čtverec), barvy (fialová, purpurová, žlutá) vždy ve dvou světlostech a symbolu odlišují vyjádření jednotlivých míst. Pro všechny tyto znaky je použit halo efekt šedé barvy sloužící k oddělení od obrazové složky.

Popis se váže ke znakové složce (charakteristiky bodových a liniových prvků) a obrazové složce (geografické názvosloví – popis sídel, vodních toků, místní názvy, popis objektů zkratkami). Lokalizace popisu je řešena s přihlédnutím k vytipovaným homogenním místům (viz kapitola 7.2). Z důvodu délky popisu nebo potřeby umístění k asociovanému prvku je však ne vždy možné tato automaticky navržená místa využít. Barva popisu vázaného k bodovým znakům pro regulační místa koresponduje s barvou těchto znaků. Pro popis sídel je zvolena osvědčená žlutá zvýrazněná černým halo. Popis vodstva je zachován konvenčně modře kurzívou v kombinaci s bílým halo. Pro popis je využita i černá barva, pro správnou čitelnost je však nutné použít světlé (bílé) halo.

## 9.6 Případová studie „Tematická ortofotomapa 3“ (TEMA3)

### Termální radiace území v měřítku 1 : 25 000

Cílem případové studie TEMA3 je uvést příklad tematické ortofotomapy, ve které je tematická informace i topografický podklad součástí obrazové složky. Odborným konzultantem při sestavování této tematické ortofotomapy byl Ing. Jaroslav Řeřicha z agentury CENIA.

Termální radiace vyjadřuje vyzařování objektů zemského povrchu v delších vlnových délkách, přibližně 3 až 14  $\mu\text{m}$ . Termální radiace koreluje do jisté míry s řadou dalších charakteristik stavu povrchů, jako například půdní vlhkost nebo teplotní poměry vegetačního krytu. Z obrazových záznamů tohoto intervalu lze zjišťovat teplotní stres rostlin či vláhový deficit. V zastavěných plochách lze zjišťovat teplotní znečištění či prvky teplotní bilance (Dobrovolný, 1998).

Vhodnými obrazovými daty pro mapování této tematiky jsou data pořízená pasivním senzorem ETM+ umístěným na družici LANDSAT 7. Pásmo 6 tohoto senzoru je vyjádřením elektromagnetického záření odraženého od objektů zemského povrchu ve vlnových délkách 10,4 až 12,5  $\mu\text{m}$  odpovídajících tepelnému záření. Nutno poznamenat, že data zaznamenaná pásmem 6 nejsou kalibrována a nelze je tedy využít pro kvantitativní znázornění absolutní teploty zemského povrchu. V tříkanálové barevné syntéze obrazu je tedy využito společně s kanály 3 a 5. Takto složený barevný obraz tvoří tematická obrazová data, prostorové rozlišení 28,5 m však není dostatečným pro podrobnější zobrazení a lokalizaci objektů v měřítku výsledné ortofotomapy 1 : 25 000. Z tohoto důvodu je jako topografický podklad použit černobílý letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 2,5 m, svým rozměrem odpovídající danému měřítku ortofotomapy (viz kapitola 8.2). Obě součásti obrazové složky jsou vzájemně spojeny do jednoho obrazu, resp. průhlednost černobílého ortofotosnímku je nastavena na 50 %. Důvodem použití černobílého ortofotosnímku je zachování původní barevnosti tematických obrazových dat.

Plochy v hlavním mapovém poli červené, oranžové až žluté vykazují vysoké hodnoty tepelné radiace, jedná se zejména o plochy v intravilánu a staré výsypky uranových dolů. Naopak nízkou úroveň tepelné radiace vykazují lesní porosty a plochy pokryté vegetací.

Znaková složka není zastoupena v hlavním mapovém poli, základní topografickou kostru vyjádřenou znaky (sídlo, silniční komunikace, vodstvo) zobrazuje vedlejší mapové pole. Plošným znakem bez obrysu jsou zde rovněž vyznačeny plochy s vysokou termální radiací. Tyto plochy vznikly řízenou klasifikací tematických obrazových dat, které jsou součástí hlavního mapového pole.

V rámci tvorby mapové kompozice je třeba řešit způsob provedení legendy, tzn. zabezpečení správné interpretace tematické obrazové složky. Je použita metoda výřezů (viz kapitola 8.2) objektů vyskytujících se v mapovém poli s příslušnou úrovní tepelné radiace a k nim byl přiřazen popis zahrnující relativní zhodnocení úrovně tepelné radiace a důvod jejího výskytu, popř. typ objektu. Důraz je kladen na strukturovanost legendy.

Zvýraznění tematické části obrazové složky (družicový ortofotosnímek LANDSAT 7) bylo provedeno pomocí radiometrických korekcí úpravou histogramu (viz kapitola 6.2.1). Metoda převodu původního histogramu na upravený byla použita lineární s ořezáním krajních hodnot pomocí standardní odchylky. Topografická část obrazové složky (černobílý letecký ortofotosnímek) byl zprůhledněn metodou uvedenou v kapitole 6.2.6.

## 9.7 Případová studie „Tematická ortofotomapa 4“ (TEMA4)

### Územní plán města Náměšť nad Oslavou v měřítku 1 : 5 000

Cílem případové studie TEMA4 je uvést příklad tematické ortofotomapy, ve které tvoří topografický podklad obrazová složka a tematickou nadstavbu znaková složka reprezentovaná plošnými kartografickými znaky, zde vyjadřující funkční plochy územního plánu. Odborným konzultantem při sestavování této tematické ortofotomapy byl RNDr. Jaroslav Burian z Katedry geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Tato příkladová studie pouze naznačuje teoretickou možnost použití ortofotomapy pro zpracování územních plánů. Autor si je vědom, že závazné mapové podklady pro zpracování územně plánovacích dokumentací jsou stanoveny vyhláškou č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti.

Funkční plochy v Návrhu územního plánu lze z hlediska časového horizontu rozdělit do dvou základních skupin (Poláček a kol., 2007):

- funkční plochy stavu znázorňující současný stav využití území, využití plochy se v návrhu nemění,
- funkční plochy návrhu znázorňující návrh budoucího stavu předkládaný ke schválení obecním zastupitelstvem, využití plochy se v návrhu mění.

K výše uvedeným funkčním plochám lze ještě přiřadit funkční plochy výhledu znázorňující plánovaný záměr využití území ve střednědobém horizontu 10-ti až 15-ti let (Burian, 2009).

Z hlediska způsobu využití lze funkční plochy dělit do skupin definovaných vyhláškou č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území takto:

- plochy bydlení
- plochy rekreace
- plochy občanského vybavení
- plochy veřejných prostranství
- plochy smíšené obytné
- plochy dopravní infrastruktury
- plochy technické infrastruktury
- plochy výroby a skladování
- plochy smíšené výrobní

- plochy systému sídelní zeleně
- plochy vodní a vodohospodářské
- plochy zemědělské
- plochy lesní
- plochy přírodní
- plochy smíšené nezastavěného území
- plochy těžby nerostů
- plochy specifické

V rámci těchto skupin dochází ještě k dalšímu podrobnějšímu dělení, více viz Poláček a kol. (2007).

V rámci řešení kartografické vizualizace Návrhu územního plánu je nutno řešit vyjádření funkčního určení ploch plošnými znaky včetně rozlišení z hlediska časového horizontu (stav, návrh a výhled a vytvoření správné kombinace s obrazovou složkou. Záměrem je co nejvíce upřednostnit obrazovou složku pro výhled, tzn. co nejméně ji zakrýt znakovou složkou. Naopak pro současný stav je obrazová složka nejméně důležitá. Obrazovou složku reprezentuje barevný, resp. černobílý odvozený z barevného metodou IHS (viz kapitola 6.2.2), letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 0,5 m, uměle přepočítaným z prostorového rozlišení 0,25 m. Vzniklo tak následující kartografické vyjádření funkčních ploch:

- stav - černobílý ortofotosnímek, funkční plochy vyjádřeny obrysem a výplní s 65% průhledností,
- návrh - barevný ortofotosnímek, plošné znaky vyjádřeny obrysem spolu s průhlednou šrafurou (65 %) pro funkční plochy návrhu,
- výhled - barevný ortofotosnímek, plošné znaky vyjádřeny obrysem.

Tloušťka obrysu plošných znaků je různá, přičemž se směrem od stavu k výhledu zvětšuje. Pro porovnání využití černobílého a barevného ortofotosnímku pro plochy návrhu a výhledu jsou v mapové kompozici případové studie umístěna dvě mapová pole zobrazující identický prostor.

Barevné vyjádření znakové složky vyjadřuje kvalitativní rozlišení funkčních ploch z hlediska způsobu využití, přičemž barva příslušné plochy je vždy stejná pro stav, návrh i výhled. Přestože neexistuje unifikovaná paleta barev, používá se smluvená konvence aplikace barev (Burian, 2009). Plochy bydlení se zobrazují červeně, občanská vybavenost, výroba a průmysl fialově, železnice modrofialově, sport a rekreace žlutě, vodstvo modře, přírodní plochy zeleně, atd.

Při sestavování ortofotomapy bylo zjištěno, že nelze použít více odstínů jedné barvy (např. bydlení v bytových domech – světle červená a bydlení v rodinných domech – tmavě červená), protože v kombinaci s ortofotosnímkiem za použití průhlednosti dochází pro určité plochy vytvoření celé řady odstínů jedné barvy, rozlišitelnost ploch je tak problematická. Řešení jak eliminovat počet barev a zároveň zachovat rozlišitelnost kategorií funkčních ploch je v použití stejné barvy pro skupiny funkčních ploch (např. bydlení – červená) a zároveň zavést kódy. Barevnost kódu je řešena metodou příbuzné barvy v barevném modelu RGB (viz kapitola 6.1.4), výsledkem je barva podobná podkladové ploše. Při výpočtu barvy kódu je nutno brát v úvahu barevnost výplně plošného znaku pro stav jako podkladu při použití 65% průhlednosti. Barva výplně, resp. pozadí, se mění v závislosti na hodnotách pixelů černobílého ortofotosnímku a počítá se dle vzorce V. 6.3. Například pro červenou barvu (255,0,0) při 65% průhlednosti a hodnotě pixelu ortofotosnímku 127 (střední hodnota na stupnici 0 až 255) je výsledná barva pozadí, resp. podkladové plochy, (171, 82, 82). Pro tuto hodnotu je následně

počítána barva kódu. Popis kódu je doplněn halo efektem bílým (pro tmavé pozadí) nebo černým (pro světlé pozadí).

Topografický podklad je doplněn popisem (hlavní ulice, vodní tok, železniční stanice). Legenda funkčních ploch je strukturovaná, plochy jsou rozděleny do skupin dle časového horizontu, u stavu do podskupin dle způsobu využití.

## 9.8 Případová studie „Tematická ortofotomapa 5“ (TEMA5)

### Zdravotní stav lesa v měřítku 1: 2 500

Cílem případové studie TEMA5 je uvést příklad tematické ortofotomapy, ve které je topografická informace čitelná z ortofotosnímku (les, cesty, skály), prostorová a zároveň časová lokalizace zobrazeného území je provedena pomocí podnázvu. Primární tematická informace znázorňující zdravotní stav lesních porostů je obsažena v obrazové složce. Ve znakové složce je obsažena sekundární tematická informace znázorňující lesnickou typologii. Odborným konzultantem při sestavování této tematické ortofotomapy byl Mgr. Oldřich Holešínský ze Správy Národního parku České Švýcarsko.

Na mapovaném území v oblasti Havraní skály u Jetřichovic v Národním parku České Švýcarsko vypukl 22.6. 2006 požár, jehož hašení trvalo celý týden a podílelo se na něm postupně více než 400 lidí, povolán byl i vrtulník (Adámek a kol., 2011). Výzkum sukcese dřevin probíhal na této lokalitě od roku 2007, organizovaný VÚKOZ, oddělení ekologie lesa, ve spolupráci se studenty Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Výsledky uvádí Trochta (2010) a Adámek a kol. (2011). Je konstatováno, že čtyři roky po požáru došlo k úplnému odumření stromového patra, tvořeného převážně borovicí lesní a monokulturními porosty borovice vejmutovky, v okrajových částech živoří několik dubů a buků. Plocha požářiště je zapojená hustým porostem pionýrských dřevin (topol osika, bříza bělokorá, vrba jíva). Porovnání stavu lesa rok po požáru a aktuálního stavu je uvedeno na obr. 9.1.



Obr. 9.1 Snímek požářiště z července 2007 (nahore) a července 2011 (dole)

Primární tematická informace je obsažena v obrazové složce, kterou představuje barevný letecký ortofotosnímek v barevné syntéze tří pásem v nepravých barvách. Červené pásmo reprezentuje blízký infračervený kanál. Prostorové rozlišení ortofotosnímku má hodnotu 0,25 m, přičemž je zachováno původní vyplývající z pořizování snímků. Původní snímek byl pořízen leteckou digitální kamerou Vexcel UltraCam Xp. Blízký infračervený kanál je charakteristický zachycením vysoké intenzity odrazivosti elektromagnetického záření od vegetace, zejména listnatých stromů a jiných olistěných rostlin vyplývající z vlivu morfologie a buněčné struktury listů. Projevuje se hlavně množstvím celulózy, proto má významnou roli vícenásobný odraz uvnitř listu. Zdravá vegetace se tak v barevné syntéze v nepravých barvách projevuje výraznou červenou, resp. růžovou, barvou. Naopak neživé stromy a ostatní objekty (skály, silnice, atd.) jsou zobrazeny šedomodře.

Primární tematická informace je doplněna sekundární tematickou informací znázorňující lesnickou typologii. Informace obsahuje rozlišení lesních typů, jako nejnižších jednotek diferenciací růstových podmínek stanoviště. V tradičních lesnických mapách jsou jednotlivé plochy barevně rozlišeny dle konvence uvedené v typologické tabulce (obr. 9.2) Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL). Ke každé ploše existuje třímístný kód (první znak = lesní vegetační stupeň, druhý znak = edafická kategorie, třetí znak = synuzie podrostu), přehled kódů je uveden v oblastních plánech rozvoje lesů (OPRL), vyhotovovaných pro každou přírodní lesní oblast (PLO) dle vyhl. 83/1996 Sb., ve kterých jde hlavně o zohlednění regionálních specifik. K vytvoření případové studie byl využit OPRL pro oblast Národního parku České Švýcarsko.

**Přehled lesních typů a souborů lesních typů v ČR**

Obr. 9.2 Lesnická typologická tabulka

Při řešení kartografické vizualizace je nutno změnit konvenční pravidla vzhledu plošných znaků pro lesní typy tak, aby zůstaly srozumitelné a zároveň co nejméně zakrývaly a narušovaly čitelnost leteckého ortofotosnímku v nepravých barvách. Pro kvalitativní odlišení ploch bylo

využito kódování, barva halo jednotlivých kódů je v souladu s konvenční barevností a je tedy nositelem kvalitativní informace. Barva textu je převážně černá, protože je v dostatečném kontrastu k barvě halo. Pouze v jednom případě je třeba volit světle šedou tak, aby byla v dostatečném kontrastu k tmavě hnědému halo. Hranice všech ploch lesních typů je bílá, zajišťující čitelnost nad ortofotosnímkiem.

Hranice požářiště vymezuje oblast zaměřenou na téma obsažené v ortofotosnímku. Pro její vyjádření je použita červená barva (vztah k tématu – požár), byla testována i žlutá vykazující lepší čitelnost, ale vyvolávající asociaci s vyjádřením ploch lesních typů.

Pro zpřístupnění tematických informací a jejich rychlé čtení byly podobně jako u TEMA3 do legendy uvedeny výřezy z ortofotosnímku v nepravých barvách popisující charakteristické situace v krajině (suché jehličnaté stromy, zdravé jehličnaté a listnaté stromy, podrost), kromě vymezení požářiště hranicí je tak doplněna tematickou informací poskytnutou ortofotosnímkiem.

## 9.9 Případová studie „Tematická ortofotomapa 6“ (TEMA6)

### Odhad intenzity srážek v měřítku 1 : 1 000 000

Případová studie TEMA6 je nadstavbová a od ostatních se liší typem obrazové složky. Obrazovou složku tvoří data nesoucí informace o radiolokační odrazivosti od atmosférických částic, pomocí nichž lze získat intenzitu srážek. Cílem této případové studie je tedy ukázat příklad využití dalších materiálů DPZ pro kartografickou vizualizaci, v tomto případě pořízené aktivním senzorem (radar). Obrazová složka je nositelem tematické informace, topografický podklad tvoří znaková složka.

Meteorologické radiolokátory slouží ke zjišťování rozložení okamžitých intenzit atmosférických srážek a výskytu jevů spojených s oblačností na velké ploše řádu 100 000 km<sup>2</sup> (do vzdálenosti řádově 100 až 200 km). Jejich funkce je založena na schopnosti srážkových částic v atmosféře (vodních kapiček, sněhových vloček, ledových krupek apod., zčásti též oblačných částic) odrážet (přesněji zpětně rozptylovat) radiovlny v centimetrovém pásmu vlnových délek (mikrovlny) (Kráčmar, 2011).

Měřená radiolokační odrazivost Z od atmosférických částic má přímý vztah k okamžité intenzitě srážek v daném místě. Barevná stupnice odrazivosti má 15 stupňů odrazivosti s krokem 4 dBZ, prahová hodnota 4 dBZ odpovídá intenzitě deště cca 0,06 mm/h. Pro přibližný přepočítání odrazivosti na intenzity srážek platí exponenciální závislost (Kráčmar, 2011):

Z [dBZ]	7	23	39	55
I [mm/h]	0.1	1	10	100

Prostorové rozlišení obrazových dat je 1 km, což není v souladu s měřítkem výsledné ortofotomapy. Výsledkem je tedy rozlišitelnost jednotlivých pixelů. Podrobnější data nejsou k dispozici a není na závalu zobrazovat hodnotu pro čtvercové území.

Barevnost tematické obrazové složky je ponechána konvenčně dle zvyklostí a běžného používání Českým hydrometeorologickým ústavem. Název mapy uvádí uživateli bližší charakteristiku (úhrn srážek), i když je barevnou hypsometrií vizualizována radiolokační odrazivost. Legenda uvádí přepočítání radiolokační odrazivosti atmosférických vodních částic na úhrn srážek v mm/h.

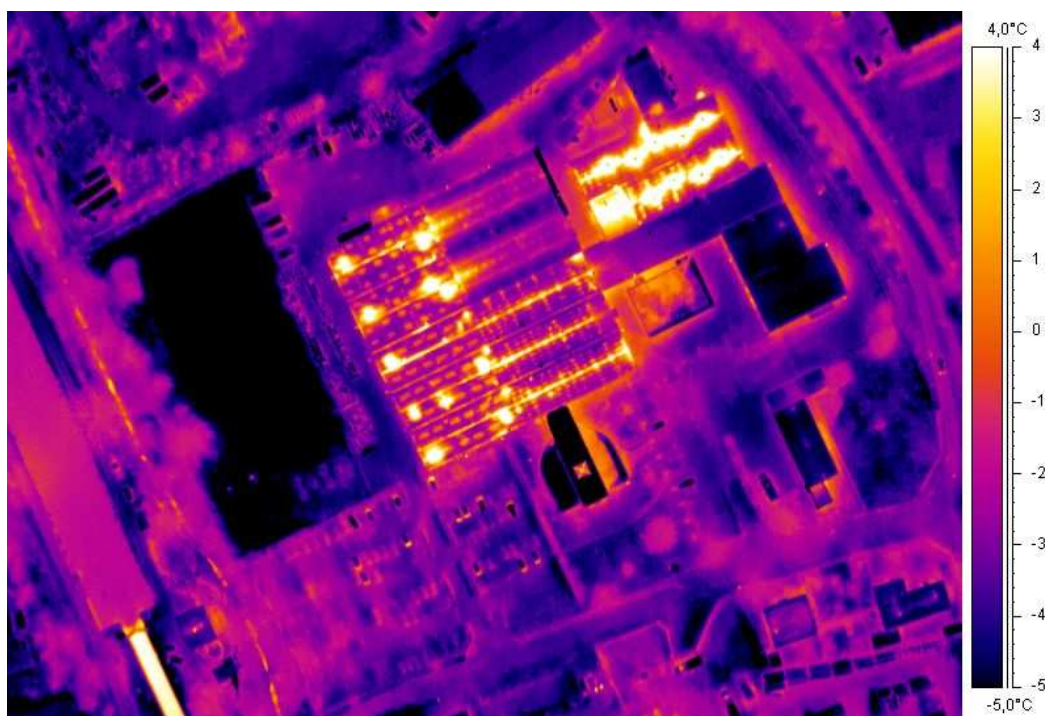
V rámci řešení této případové studie se nabízí otázka, jak pojmenovat výsledný produkt. Použití pojmu ortofotomapa může být v tomto případě právem zpochybněno. Obrazová složka

je sice tvořena obrazovými daty (angl. image) dálkového průzkumu Země v ortogonální projekci, které však nejsou fotografií (angl. photograph) ve smyslu uvedeném v Lillesand a Kiefer (2004) na str. 23.

### 9.10 Východiska tvorby dalších případových studií při použití jiných materiálů DPZ

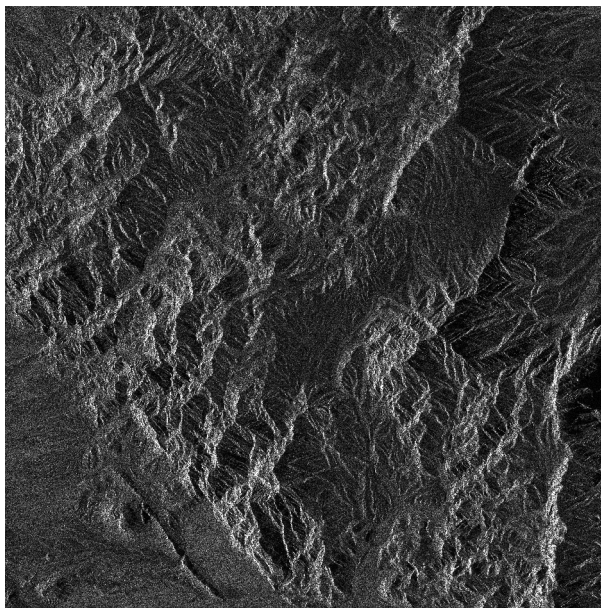
Pro tvorbu kartografických výstupů (map, ortofotomap) lze použít další obrazová data získaná dálkovým průzkumem Země, která je možno rozdělit na:

- data z hyperspektrálních senzorů - výstupy z leteckých hyperspektrálních senzorů (např. AISA Eagle) nebo družicových hyperspektrálních senzorů (např. Hyperion) lze v kartografické vizualizaci použít podobně jako multispektrální data, protože vždy je možné udělat spektrální syntézu pouze tří pásem (viz kapitola 9, případová studie TEMA3),
- data z termálních senzorů - výstupy družicového nebo leteckého termovizního snímání (např. senzor ThermaCAM) lze vizualizovat pomocí barevné hypsometrie vyjadřující intenzitu tepelného vyzařování objektů (obr. 9.3),



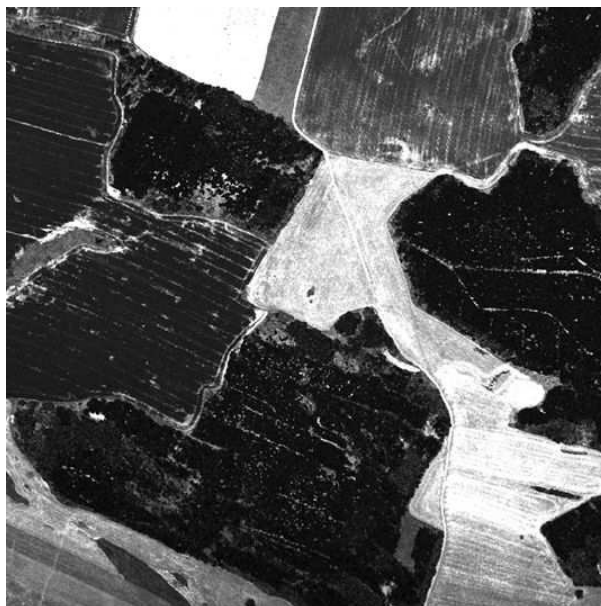
Obr. 9.3 Termovizní snímek průmyslového objektu (Zdroj: ARGUS GEO SYSTÉM s.r.o.)

- data z aktivních senzorů - příkladem jsou radarové snímky jako výsledky snímání družicovými senzory, v současné době existuje celá řada funkčních družicových radarových systémů (ERS, Radarsat, Envisat, SAR-Lupe, COSMO-SkyMed, TerraSAR-X, atd.), příklad je uveden na obr. 9.4,



Obr. 9.4 Radarový snímek z družice Radarsat 1 (Zdroj: Erdas)

- výsledky klasifikace ortofotosnímků – řízenou nebo neřízenou klasifikací ortofotosnímků vznikají odvozené tematické informace v podobě rastrových dat,
- výsledky z multispektrálních syntéz dat DPZ - odvozené rastrové produkty vzniklé syntézou více spektrálních pásem (metoda hlavních komponent, vegetační indexy, poměr pásem, atd.),
- další rastrová data vztahující se k DPZ – digitální model terénu nebo sklonitost terénu jako výsledky leteckého laserového skenování, další rastrová data jako výsledky interpolace informací z leteckého laserového skenování (např. amplituda jako charakteristika intenzity odrazu bodů laserového skenování, viz obr. 9.5).

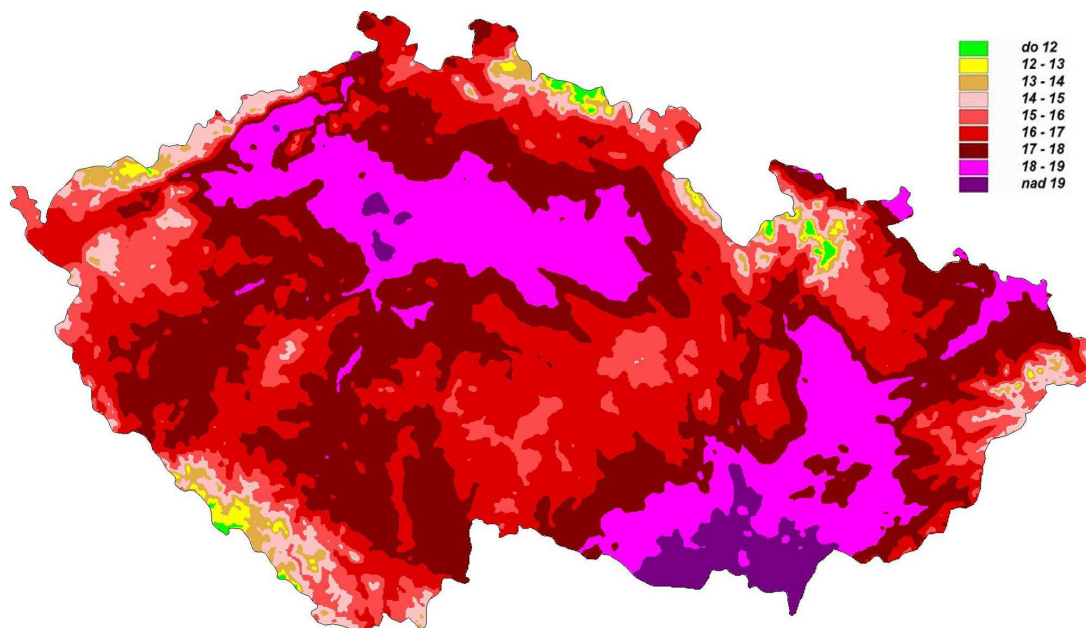


Obr. 9.5. Amplituda jako charakteristika intenzity odrazu bodů laserového skenování (světlejší odstíny šedi znázorňují vyšší hodnoty) (Zdroj: Ministerstvo obrany ČR)

Je zřejmé, že obrazová složka z technického pohledu vždy existuje v podobě rastrových dat. Problematiku kartografické vizualizace je tedy možno naprosto zobecnit a rozšířit na úroveň



rastrových dat, přičemž nemusí být nutně výsledkem z dálkového průzkumu Země. Příkladem mohou být rastrová data jako výsledek interpolace kvalitativních meteorologických informací - teplota, tlak, množství srážek, atd. (viz obr. 9.6). Tato část je však již nad rámec této disertační práce.



Obr. 9.6 Průměrná červencová teplota v České republice ve °C (Zdroj: ČHMÚ)

Všechna výše uvedená data je možno kombinovat se znakovou složkou a popisem, popř. s jiným typem obrazových dat tvořících obrazovou složku. Často platí podobná pravidla a využívají se podobné metody kartografické vizualizace jako v případových studiích.

Výstupy dálkového průzkumu Země je možno též zpracovat do podoby vektorových dat a při sestavování ortofotomap je využívat jako součást znakové složky. Příkladem mohou být vrstevnice zpracované na podkladě dat získaných metodou leteckého laserového skenování

Výsledkem kartografické činnosti, při které jsou jako podklad využívána sice rastrová, ale neobrazová data, jsou tematické mapy. Pojem ortofotomapa zde není možné použít.

## 10 UŽIVATELSKÉ ASPEKTY PROTOTYPŮ ORTOFOTOMAP

Případové studie jsou hodnoceny z hlediska třech základních uživatelských aspektů: **cílové skupiny uživatelů, styl práce s ortofotomapou a objem předávaných informací.**

Aspekt cílové skupiny uživatelů vymezuje okruhy stávajících nebo potencionálních uživatelů. Styl práce s ortofotomapou specifikuje účel, za kterým byla sestavena a způsob jejího použití. Objem předávaných informací popisuje množství topografických nebo tematických informací poskytovaných uživateli.

### 10.1 Případová studie „Topografická ortofotomapa 1“ (TOPO1)

Prototyp sestavený v rámci případové studie TOPO1 – „Kombinace topografické mapy 1 : 25 000 a černobílého ortofotosnímku“ představuje ortofotomapu určenou pro jednotky a štáby Armády České republiky, složky integrovaného záchranného systému, případně další orgány a organizace podílející se na krizovém řízení, obranném plánování a realizaci vojenských i nevojenských operací.

Ortofotomapa je určena k podobným činnostem jako topografická mapa 1 : 25 000, tedy:

- k podrobnému studiu, analýzám a názornému hodnocení terénu,
- k určování polohy bodů, stanovišť a cílů, jejich pravoúhlých rovinných souřadnic (E, N), souřadnic zeměpisných ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) a nadmořských výšek nebo převýšení,
- plánování a řízení státních orgánů a organizací,
- jako podklad k tvorbě tematických a vojenských speciálních ortofotomap,
- k provádění prací vědecko – výzkumného charakteru.

Ve srovnání s tradiční topografickou mapou je objem předávaných informací nepochybně větší. Bílá místa topografické mapy jsou v ortofotomapě nahrazena ortofotosnímkiem. Množství poskytovaných informací zvětšuje i použití průhlednosti některých plošných znaků (les, sady, zástavba), v místech jejich výskytu ortofotosnímek zobrazuje skutečný obraz území a zároveň znaky dodávají sémantický význam. Ortofotosnímek na pozadí topografické ortofotomapy poskytuje uživateli lepší a podrobnější informaci o členitosti terénu a reálném rostlinném půdním krytu v plochách a tím zlepšuje možnost orientace, navigace, poskytuje lepší informace o průchodnosti terénem, apod.

### 10.2 Případová studie „Topografická ortofotomapa 2“ (TOPO2)

Prototyp sestavený v rámci případové studie TOPO2 – „Ortofotomapa města s popisem uliční sítě“ je všeobecnou ortofotomapou, která slouží k podrobnému vyhodnocení území v rozsahu a souvislostech odpovídajících měřítku. Může být využívána pracovníky státních organizací, místní správy a samosprávy při plánování a řízení.

Ortofotomapa je sestavena za účelem identifikace a lokalizace prvků intravilánu, zejména budov, veřejných komunikací, uliční sítě a jejího popisu. Měřítko ortofotomapy umožňuje dobré čtení objektů v sídle, zejména budov, z ortofotosnímku. Ortofotomapu je tedy možné použít za účelem podrobného studia a získání všeobecné orientace v sídlech. Přispěje ke zkvalitnění topografického zabezpečení činností uživatele.

Většina informací je předávána ortofotosnímkiem, znaková složka se vyskytuje v minimálním množství, popis přiřazuje vybraným objektům jejich sémantický význam.

### 10.3 Případová studie „Tematická ortofotomapa 1“ (TEMA1)

Prototyp ortofotomapy sestavený v rámci případové studie TEMA1 – „Útok mechanizovaného praporu“ je určen ke studijním účelům při výcviku důstojnického sboru ozbrojených sil v oblasti vojenské taktiky.

Tuto ortofotomapu je možno použít jako výukový názorný materiál používaný během armádních důstojnických kurzů. Kartografické dílo doplňuje informace o plánování a vedení útočné bojové činnosti předávané ve verbální a textové podobě.

Tematická informace zobrazená ve znakové složce zachycuje rozmístění vlastních a nepřátelských armádních jednotek v prostoru včetně naznačení jejich plánovaného pohybu při útoku z přímého dotyku, rozdělení jednotek do bojových sektorů a naznačení dotykové linie obou vojsk. Topografická informace je poskytována zejména ortofotosnímky a dodává uživateli geografické povědomí o území (identifikace lesních celků, zástavby, komunikací, atd.), ve kterém je nutné vést útočnou bojovou činnost na úrovni roty a čety. Ortofotosnímek jako věrný obraz území je možné číst daleko rychleji a snadněji ve srovnání s topografickou mapou (není nutné studovat znakový klíč, atd.). Nevýhodou ortofotosnímku je neexistence sémantických informací (význam budov, klasifikace komunikací a jejich parametry, atd.).

### 10.4 Případová studie „Tematická ortofotomapa 2“ (TEMA2)

Zobrazená tematika prototypu ortofotomapy sestaveného v rámci případové studie TEMA2 – „Plánování přesunu“ determinuje cílové skupiny uživatelů i způsob práce s touto ortofotomapou. Uživatelé ortofotomapy jsou příslušníci Armády ČR zodpovědní za plánování přesunů a přepravy jednotek ozbrojených sil.

Ortofotomapa je sestavována za účelem využití při velení na operačně taktickém stupni při plánování přesunů. Na základě vytipování nebezpečných míst lze vyřešit možnosti překonání, nebo obejít potenciálně nebezpečných míst. Ortofotomapu lze využít jako podklad pro řešení následných fází přesunu (viz Čapek, 2009).

Tematická informace uložená ve znakové složce a popisu umožňuje vytipování kritických míst na trasách přesunů a poskytuje podklady pro rozhodování o možnostech jejich řešení (ženijní budování, obejít překážek, atd.).

### 10.5 Případová studie „Tematická ortofotomapa 3“ (TEMA3)

Prototyp ortofotomapy sestavený v rámci případové studie TEMA3 – „Termální radiace území“ využijí specialisté různých oborů, zejména z oblasti péče a ochrany životního prostředí. Primárním podnětem sestavení této ortofotomapy byl záměr jejího využití specialisty řešící projekt Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM), více viz Doubrava a kol. (2011).

Ortofotomapu lze využít v projektu NIKM k výzkumným úlohám spojených s vytipováním, klasifikací a hodnocením různých typů zájmových objektů a jejich vlivu na životní prostředí (výsypky, skládky, lomy, průmyslové areály s úložišti odpadních produktů). Následně je pak možné tuto ortofotomapu použít jako názorný příklad zobrazující rozsah vytipovaných nebezpečných ploch využitelný zejména v dotační politice při získávání financí na odstraňování jejich negativních vlivů na životní prostředí.

Ortofotomapa předává prostorově lokalizované monotematicky zaměřené informace (termální radiace území vztažené k určitému časovému okamžiku). Ke správnému pochopení zobrazovaného jevu slouží legenda využívající výřezy z mapového pole spolu s vysvětlením zobrazované situace. Topografická informace je čitelná z ortofotosnímku vysokého prostorového rozlišení v kombinaci s informacemi poskytovanými vedlejším mapovým polem.

## 10.6 Případová studie „Tematická ortofotomapa 4“ (TEMA4)

Prototyp ortofotomapy sestavený v rámci případové studie TEMA4 – „Územní plán města“ by mohla využít laická i odborná veřejnost, která chce nahlédnout do územního plánu. V rámci řešení úkolů na úrovni státní správy a samosprávy může být k dispozici pracovníkům stavebních odborů nebo odborů územního plánování na krajských úřadech, magistrátech či obecních úřadech.

Ortofotomapu lze použít za účelem zjištění toho, co navrhuje územní plán současně s informací o aktuální funkci území.

Tematická informace uložená ve znakové složce a popisu umožňuje zjistit stavové, návrhové i výhledové funkční plochy územního plánu. Obrazová složka (ortofotosnímek) umožňuje srovnání s informací o aktuálním využití území. Spojení tematické informace uložené ve znakové složce (územní plán) a obrazové složky (ortofotosnímku) poskytuje mnohem větší množství informací než při čtení obou složek odděleně.

## 10.7 Případová studie „Tematická ortofotomapa 5“ (TEMA5)

Cílovou skupinou uživatelů prototypu ortofotomapy sestaveného v rámci případové studie TEMA5 – „Zdravotní stav lesa“ jsou zejména zástupci akademické obce využívající ortofotomapu k výzkumným účelům. Lokalitu v současné době zkoumají půdní biologové či geobotanici. Využijí ji však i skupina praktických lesníků nebo manažerů snažících se o získání dotačních titulů.

Ortofotomapu lze využít k výzkumným úlohám spojeným s mapováním změn po požáru. Pomocí ortofotosnímku v nepravých barvách lze zmapovat stav lesních porostů (ekosystémů) čtyři roky po požáru a posoudit rozsah odumřelé vegetace a zarůstání náletovými dřevinami. Praktičtí lesníci ortofotomapu využijí za účelem názorné vizualizace výsledků výzkumu a otázek spojených s přirozenou obnovou lesa. S dynamikou lesa souvisí např. i vývoj druhové skladby entomofauny. Interpretace ortofotomapy může přispět k celkové syntéze poznatků o dynamice lesního ekosystému, k objasnění vzájemných souvislostí mezi povahou stanoviště a druhovým složením.

Ortofotomapa poskytuje syntézu dvou tematických informací – zdravotního stavu lesa a lesnické typologie. Lokalita požářiště by mohla být do budoucna brána jako názorný příklad nezasahování člověka do přirozeného vývoje lesa a tento kartografický výstup je názorným příkladem, jak tento stav přiblížit běžné veřejnosti.

## 10.8 Případová studie „Tematická ortofotomapa 6“ (TEMA6)

Cílovou skupinou uživatelů prototypu sestaveného v rámci případové studie TEMA6 – „Odhad intenzity srážek“ je laická veřejnost i pracovníci krizového řízení.

Mapu je možno použít při předpovídání i následném řešení krizových situací spojených se zvýšením množství vody v území, zejména pak zvýšení hladiny vodních toků a jejich rozvodnění.

Jedná se o monotematickou mapu, barevná hypsometrie znázorňuje termální radiaci území, která není pro laickou veřejnost běžně známá a těžko interpretovatelná. Správnému čtení tematického jevu napomáhá legenda, ve které je uveden vztah mezi termální radiací a úhrnem srážek v milimetrech za hodinu. Nutno poznamenat, že se jedná pouze o predikci, nikoliv naměřené reálné hodnoty.

## 11 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“ (viz kapitola 4.1).

**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“ včetně jejich vymezení, čímž se obohacuje odborný kartografický slovník (viz kapitola 4.1).

**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“ jako druhové označení map vytvářených s využitím obrazových materiálů DPZ (viz kapitola 4.2).

**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 (viz kapitola 5.1) jako kartografického díla.

**Obsah ortofotomap** lze z pohledu objektů vyskytujících se v ortofotomapě 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 obrazové složky“ a naznačen způsob jejího stanovení (viz kapitola 5.2).

**Spektrální informační náplň obrazové složky** ortofotomapy v daném měřítku lze definovat jako počet rozeznatelných shluků v tomto měřítku ve vztahu k celkové ploše ortofotomapy. 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 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 stanovil 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 (viz kapitoly 6.2, 8.1), tvorby a užití jazyka znakové složky (viz kapitola 6.1) a popisu ortofotomap (viz kapitola 7) směřující k zajištění maximálního přenosu informací.

Bylo stanoveno **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.

V oblasti kartografické vizualizace byly popsány pravidla práce s obrazovou a znakovou složkou a s popisem. Obrazovou složku lze **zvýraznit** nebo **potlačit**. Do skupiny úprav zvýrazňujících ortofotosnímek patří zvýšení kontrastu roztažením histogramu, úprava histogramu za účelem věrnějšího podání barevnosti a zostření ortofotosnímku použitím vysokofrekvenčních prostorových filtrů. Do skupiny úprav potlačujících ortofotosnímek patří snížení prostorového rozlišení ortofotosnímku, převedení barevného ortofotosnímku na černobílý, zesvětlení ortofotosnímku a 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). Práci s histogramem obrazu představují **radiometrické úpravy**. Důležité je získat barevně vyvážený obraz bez výrazného zastoupení jedné z barevných složek, který způsobí barevný nádech. 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. Je však třeba řídit se obecnými zásadami (viz kapitola 6.2.1). Důležitou úpravou ortofotosnímku je jeho potlačení pomocí zesvětlení, které se doporučuje provádět pomocí tzv. **krytí obrazu**. Jedná se o proceduru, kdy se potlačují obrazová data přidáním bílé složky v určitém předem definovaném poměru.

V disertační práci byla sestavena pravidla vytváření, používání i umístování bodových, liniových a plošných kartografických znaků, které slouží k vyjádření znakové složky (viz kapitoly 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3). Nejdůležitějšími metodami práce se znakovou složkou (a popisem) jsou správná barevnost (viz kapitola 6.1.4) a použití halo efektu (viz kapitola 7.2). Byly stanoveny 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 jejich čitelnost. Použití halo a jeho barva je pro čitelnost znaku nebo popisu umístěného na obrazové složce často důležitější než barva znaku nebo popisu samotného. Musí být

v dostatečném kontrastu vůči barvě znaku. Kombinaci znakové a obrazové složky umožňuje použití průhlednosti. **Průhlednost** lze charakterizovat jako efekt, při kterém se podkladová vrstva (u ortofotomap obrazová složka) 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. K zajištění vyvážené čitelnosti obou složek se optimální hodnota pohybuje v okolí 50 %. Snížili-li se průhlednost, zvýrazní se tím informace uložená ve znakové složce, naopak zvýšením průhlednosti dochází k jejímu potlačení. Doporučuje se jako podklad využívat černobílý ortofotosnímek, kdy nedochází ke změně odstínu znakové složky, rozdíl existují pouze v sytosti barev.

**Popis** se vztahuje k obrazové i znakové složce a pro jeho tvorbu, použití i umístování jsou definovány v kapitole 7 pravidla.

**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 (viz kapitola 9.1).

Sestavení a následné 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 (viz kapitoly 9, 10 a volné přílohy), které mohou posloužit jednak jako podklad pro další odbornou diskuzi a jednak se stát určitým vzorem pro projektování a tvorbu ortofotomap v České republice.

## 12 DISKUZE

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

### 1) Způsob tvorby a použití gridové legendy

V případě gridové legendy je nutno vybrat hodnoty podkladového černobílého ortofotosnímku, co nejvíce reprezentující výsledek v mapovém poli ortofotomapy, protože se zde může vyskytovat až 256 úrovní sytosti. Otázkou zůstává, jakým způsobem tento výběr zabezpečit a kolik hodnot v legendě uvést. Způsob výběru se zcela jistě vztahuje k četnosti zastoupení jednotlivých hodnot v podkladovém černobílém ortofotosnímku. Řešením by mohla být aplikace sumační křivky. Použitelnost tohoto druhu legendy by měla být podpořena uživatelským průzkumem.

### 2) Použití pultové legendy

V případě pultové legendy, kdy se uvádějí všechny stupně sytosti (pro černobílý ortofotosnímek) je problémem délka pultu. Pokud by například jeden odstín reprezentovala část pruhu široká 0,1 mm, celý pruh by byl široký 2,56 cm. Přitom šířka 0,1 mm je na hranici čitelnosti lidským okem. Na gridovou i pultovou legendu je tedy třeba mít dostatečný prostor. V případové studii TEMA4, ve které je použita pro plošné znaky 65% průhlednost, je pro každou barvu, odlišující funkční plochy územního plánování, v legendě uvedena pouze jedna úroveň a to pro podklad o hodnotě 255. To znamená, že tato barva v legendě má stejnou úroveň saturace jako barva v mapovém poli vyskytující se nad bílými místy v ortofotosnímku. Jiné úrovně nebyly do legendy vybrány, což nemusí být pro jednoznačnou identifikovatelnost znaku v mapovém poli optimální a pultová legenda se jeví opodstatněná. Použitelnost tohoto druhu legendy by měla být podpořena uživatelským průzkumem.

### 3) Potlačení obrazové složky snížením prostorového rozlišení

V kapitole 5, části věnující se obsahu ortofotomap, bylo uvedeno, že do skupiny úprav potlačujících ortofotosnímek patří snížení prostorového rozlišení ortofotosnímku. Je však otázkou, zda je to vhodná úprava. Je jí v podstatě myšleno zvyšování velikosti pixelu, tzn. ztráta detailnosti informace z ortofotosnímku. Hlavním důvodem těchto úvah je fakt, že tato degradace znamená použití neúměrně velkého pixelu ve vztahu k výslednému měřítku ortofotomapy. Například ortofotosnímek s velikostí pixelu v území 10 m zobrazený v měřítku 1 : 5 000 má tento pixel velký 2 mm. Pixely takových rozměrů jsou rozeznatelné lidským okem a celkově obrazová složka tak nepůsobí dobře a použitelně. Řešením by bylo použít jako metodu zobrazení bilineární interpolaci (podobně jako v kapitole 9, případová studie TEMA3).

### 4) Použití dalších materiálů DPZ pro kartografické účely

Způsob kartografické vizualizace dalších materiálů dálkového průzkumu Země (data termovizního snímání, data laserového skenování, atd.) by byl obdobný jako v případě prezentovaných případových studií. Například vizualizace výsledků termovizního snímání by se dala řešit jako v případové studii TEMA3. Jedná se o případ, kdy obrazová složka je nositelem tematické informace, topografický podklad můžou tvořit jiná obrazová data (ortofotosnímek) nebo znaková složka. Využita by byla průhlednost obrazové složky, tzn. termosnímků. Vizualizace výsledků leteckého laserového skenování, tzn. výškopisných informací, lze pomocí znakové složky (vrstevnice, klasifikace sklonitosti terénu) nebo obrazovou složkou (stínovaný model, klasifikace sklonitosti terénu).

### 5) Otestování jiných programových nástrojů pro kartografii

Při tvorbě případových studií i ověřování hypotéz byly použity programové nástroje uvedené v kapitole 2.2. Nepochybně se jedná o jedny z nejkvalitnějších produktů na trhu GIS, poskytujících spoustu nástrojů a funkcí sloužících k přípravě podkladů i k vytvoření ortofotomap.



K zajištění jisté nezávislosti na jediné programové platformě by však bylo třeba otestovat i jiné programové nástroje.

Při praktickém zavedení některých uvedených autorských myšlenek a algoritmů (barevnost znaků a popisu, umístování popisu, atd.) by však bylo nutno některé funkce doprogramovat do komerčních programů, popř. vytvořit aplikace vlastní.

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

O náplni map obecně se kartografové příliš nezmiňují. Pokud ano, většinou se jedná o určení grafické zaplněnosti map, nikoliv o informační náplň poskytovanou příslušnou mapou. Při určení náplně ortofotomapy autor rozděluje její obsah na znakovou a obrazovou složku. Následně definuje tzv. spektrální informační náplň a snaží se najít metriku pro vyjádření její hodnoty. Využívá texturálních charakteristik obrazu, které jsou založené na vzájemném vztahu hodnot sousedních pixelů. Obraz je rozdělen na segmenty, v nichž se počítají texturální charakteristiky GLCM kontrast a entropie, které určují míru změn hodnot sousedních pixelů. Relativně tak lze určit oblasti změn hodnot pixelů znamenající míru informační náplně. Práce však neposkytuje absolutní hodnoty přenositelné na jiný obraz ani absolutní hraniční hodnoty určující, kdy je spektrální informační náplň vysoká nebo nízká.

### 2) Automatické stanovení barev znakové složky ve vztahu k obrazové složce

Navrženy byly tři výchozí metody automatického řešení barev, tyto však byly využity pouze částečně. Problémem v technické rovině je nehomogenost obrazové složky a tím způsob stanovení jediného odstínu podkladové oblasti (střední hodnota, průměr, medián, atd.), pro který by se počítala barva znakové složky nebo popisu. Pokud by byla barva znakové složky a popisu závislá pouze na podkladě, docházelo by k tomu, že by byly použity různé barvy pro stejné prvky nebo popis, což zcela jistě odporuje kartografickým pravidlům a zažitým konvencím (např. modré vodstvo by ve výsledku bylo zobrazeno žlutě). Pokud je tedy nutné použít v kartografii zažité, ovšem na ortofotomapě nečitelné barvy, musí si autor ortofotomapy pomoci jinými efekty (halo, maska). Automaticky vypočtená barva nemusí vždy vyhovovat. Tyto algoritmy je nutné dále testovat na výzkumné i aplikační úrovni a na základě dalšího ověření je zdokonalit, popř. modifikovat.

### 3) Automatizace tvorby popisu ortofotomap, jeho barevnost a umístění

Problém s různorodostí podkladu a špatnou čitelností popisu by se dal řešit změnou barvy v rámci jednoho typu popisu v závislosti na podkladu. Nejprve by se zjistila střední hodnota pixelů vyskytujících se pod popisem, následně by se vybrala barva pro popis. Metoda je to poměrně neobvyklá a zatím nevyzkoušená, lze tedy jen velmi těžko odhadnout, zda by výrazně přispěla ke zlepšení čitelnosti. Použití různých barev pro jeden typ popisu však odporuje všeobecným kartografickým pravidlům a mohlo by být velmi matoucí. Toto řešení by se dalo využít pro případ, kdy se na ortofotomapě vyskytuje pouze jeden druh popisu (např. popis sídel).

Zejména u popisu se špatná čitelnost dá zlepšit správným umístěním, jehož automatizace byla naznačena v kapitole 7. Ortofotosnímek je klasifikován dle vhodnosti k umístění popisu nebo znaků, k čemuž se používají texturální charakteristika obrazu GLCM kontrast a světlost. Na základě vizuální kontroly byly stanoveny hodnoty těchto parametrů.

Otázkou je, zda jsou tyto hodnoty zvoleny správně. Pro každou homogenní oblast lze pak vygenerovat vhodné kandidáty na barevné provedení, tento krok vyzkoušen nebyl, ale mohl by to být jeden z dalších směrů vědeckého výzkumu. Otázkou je rovněž, zda použití texturálních charakteristik je jediným způsobem, jak řešit automatizaci umísťování popisu.

#### 4) Detailní rozpracování uživatelských aspektů ortofotomap

Bylo by vhodné porovnat způsob čtení a využití ortofotomapy a tradiční mapy, např. formou uživatelského průzkumu.

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“) ve smyslu uvedeném v Lillesand a Kiefer (2004) na str. 23. Například při řešení případové studie TEMA6 může být použití pojmu ortofotomapa právem zpochybněno. Obrazová složka je sice tvořena obrazovými daty dálkového průzkumu Země v ortogonální projekci, které však nejsou fotografií. 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.

## 13 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 ortofotosnímky, 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 kapitole 1 této disertační práce. 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 zdlouhavá. 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 (umísťování popisu, barevnost). Autor se zaměřil převážně na ortofotosnímky.

Ortofotomapy jsou v současné době velice oblíbeným kartografickým dílem, hojně využívaným 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.

## POUŽITÁ LITERATURA

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>>

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 symposia 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](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.

ENCYKLOPEDIIE 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>](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>](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>](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>](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%20M)

INTERGRAPH (2011): Informace o digitální kameře DMC. [online] [cit. 2011-2-5] Dostupný z [www: <http://www.intergraph.com>](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/10-MericiFunkceDotazyTopologickaPrekrytiMapovaAlgebra.pdf>](http://gis.zcu.cz/studium/ugi/Prezentace/10-MericiFunkceDotazyTopologickaPrekrytiMapovaAlgebra.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. ISBN 978-0-47-145152-5

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>](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>](http://www.spaceimaging.com/products/ikonos/Whitepapers_pdfs/IKONOS_Product_Guide.pdf)

Terminologická komise ČÚZK (2011): Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí. [online] [cit. 2011-8-19] Dostupný z [www: <http://www.vugtk.cz/slovník/>](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>](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.coastalatlantlas.net/index.php?option=com\\_glossary&func=view&Itemid=37&catid=12&term=ORTHOPHOTOMAP](http://www.coastalatlantlas.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>>



## **PŘÍLOHY**

Příloha 1 Prototyp topografické ortofotomapy (TOPO1): „**Kombinace topografické mapy 1 : 25 000 a černobílého ortofotosnímku**“ (volná)

Příloha 2 Prototyp topografické ortofotomapy (TOPO2): „**Ortofotomapa města s popisem uliční sítě v měřítku 1 : 5 000**“ (volná)

Příloha 3 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA1): „**Útok mechanizovaného praporu v měřítku 1 : 25 000**“ (volná)

Příloha 4 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA2): „**Plánování přesunu v měřítku 1 : 15 000**“ (volná)

Příloha 5 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA3): „**Termální radiace území v měřítku 1 : 25 000**“ (volná)

Příloha 6 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA4): „**Územní plán města Náměšť nad Oslavou v měřítku 1 : 5 000**“ (volná)

Příloha 7 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA5): „**Zdravotní stav lesa v měřítku 1 : 2 500**“ (volná)

Příloha 8 Prototyp tematické ortofotomapy (TEMA6): „**Odhad intenzity srážek v měřítku 1 : 1 000 000**“ (volná)