

**Katedra geomatiky Fakulty stavební ČVUT v Praze
Kartografická společnost České republiky
Společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum České republiky
Kartografie PRAHA, a.s.
Geodézie On Line, s.r.o.**

DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE V GEOINFORMATICE, KARTOGRAFII A DÁLKOVÉM PRŮZKUMU ZEMĚ

Sborník referátů



Editoři

- Ing. Růžena Zimová, Ph.D.
- Ing. Petr Soukup, Ph.D.

**Praha 2014-10-30
ISBN 978-80-01-05598-4**

VÝBOR KONFERENCE

- **Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.** – emeritní profesor FSv ČVUT v Praze
- **Doc. Ing. Miroslav Mikšovský, CSc.** – Kartografická společnost České republiky, Praha
- **Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.** – Katedra geomatiky FSv ČVUT v Praze
- **Ing. Růžena Zimová, Ph.D.** – Katedra geomatiky FSv ČVUT v Praze
- **Ing. Václav Slaboch, CSc.** – emeritní ředitel VÚGTK, v.v.i.
- **Ing. Petr Soukup, Ph.D.** – Katedra geomatiky FSv ČVUT v Praze
- **RNDr. Tomáš Grim, Ph.D.** – Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Praha
- **Ing. Milada Svobodová** – ředitelka, Kartografie PRAHA, a.s.
- **Ing. Josef Rančák** – ředitel, Geodézie On Line, s.r.o.
- **Ing. Petr Skála** – nezávislý novinář, Praha

ORGANIZAČNÍ VÝBOR

- **Ing. Růžena Zimová, Ph.D.** – odborný garant konference
- **Ing. Petr Soukup, Ph.D.**
- **Ing. Tomáš Janata**
- **Ing. Eva Matoušková**
- **Ing. Kateřina Jusková**

Obsah

Kartografické znaky státních mapových děl v České republice a sousedních státech Pavla Andělová	5
Vytvoření nástrojové nadstavby v prostředí GIS pro návrh protiterozní ochrany a její verifikace s využitím inovativních metod sběru dat Jiří Brychta, Vít Rejha	11
Testování přesnosti nového digitálního modelu reliéfu Lucie Čeplová	21
Letecké laserové skenování – dokumentace stop člověka v krajině Martina Faltýnová, Petr Nový.....	30
Využití aplikace Google Earth a digitálního modelu terénu pro určení astronomické orientace historických objektů Karolína Hanzalová, Jaroslav Klokočník.....	38
Vliv kuželových kartografických zobrazení na georeferencování Jakub Havlíček.....	46
Využití obrazové korelace leteckých měřických snímků pro potřeby aktualizace budov v ZABAGED® Vojtěch Hron.....	53
Vývoj přesnosti a úplnosti zákresu cestní sítě napříč topografickými mapami od 19. století do současnosti Tomáš Janata.....	62
Využití dat leteckého laserového skenování k detekci agrárních forem reliéfu v Krkonoších Lucie Jebavá, Lucie Kupková, Jakub Lysák	69
Severní Amerika ve starých mapách Petra Jílková.....	79
Rozdílné přístupy k pozemkovým úpravám Kateřina Jusková, Zlatica Muchová.....	90
Road Traffic Development in Prague and Its Interaction With the Environment Vitalii Kostin.....	96
Data dálkového průzkumu Země v katastru nemovitostí ČR Jiří Kratochvíl	103
Použití dat družice FORMOSAT-2 pro dokumentaci archeologických lokalit v severovýchodní Mezopotámii Eva Matoušková, Karel Pavelka, Karel Nováček, Lenka Starková	109
Pozadí přípravy a publikace dat INSPIRE na ČÚZK Michal Med	118
Změny krajiny povodí Olšového potoka od 18. století do současnosti a návrh jeho revitalizace aneb praktické využití GIS pro návrhy revitalizací toků Dagmar Najmanová	125

Vymezování funkčních regionů v GIS

Jan Šimbera 133

Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému

Pavel Tobáš 143

Problematika znázornění vybraných částí dopravních sítí v objektových bázích České a Slovenské republiky

Eva Vacková 150

Kartografické znaky státních mapových děl v České republice a sousedních státech

Pavla Andělová

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, Ústav geodézie
Veveří 331/95, 602 00 Brno
e-mail: andelova.p@fce.vutbr.cz

Abstrakt. Celý proces produkce a distribuce všech státních mapových děl vydávaných v České republice podléhá určité legislativě, tedy i kartografické znaky jsou pro tato díla závazná. Stejně pravidlo platí nejen u nás v České republice, ale také v sousedních státech, tedy ve Spolkové republice Německo, Republice Rakousko, Polské republice i Slovenské republice. I přes neustálé snahy Evropské unie o sjednocování formátů geodetických dat, platí stále v každém státě odlišná legislativa a tedy i různé kartografické sady pro státní mapová díla. Porovnáním těchto znaků můžeme zjistit rozdílnost ve znázornění stejných objektů a jevů z reálného světa na mapě. Kromě toho lze také pozorovat rozdíly v důležitosti jednotlivých objektů a jevů pro dané státy, a to nejen podle zvolené velikosti znaků, ale především na základě toho, zda je objekt na mapě vůbec zobrazen. Vzhled jednotlivých kartografických znaků neovlivňuje pouze historický vývoj znakových sad pro státní mapová díla v jednotlivých státech, ale také vliv sousedních států vzhledem k jejich společné historii. V současné době jsou znaky ovlivňovány také rychlým vývojem digitálních technologií.

Klíčová slova: státní mapová díla, znaky, porovnání, zobrazení

Úvod

Snahy o sjednocování prezentace všech dat a informací v rámci Evropské unie mohou pomoci nejen uživatelům ke snadnější orientaci v mapách všech států EU, ale také např. kartografům, kteří chtějí získat práci v zemích Evropské unie. Své výhody ale poskytují i různorodé sady kartografických znaků.

V současné době vydává každý stát svá vlastní státní mapová díla, jejichž produkce a distribuce se řídí vnitřními právními předpisy daného státu, tedy i znakové sady jsou pro každý stát a jeho státní mapové díla individuální. Díky této skutečnosti můžeme jednotlivé znakové sady porovnat a zjistit míru jednotnosti znaků, která může souviset se společnou historií zemí a s jejich vzájemným ovlivňováním. Zároveň díky odlišnostem lze odhalit důležitost zobrazení jednotlivých objektů a jevů z reálného světa na mapách v různých státech. Míru důležitosti jednotlivých objektů a jevů můžeme zjistit nejen z toho, zda je pro daný prvek z reality určen odpovídající znak či nikoli, ale také podle různě zvolených velikostí znaků nebo podle podrobnosti klasifikace prvků.

Protože jsou právními předpisy stanovené jako závazné sady kartografických znaků pouze pro státní mapová díla, je porovnání právě těchto znaků nejvýstižnější pro určení vztahů mezi znaky používanými v České republice a v okolních státech, tedy konkrétně ve Spolkové republice Německo (Německo), Republice Rakousko (Rakousko), v Polské republice (Polsko) a Slovenské republice (SR).

1 Státní mapová díla

Produkce státních mapových děl se řídí platnými právními předpisy vydávanými jednotlivými státy. Důležitou charakteristikou státních mapových děl je jejich jednotnost a souvislé pokrytí celého území státu. Tato jednotnost je zajištěna z hlediska konstrukce mapy, použitého zobrazení a souřadnicového a výškového systému v rámci tvorby jednoho druhu mapy, např. Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000 [3].

V České republice zajišťuje zpracování státních mapových děl Zeměměřický úřad, jejich vydavatelem a vlastníkem autorských práv je Český úřad zeměměřický a katastrální. Tvorba a správa map se přidrží především zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví, a nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu

a zásadách jejich používání, ve znění nařízení vlády č. 81/2011 Sb. Důležitý je také platný seznam smluvených mapových znaků, který vydává Český úřad zeměměřický a katastrální. Mezi státní mapová díla patří např. katastrální mapa, Státní mapa v měřítku 1:5 000, Základní mapa České republiky v měřítkách 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000 a další [3].

V Republice Rakousko zajišťuje vydávání státních mapových děl, tzv. Österreichische Karte (Rakouská mapa), Spolkový úřad pro metrologii a zeměměřictví. Mapy jsou vydávány v měřítkách 1:25 000, 1:50 000, 1:200 000, 1:250 000 a 1:500 000 [5].

Státní mapová díla Spolkové republiky Německo jsou vydávána v měřítkách 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 a 1:1 000 000. Jejich produkce a distribuce je zajištěna v rámci Autoritativního topograficko-kartografického informačního systému (ATKIS), ve kterém spolupracují Katastrální a mapovací orgán spolkových zemí Spolkové republiky Německo a Pracovní výbor zeměměřických orgánů spolkových zemí Spolkové republiky Německo (AdV) [4].

V Polské republice je správou státních mapových děl pověřena Hlavní kancelář geodézie a kartografie a její podřízený orgán Oddělení geodézie, kartografie a geografických informačních systémů. Mapy jsou vydávány v měřítku 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 a 1:1 000 000 [8].

Slovenská republika poskytuje Základní mapy SR v měřítkách 1:10 000, 1:25 000 a 1:50 000 pod záštitou Geodetického a kartografického ústavu Bratislava a Úřadu geodézie, kartografie a katastru Slovenské republiky [9].

2 Kartografické znaky státních mapových děl

Státní mapová díla všech států se řadí mezi topografické mapy a jsou vydávány v podobných měřítkových řadách, jejich obsah je tedy velmi podobný. Vzhledem k této skutečnosti lze předpokládat i podobné složení kartografických znakových sad většiny států. Vzájemné vztahy a společná minulost České republiky a sousedních států, především společná historie České a Slovenské republiky, vedou k předpokladu využívání podobných nebo dokonce shodných kartografických znaků. Tento předpoklad podporuje také geografická blízkost zemí a jejich podobné sociální a společenské uspořádání.

Pro účely svého porovnání jsem si zvolila znakové sady pro státní mapová díla České republiky a jejích sousedních států, konkrétně tedy Slovenské republiky, Spolkové republiky Německo, Republiky Rakousko a Polské republiky. Vzhledem k rozpracovanosti práce se v tomto článku zaměřím na mapy v měřítku 1:25 000 a 1:50 000 a konkrétně na bodové znaky situačních předmětů, ve znakových sadách pro Českou republiku jsou tyto znaky zařazeny do kategorie s názvem Sídla a objekty.

2.1 Faktory ovlivňující porovnání znaků

Porovnávání znaků může značně zkomplikovat několik důležitých faktorů. Patří mezi ně již samotný význam, respektive pojmenování, znaku, který může být mírně odlišný v různých sadách. Důležitou roli v tomto případě hraje samozřejmě také překlad významu, kdy jedno slovo v cizím jazyce může mít více ekvivalentních významů v českém jazyce a naopak. Odlišnosti mezi pojmenováním znaků v jednotlivých sadách je těžko rozeznatelná především pokud se jedná o objekty odborně zaměřené, např. elektrické či těžební prvky.

Další problém představuje různý způsob a podrobnost dělení prvků, např. v sadě znaků pro Českou republiku a Německo je uveden znak pro kostel, zatímco mapy na Slovensku rozlišují znaky pro kostel s věží a bez věže, v Polsku odlišují katolický a jiný kostel a v rakouských mapách se zobrazují dokonce tři druhy kostelů – s jednou věží, s více věžemi a nekřesťanské kostely.

Poměrně velkou komplikací při porovnávání znaků představuje absence rozměrů jednotlivých znaků v některých znakových sadách. Pomocí různých velikostí by bylo možné provést podrobnější porovnání a z něj vyvodit další závěry, např. rozlišit důležitost jednotlivých prvků v různých státech.

2.2 Porovnání znaků

Znakové sady pro státní mapová díla jednotlivých vybraných států pocházejí z různých let. V České republice platí současný seznam kartografických znaků pro Základní mapu ČR v měřítku 1:25 000 [6] a 1:50 000 od roku 2007 [7], v Rakousku pro Rakouskou mapu v obou měřítkách od roku 2008 [5], v Polsku byl pro topografické mapy vydán seznam znaků v roce 2011 [8], v Německu v roce 2005 pro Digitální topografické mapy v měřítku 1:25 000 a v roce 2006 pro měřítko 1:50 000 [4], na Slovensku jsou platné znakové sady z roku 1989 pro Základní mapu SR v měřítku 1:25 000 [1] a pro měřítko 1:50 000 z roku 1984 [2]. Znakové sady pro Slovenskou republiku byly až do roku 1993 u měřítka 1:25 000 a do roku 1986 u 1:50 000 zároveň platné také pro Českou republiku.

Již první zběžné porovnání odpovídajících si částí znakových sad zaměřených na sídla a objekty ukazuje na rozdílnost jednotlivých sad. Množství znaků v této části se velmi výrazně liší především u měřítka 1:50 000, kdy sady Slovenské republiky obsahují pouze 3 znaky, zatímco rakouské sady 37 znaků. Pro měřítko 1:25 000 jsou počty znaků vyrovnanější, ale i přesto je rozdíl mezi ČR s 27 znaky a Německem se 48 znaky poměrně velký. Podrobnější porovnání si můžete prohlédnout v níže uvedené tabulce 1.

Tab. 1: Porovnání počtu znaků

	počet znaků	
	1:25 000	1:50 000
ČR	27	19
SR	28	3
Německo	48	35
Rakousko	37	37
Polsko	33	36

Množství znaků, které lze porovnat, tedy znaků se stejným významem, se liší v závislosti na zvolené kombinaci států, které chceme porovnávat. U sad všech států se objevují znaky se stejným významem, pro měřítko 1:25 000 lze takto porovnat 8 znaků, pro měřítko 1:50 000 pouze 1 znak. Konkrétně se jedná o znaky pro budovu (v obou měřítkách), kostel, kapli, důlní provoz, větrný motor, lyžařský či skokanský můstek, mohyly a hřbitovy. Znaky pro budovu se v obou měřítkách liší různým dělením v jednotlivých státech. Zatímco pro měřítko 1:50 000 se vyskytuje na mapách ČR a SR pouze jeden znak pro budovu, v Německu to jsou dva znaky (budova a výšková budova), v Rakousku tři znaky a v Polsku čtyři (obytné, veřejné, průmyslové a hospodářské budovy). V Polsku se znaky liší pouze barevně, v Německu a Rakousku i tvarově. Pro měřítko 1:25 000 jsou v ČR dva znaky pro budovu a správní budovu, v Německu rozlišují pět druhů budov (výškové, veřejné, malé tovární a skladovací, velké skladovací a tovární a skladovací budovy mimo osídlení), v Polsku pak čtyři (průmyslová, veřejná budova, činžovní dům, obytná budova), v SR a Rakousku jsou znaky shodné s měřítkem 1:50 000.

U měřítka 1:25 000 se u všech porovnávaných států shoduje znak pro kostel, na slovenských a rakouských mapách je tento znak nazvaný jako kostel s jednou věží, v Polsku se jedná o katolický či ortodoxní kostel. Ve všech státech se zcela shodně zobrazuje znak pro důlní provoz. Znak pro kapli je zcela shodný v ČR a Rakousku, v Polsku a SR se liší jen barvou výplně, pouze v Německu je znak zcela odlišný. V ČR, SR a Polsku mají stejné znaky pro větrné motory a mlýny, znak pro větrný mlýn se shoduje i s Německem, zatímco v Německu a Rakousku se liší znak pro větrný motor. Lyžařský můstek se zcela shoduje na mapách ČR a SR, na mapách Německa a Rakouska jsou znaky velmi podobné, odlišný je znak na polských mapách. U znaku pro mohyly jsou znaky shodné v ČR a SR, ostatní jsou jiné. Hřbitovy se zobrazují stejně v ČR a SR a v Polsku, kde jsou označeny jako křesťanské hřbitovy, dále jsou zde rozlišovány ostatní, obecní, válečné a zvířecí hřbitovy. Porovnání znaků, které můžeme nalézt ve znakových sadách všech porovnávaných států, je podrobněji uvedeno na obr. 1.

	ČR	SR	Německo	Rakousko	Polsko
kaple					
větrný motor					
lyžařský můstek					
mohyla					
hřbitov					

Obr. 1: Porovnání znaků nacházejících se v sadách všech států [1, 4, 5, 6, 8]

Další znaky se více či méně liší nebo jsou shodné jen mezi některými státy. Například na rakouských a polských mapách je stejný znak pro nekřesťanské kostely, na jiných mapách se tento znak nevyskytuje. Znak pro tovární komín je stejný pro české a slovenské mapy, na německých a polských se liší. Zajímavé je také zjištění, že třeba znak pro kůlnu se objevuje pouze v sadách pro ČR, SR a Polsko, znak pro rozhlednu v sadách pro ČR, Německo a Rakousko, znak pro kemp na německých a rakouských mapách apod.

Rozdíly v podrobnosti rozlišování více druhů jednoho prvku se objevuje především v již zmiňovaných budovách, kostelech a hřbitovech, ale také v dalších náboženských objektech a objektech spojených s těžbou. Zatímco v mapách pro ČR, SR a Polsko se objevují dva znaky pro další náboženské objekty, první pro mohylu, pomník či památník a druhý pro kříž u cesty a boží muka, v Rakousku se vyskytuje jen jeden znak pro mohylu a památník, ale v Německu jsou náboženské objekty rozděleny do pěti znaků – mohyly, památníky a sochy, kříže u cesty a svatyně, kamenné hroby, obětní kameny. Objekty spojené s těžbou jsou v českých mapách zastoupeny pouze znakem pro těžní věž, v polských mapách znakem pro ropný nebo plynový vrt, v rakouských znaky pro lom a šachtu, zatímco v SR a Německu je na mapách rozlišováno hned několik objektů. Na slovenských státních mapových dílech se objevují znaky pro zasypané ústí šachty, štoly nebo jámy, povrchovou těžbu (lomy, povrchové doly), odvaly a haldy a pro rašeliniště. Na německých mapách jsou pak rozlišovány znaky pro těžní věž, čerpadlo či dopravník ropy, čerpadlo či dopravník plynu, povrchové doly, jámy a lomy, štoly a pro šachty.

U znaků pro měřítko 1:50 000 se nejvíce shoduje znak pro kostel, který chybí pouze na mapách SR. Další znaky se pak shodují pouze maximálně pro dva státy, jako např. hřbitov na českých a polských mapách, větrný mlýn na německých a polských mapách, zámek a zřícenina na českých a rakouských mapách apod. Ostatní znaky se buď zcela liší (př. vysílač, maják), nebo se vyskytují jen v sadě znaků pro jeden stát (př. elektrárna, přístav, střelnice, horská chata). Ukázka rozdílnosti některých znaků je znázorněna na obr. 2.

U měřítka 1:50 000 je rozdílnost v rozlišování druhů některých objektů téměř shodná s měřítkem 1:25 000, opět se rozdíly týkají znaků pro budovy, kostely, hřbitovy a další náboženské objekty, tentokrát se však netýkají objektů pro těžbu.

	ČR	SR	Německo	Rakousko	Polsko
rozhledna					
zámek					
mohyla, pomník					
vysílač					

Obr. 2: Ukázka rozdílných znaků v měřítku 1:50 000 [1, 4, 5, 6, 8]

Závěr

Znakové sady státních mapových děl pro Českou republiku, Slovenskou republiku, Polskou republiku, Republiku Rakousko i Spolkovou republiku Německo pocházejí z různých let, porovnávání jednotlivých znaků komplikuje především to, že všechny sady mají malé množství znaků se shodným významem. Tato skutečnost je znatelná především u map v měřítku 1:50 000, kde lze porovnat pouze znaky pro budovu, které se navíc v jednotlivých státech liší svým rozdělením na různé typy budov. V měřítku 1:25 000 mají všechny státy shodné pouze znaky pro kostel a důlní provoz.

Pokud se vyskytují znaky se stejným významem v sadách více států, jsou spíše odlišné nebo se shodují jen mezi některými státy. Zároveň v každé sadě existuje několik znaků, které nemají svůj odpovídající protějšek v žádné jiné sadě. Toto platí pro obě pozorovaná měřítka.

Na závěr tak lze pouze konstatovat, že znaky sídel a objektů pro mapy v měřítku 1:25 000 a 1:50 000 užívané pro státní mapová díla České republiky a jejích sousedních států jsou velmi odlišné a shody dosahují jen částečně, tedy pouze u některých znaků a mezi některými státy. Díky tomuto porovnání došlo také k odhalení poměrně různých obsahů map v jednotlivých státech. Z tohoto důvodu by bylo vhodné pokusit se alespoň o částečné sjednocení map, buď z hlediska obsahu, nebo použitých znaků.

Literatura

- [1] *Inštrukcia na tvorbu, obnovu a vydávanie Základnej mapy ČSSR 1:25 000*, Příloha č. 1: Zoznam mapových značiek. Bratislava: Slovenský úrad geodézie a kartografie, 1989.
- [2] *Inštrukcia na tvorbu, obnovu a vydávanie Základnej mapy ČSSR 1:50 000*, Příloha č. 1: Zoznam mapových značiek. Bratislava: Slovenský úrad geodézie a kartografie, 1984.
- [3] Nařízení vlády č. 430/2006 o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, ve znění nařízení vlády č. 81/2011 Sb. Praha: Vláda České republiky, 2006.
- [4] Adv. *Aktuelle Dokumente der GeoInfoDok* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: <<http://www.adv-online.de/icc/c/AAA-Modell/Dokumente-der-GeoInfoDok/>>.
- [5] BEV. *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: <http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1569828&_dad=portal&_schema=PORTAL>.
- [6] ČÚZK. *Geoportál ČÚZK. Základní mapa ČR 1:25 000* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: <[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cbucs0554zl0mx45omvd4snp\)\)/Dokumenty/znacky25.pdf](http://geoportal.cuzk.cz/(S(cbucs0554zl0mx45omvd4snp))/Dokumenty/znacky25.pdf)>.

- [7] ČÚZK. Geoportál ČÚZK. *Základní mapa ČR 1:50 000* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: <[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cbucs0554zl0mx45omvd4snp\)\)/Dokumenty/znacky50.pdf](http://geoportal.cuzk.cz/(S(cbucs0554zl0mx45omvd4snp))/Dokumenty/znacky50.pdf)>.
- [8] Dziennik ustaw Rzeczypospolitej Polskiej. *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17. listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné na: <<http://dziennikustaw.gov.pl/DU/2011/s/279/1642>>.
- [9] Úřad geodézie, kartografie a katastra SR. *Geoportál* [online]. [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: <<http://www.geoportal.sk/sk/geoportal.html>>.

Abstract. The whole process of production and distribution of national maps published in the Czech Republic is subject to certain legislation, thus also cartographic symbols are binding for these maps. The same rule applies not only in the Czech Republic but also in neighboring states, in the Federal Republic of Germany, the Republic of Austria, the Poland Republic and the Slovak Republic. Despite continuous efforts by the European Union on the integration of geodetic data formats, is still valid in every state different legislation and therefore different symbols sets of national map series. By comparing these symbols we can find diversity in representation of the same object and phenomena of the real world on map. In addition, we can also observe differences in the importance of individual objects and events for the States, not only by the size of the selected characters, but mainly based on the display or not display the object on the map. The appearance of each cartographic symbols not only affect the historical development of symbols sets for national map series in individual states, but also the influence of neighboring countries due to their common history. Currently symbols are also affected by the development of digital technologies.

Key words: national map series, symbols, comparison, display

Vytvoření nástrojové nadstavby v prostředí GIS pro návrh protierozní ochrany a její verifikace s využitím inovativních metod sběru dat

Jiří Brychta¹, Vít Rejha²

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí, katedra biotechnických úprav krajiny
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6
e-mail: ¹brychta.jiri@fzp.czu.cz, ²rejha@fzp.czu.cz

Abstrakt. Práce se zabývá vyhodnocováním rizik degradace půdy a jejich prevencí s využitím nástrojů geoinformačních systémů. V tomto příspěvku je popisován vývoj erozního modelu EROSION 5G, který byl vytvořen jako nadstavba softwaru ArcGIS. Tento model představuje komplexní hodnocení vodní eroze včetně návrhu protierozní ochrany. Technické zázemí modelů tvoří nástroje GIS a programovací jazyk Python a využívá operace s rastrovými i vektorovými daty. Tento model přináší nový postup v technickém řešení GIS modelů, který umožňuje kromě výpočtů erozního ohrožení a ztráty půdy také navrhování ochranných opatření pomocí atributových dotazů v jedné vektorové vrstvě dle všech parametrů. Model je navržen pro ochranu celého povodí i jednotlivého pozemku. Důležitou částí práce je také verifikace, validace a kalibrace modelu v různých podmínkách pomocí terénních měření, laboratorních rozborů půdy, infiltrometrů, simulátorů deště, odtokové parcelky a inovativní metody s využitím kyberdronu a GNNS. Modelovým územím je Školní zemědělský podnik ČZU Lány, obce Bžany, Žalany a Kostomlaty pod Milešovkou a povodí řeky Loboc na ostrově Bohol (Filipíny), kde tyto přírodní procesy eroze a sesuvů představují vážný ekologický i ekonomický problém. Jedním z přínosů práce je kromě výzkumu a tvorby GIS modelů také analýza dostupnosti a použitelnosti vstupních dat pro erozní modelování v prostředí GIS se zaměřením na výšková data a aplikaci v prostředí rozvojových zemí tropických oblastí.

Klíčová slova: GIS, Model Builder, Python, USLE, USPED, protierozní ochrana, simulátor deště, kyberdron, GNNS, fotogrammetrie, DTM, DPZ

Úvod

Vodní eroze je celosvětovým problémem, zejména v zemích se vzrůstající populací se stává jedním z největších ekologických a ekonomických problémů. Nedostatek orné půdy způsobuje nedostatek potravin a tím i ekonomické problémy země. Eroze zemědělsky využívaných půd má za následek každoroční úbytek tisíců km² zemědělské půdy. Z těchto důvodů jsou již celá desetiletí vyvíjeny různé metody hodnocení potenciálních rizik vodní eroze. Problém eroze a s ním spojená degradace půdy je mnohem závažnější v tropických oblastech než v oblastech mírného pásu. Je to dáno především převládajícími klimatickými podmínkami a větší náchylností tropických půd k degradaci. Nejvíce jsou tedy postiženy regiony v Asii a Africe, jejichž ekonomický růst je závislý zejména právě na zemědělství. Národní akční plán (NAP) na Filipínách pro rok 2004-2010 identifikoval degradaci půdy jako hlavní hrozbu pro zabezpečení potravin. V důsledku degradace 5,2 milionů hektarů půdy došlo ke snížení její produktivity a schopnosti zadržovat vodu o 30 až 50 %. NAP označilo kontrolu degradace půdy jako hlavní prioritu výzkumu na Filipínách. Stávající poznatky umožňují pracovníkům v tropech pouze přibližné odhady erozních dopadů, a proto musí volit různé alternativní způsoby stanovení a výpočtů jednotlivých faktorů. Existují kvalitativní podklady pro vliv těchto faktorů a jejich roli v procesu eroze. Kvantitativní údaje o všech těchto faktorech jsou však většinou nedostatečné a stanovení potenciálního rizika eroze se provádějí dle metod a parametrů odvozených v odlišných podmínkách zejména mírného pásu. Nedostatek těchto dat také neumožňuje kalibraci, validaci a ověření aplikovatelnosti modelů vyvinutých v jiných podmínkách. V důsledku toho jsou některé z modelů použity i bez potřebného testování. (Asio, 2009; EI-Swaify, 1982; NAP, 2004; Scherr, 1999).

Cílem predikce erozních procesů může být buď pouze vymezení rizikových oblastí, nebo výpočet průměrné roční ztráty půdy a hydrologických charakteristik povrchového odtoku pro návrh

protierozních opatření (celkový objem odtoku, kulminační průtok, množství sedimentů), případně i podrobnější popis erozního procesu založený na určité srážkové události. V zásadě se rozlišují metody empirické a fyzikální. Nejdříve byly uplatňovány empirické modely erozního procesu založené na analýze dlouhodobého experimentálního sledování vlivu jednotlivých erozních faktorů a aplikaci statistických metod pro odvození výpočetních vztahů. Rozvoj výpočetní techniky umožnil rozšíření fyzikálních simulačních modelů, které odstraňují většinu nevýhod empirických modelů za cenu obtížné dostupnosti potřebných vstupních dat, nutnosti kvalitní výpočetní techniky a obvykle i nutné kalibrace modelu. Po období s jednoznačně dominující erozní školou USA, ze které vzešla empirická metoda USLE a její úpravy MUSLE a RUSLE, a také další empirická metoda čísel odtokových křivek CN, nastal příklon k fyzikálním simulačním modelům. Díky nevýhodám jako např. náročnost, pomalejší výpočet, větší množství a obtížnější dostupnost vstupních dat, nutnost výkonné výpočetní techniky a kalibrace modelu, však v současnosti nastává opět příklon zpět k jednodušším empirickým modelům. V nejbližší budoucnosti bude pravděpodobně, i v samotných USA, nadále široce využívána USLE nebo její aktualizovaná verze RUSLE (pro území USA) a její modifikace. Fyzikální simulační modely se používají zejména pro lokální analýzy, pro konkrétní nebo návrhovou srážku, zjišťování znečištění, transport pesticidů, N a F a další podrobnějších charakteristik kromě ztráty půdy a erozního ohrožení. Také v České Republice je jednoznačně nejrozšířenějším nástrojem pro posuzování erozních procesů USLE, pro niž byla většina vstupních faktorů parametrizována pro lokální podmínky a také Metoda čísel odtokových křivek CN, metody odvozené od USLE jako např. MUSLE nebo Metoda dle maximálního přípustného faktoru ochranného vlivu vegetace. Dále byl pro podmínky ČR odvozen simulační srážko-odtokový model odtoku a eroze pro jednotlivý svah SMODERP. V praxi je také používána metoda odhadu množství sedimentu, transportovaného z povodí do vodních nádrží nebo uzávěrovým profilem, založená na dlouhodobých odhadech pomocí USLE, redukčního součinitele SDR a poměru zachycení v nádržích. Pro využití v ČR byla testována celá řada zahraničních modelů (převážně USA): CREAMS, ANSWER, AGNPS, WEPP, EUROSEM, EROSION 2D/3D, EPIC, SWAT. Co se týče modelů zaměřených na stanovení hydrologických charakteristik, jsou založené zejména na zmiňované Metodě CN křivek nebo Metodě jednotkového hydrogramu. Mezi nejznámější srážko-odtokové modely patří HydroCAD, HEC-HMS, AquaLOG. (Brychta, 2013; Holý, 1994; Janeček et al, 2012; Janeček et al, 2007; Vrána et al, 1998)

1 Cíle projektu

V rámci výzkumného záměru katedry biotechnických úprav krajiny, České zemědělské univerzity, je vyvíjen model pro vyhodnocování rizika vodní eroze a pro návrh protierozních opatření. Vytvořený model v tomto projektu přináší nový postup v technickém řešení GIS modelů, který umožňuje navrhování ochranných opatření pomocí atributových dotazů v jedné GIS vrstvě dle všech parametrů od ztráty půdy, hloubky půdy, sklonu svahu, typu plodiny atd.

2 Vstupní data

2.1 Výšková data

Hodnocení eroze probíhá od detailního terénního průzkumu lokality po využití metod dálkového průzkumu Země. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při aplikaci obou těchto přístupů. Rozvoj GIS technologií umožnil využití dostupných geodatabází (o půdách, klimatu, reliéfu, apod.) pro tvorbu empirických modelů. V mnoha pracích bylo využito dat z dálkového průzkumu Země spolu s metodami GIS. Zahraniční autoři využívali pro své modely data jak z terénního průzkumu, tak i z jiných datových zdrojů, většinou z národních či mezinárodních databází. Propojení s technologií GIS významným způsobem zrychlilo a zjednodušilo používání metod hodnocení erozních procesů. Vytvářením map erozní ohroženosti s využitím GIS, založené zejména na DTM, bylo dosaženo výrazného zpřesnění. Nejdůležitějšími podkladovými daty pro všechny erozní analýzy jsou výšková data. Jejich přesnost a způsob zpracování je klíčový pro stanovení topografického faktoru. Jedná se zejména o výběr vhodné interpolační metody a zpracování přesného digitálního modelu terénu. DTM pro erozní a hydrologické modelování musí být zároveň hladký bez artefaktů vznikajících u vrstevnic nebo vrcholů a dolůků vznikajících v místech, kde jsou definované výškové body. V případě softwaru ArcGIS se jeví jako nejlepší nástroj vhodně nastavený *Spline* v případě bodových dat. Velmi kvalitní

nástroj pro interpolaci metodou *Spline* nabízí GIS GRASS, který v porovnání s ArcGIS umožňuje řízení interpolace dvěma hlavními parametry *smooth* a *tension*, které zajišťují vyhlazení povrchu a zároveň zda výsledný povrch prochází přesně vstupními body. Lze konstatovat, že v rozvinutých zemích jsou k dispozici přesná výšková data. Relevantní zdroje výškových dat dostupných pro ČR jsou uvedeny v tab. 1. V současnosti nejpresnější dostupná data pro území ČR jsou data z leteckého laserového skenování a digitální elevační model 5. generace dostupné z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Tento úřad nabízí také další použitelná výšková data prostřednictvím DEM 4G nebo vrstevnic. Další možností získání přesných výškových dat je použití geodetických GNNS, které dosahují přesnosti 1 - 3 cm. Lze použít metody diferenciální GPS (DGPS), Real Time Kinematic (RTK) nebo postprocessing. Tyto přístroje jsou ale relativně drahé a měření časově náročné. Problém s dostupností kvalitních vstupních dat však nastává zejména v rozvojových zemích v tropických oblastech. Použití GNNS je v těchto zemích problematické zejména z důvodů absence sítě geodetických bodů, referenčních stanic nebo špatného přenosu signálu a obtížného získávání archivních dat z těchto stanic. Bez referenčních stanic nebo geodetických bodů lze zaměřovat body s přesností 5 - 15 m nebo použít metodu RTK s relativními souřadnicemi. Další možností jsou data z dálkového průzkumu Země. V tab. 1 jsou uvedena dostupná výšková data pro celý svět, z nichž nejpresnější je DEM Astrium. Alternativou je pro tyto účely dostatečně přesná metoda fotogrammetrie. V rámci tohoto projektu se proto začala testovat metoda letecké fotogrammetrie v kombinaci se zaměřením lícovacích bodů pomocí DGPS. Pro fotogrammetrii je testována jako neměřická kamera GoPro a nosič dálkově ovládaný model kvadrokoptéra Phantom Vision 2. Nevýhodou je efekt rybiho oka této kamery, který je softwarově odstraňován. Nosnost kvadrokoptéry využití jiné kamery neumožňuje. Tuto nevýhodu je možné odstranit využitím oktokopty DJI S 1000 s digitálním fotoaparátem Panasonic LUMIX DMC-GH4. Výsledky testování této metody jsou předmětem budoucího výzkumu (Brychta et al., 2014).

Tab. 1: Zdroje výškových dat pro ČR a rozvojové země

	data / metoda	zdroj / přístroj	přesnost
ČR	LLS data	ČÚZK	10 - 20 cm
	DEM 5 G	ČÚZK	10 - 30cm
	DEM 4G		0,3 - 1 m
	vrstevnice	ČÚZK	5 m
	geodetické měření	GNNS	1 - 3 cm
rozvojové země	SRTM DEM	GISAT, NASA	20 m
	ASTER GDEM	GISAT	30 m
	WorldDEM Astrium	Astrium	12 m
	fotogrammetrie a DGPS	kvadrokoptéra, GoPRO a GPS	testuje se
		oktokopty, digitál s objektivem a GPS	testuje se

2.2 Terénní měření půdních dat a verifikace modelu

Cílem projektu je také verifikace modelu prostřednictvím četných terénních měření. Na modelovém území ŠZP Lány na svažitém a relativně členitém terénu o rozloze 52 ha bylo odebráno celkem 67 porušených půdních vzorků o hmotnosti cca 1 kg, které byly zaměřeny pomocí GNNS. Vzorky jsou nyní ve spolupráci s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy a Fakultou agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů laboratorně analyzovány. Analyzuje se zrnitostní složení v kategoriích od 2 mm do 0,002 mm, obsah oxidovatelného uhlíku a obsah celkového dusíku. Dále bylo provedeno 18 měření infiltrace pomocí kompaktního výtopového infiltrometru s dataloggerem OMEGA OM-PL420 a 14 měření polním simulátorem deště Kamphorst, ze kterého bude analyzováno množství splavenin a zrnitost nerozpuštěných látek. Dále bylo odebráno 56 neporušených půdních vzorků pomocí Kopeckého válečků, pomocí kterých je přímo v terénu měřena momentální vlhkost, dále pak laboratorní analýzou nasáklivost, vlhkost 30-minutová, maximální kapilární vodní kapacita,

specifická hmotnost, sušina, objemová hmotnost, celková pórovitost, kapilární pórovitost, nekapilární pórovitost, provzdušněnost, maximální vzdušná kapacita a retenční vzdušná kapacita. Dále byly na modelovém území umístěny dvě odtokové parcelky pro zjištění množství ztráty půdy za sledované období. Pomocí interpolace dat získaných z terénních měření a laboratorních analýz bude následně vytvořena přesná vrstva faktoru erodovatelnosti půdy. Tato data budou také sloužit pro kalibraci a validaci modelu. Odběry porušených půdních vzorků byly provedeny na začátku a na konci sledovaného období (30.5. -5.10.). Vzorky byly odebírány směrem po svahu s ohledem na terénní nerovnosti. Pomocí výsledků laboratorních analýz zrnitosti, obsahu C_{OX} a celkového N budou sledovány změny zrnitostního složení a obsahu humusu a korelace s prostorovým rozložením erodovaných a usazených půdních částic. Použití dat terénního měření je nejpřesnějším způsobem pro vytvoření vstupní vrstvy modelu faktoru erodovatelnosti půdy. Další možností je použití dostupných databází a půdních map. Pro Českou a Slovenskou republiku se používá Mapa bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ, pro kterou je faktor erodovatelnosti půdy stanoven pro každou tzv. hlavní půdní jednotku.

2.3 Srážková data

Pro území ČR se používá metodika stanovení faktoru erozní účinnosti srážek dle (Janeček et al., 2012). Další možností je vlastní interpolace srážkových dat ze sítě meteostanic nebo v případě menšího území použití dat z blízké meteostanice. V případě rozvojových zemí, nejsou-li tato data k dispozici, lze provést výpočet R faktoru zjednodušeně z měsíčních úhrnů srážek dle vzorce 1 (Asdak, 2010), kde P je měsíční úhrn srážek a celkový R faktor je součet hodnot za celý rok.

$$R = 2,21 P^{1,36} \quad (1)$$

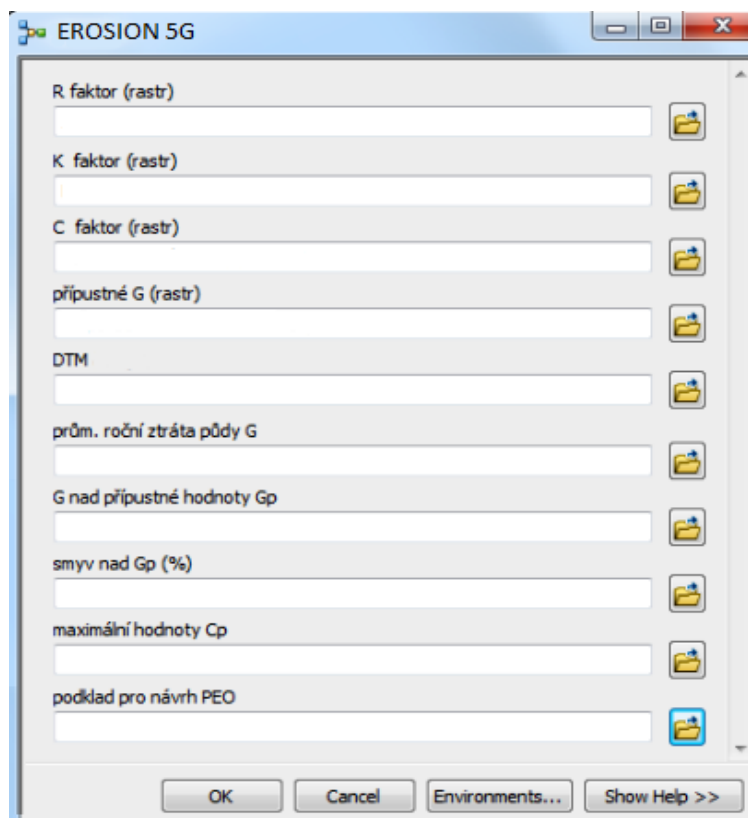
2.4 Faktor C a P

Faktor ochranného vlivu vegetace C se stanovuje přesným výpočtem dle metodiky (Janeček et al., 2012). Pokud nejsou k dispozici potřebná data, lze použít zjednodušené metody s využitím mapy Corine Land Cover, leteckých snímků nebo pro ČR dat z databáze LPIS nejlépe v kombinaci s terénním průzkumem. Faktor účinnosti protierozních opatření je ve většině případů konstanta 1 nebo je nutné vytvořit informační vrstvu s těmito daty.

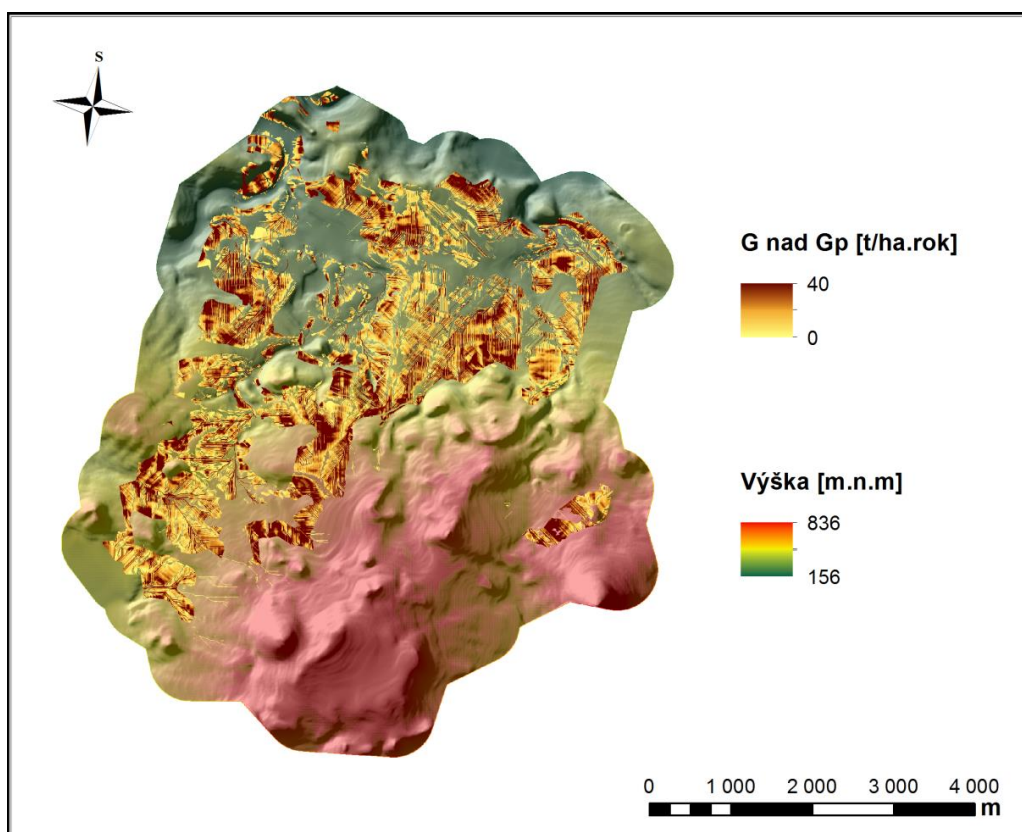
3 Model EROSION 5G

Existuje tedy celá řada přístupů, metod a modelů pro hodnocení potencionálního rizika vodní eroze a stanovení hydrologických charakteristik povrchového odtoku. Většina erozních modelů vychází více či méně z principů rovnice USLE a CN křivek, doplněné většinou o výpočet transportních procesů určitých látek, zejména N, P a různých pesticidů. U některých modelů jsou empirické rovnice metody USLE a CN křivek doplněny určitým fyzikálním popisem erozního a hydrologického procesu. Výstupy těchto erozních a hydrologických modelů jsou číselné hodnoty nebo rastrové vrstvy reprezentující např. průměrnou roční ztrátu půdy a na základě těchto výsledků jsou pak v praxi aplikovány protierozní opatření. Vytvořený model v tomto projektu přináší nový postup v technickém řešení GIS modelů, který umožňuje navrhování ochranných opatření pomocí atributových dotazů v jedné GIS vrstvě dle všech parametrů od ztráty půdy, hloubky půdy, sklonu svahu, typu plodiny atd. Model umožňuje použití velice přesných digitálních modelů terénu s přesností až 0,5 m pro velká území o rozsahu několika katastrálních území a využívá operace mapové algebry a další operace s rastrovými i vektorovými daty. Základem tohoto modelu je Univerzální rovnice ztráty půdy, Metoda dle maximální hodnoty ochranného vlivu vegetace a metody výpočtu topografického faktoru dle Mitášové (1998). Model byl vytvořen jako nadstavba nejpoužívanějšího GIS softwaru ve světě, ArcGIS. Uživatelské rozhraní modelu je znázorněno na obr. 1. Vstupní data jsou vkládána rozkliknutím ikony na konci každého řádku a vybráním dat z příslušného adresáře. Stejným způsobem se nastavuje adresář uložení výstupních dat. Struktura modelu je znázorněna v příloze č. 1. Vstupní data modelu jsou DTM a rastry jednotlivých erozních faktorů. Model počítá hodnoty pro každou buňku rastru o velikosti 0,5 - 1 metr pomocí vytvořených algoritmů a mapové algebry. Z DTM je generován topografický faktor dle upravené metody Mitášové (1988), následně jsou počítány hodnoty průměrné roční ztráty půdy pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy. Dále odečtením hodnot

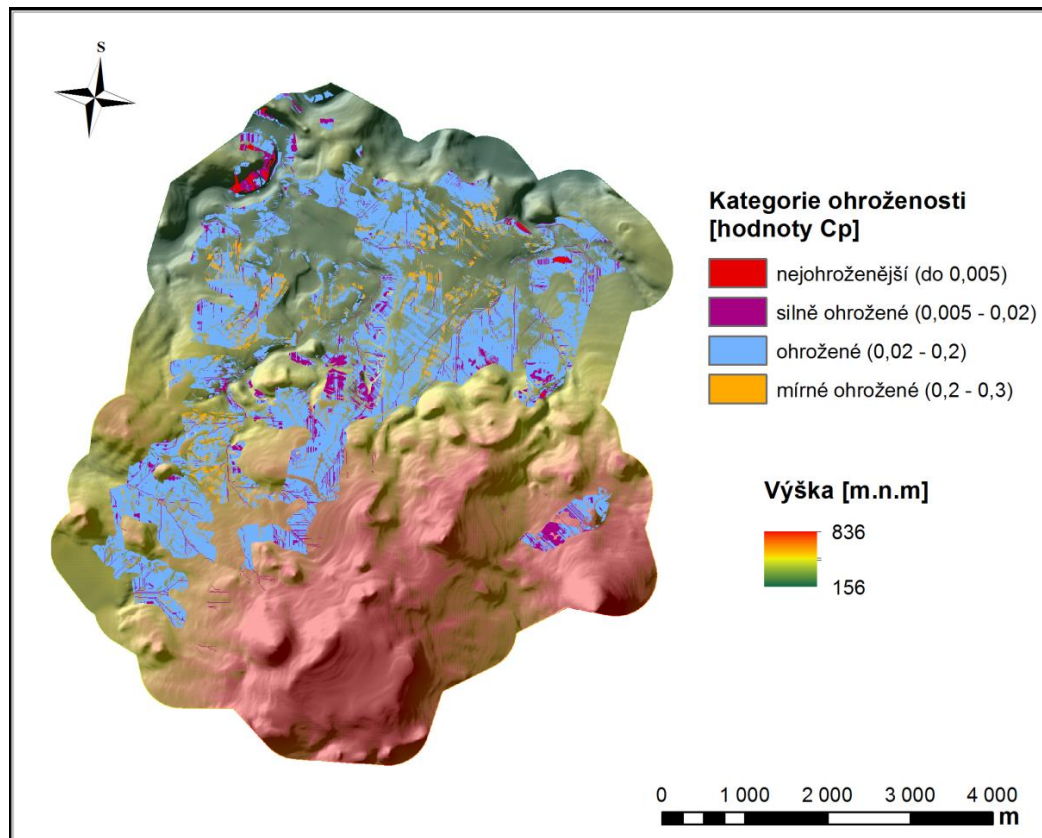
maximálních přípustných ztrát půdy je vypočtena ztráta půdy nad přípustné hodnoty (viz obr. 2), které jsou reklasifikovány tak, aby byly odstraněny záporné hodnoty vzniklé při odečítání rastru. Tyto hodnoty vymezují erozně ohrožené plochy, které jsou v modelu následně převedeny na polygony, které tvoří rozhraní pro další výpočty modelu. Tímto postupem bylo dosaženo značné úspory výpočetního času modelu a úspory velikosti ukládaných dat. Dalším výstupem je rastr, který obsahuje hodnoty, o kolik procent je třeba snížit erozní smyv na přípustnou mez, resp. jaké koeficienty C, P a L faktoru nebo jejich kombinaci, je třeba zvolit pro dosažení hranice přípustné ztráty půdy. Dále model vypočítá hodnoty maximálního faktoru ochranného vlivu vegetace na erozně ohrožených plochách pro každou buňku rastru (viz obr. 3). Tyto hodnoty jsou následně reklasifikovány do kategorií, které slouží jako doporučení pro vhodné kultury a oševní postupy.



Obr. 1: Grafické rozhraní modelu EROSION 5G



Obr. 2: EROSION 5G - roční ztráta půdy nad přípustné hodnoty



Obr. 3: EROSION 5G - maximální přípustný faktor ochranného vlivu vegetace

Tento model přináší nový postup v technickém řešení GIS modelů, který umožňuje navrhování ochranných opatření pomocí atributových dotazů v jedné vektorové vrstvě dle všech parametrů. Jednotlivé rastrové výstupy modelu jsou tímto inovativním postupem převedeny do jedné vektorové polygonové vrstvy a hodnoty buněk rastrů jsou transformovány do její atributové tabulky. Jednotlivé atributy generované modelem pro návrh PEO a další vývoj jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2: Parametry pro návrh PEO vygenerované modelem

současnost	vývoj
průměrná roční ztráta půdy	přípustné délky
průměrná roční ztráta půdy nad přípustné hodnoty	zahrnutí přesných osevních postupů
hloubka půdy	objem odtoku
procentuální hodnoty smyvu půdy	kulminační průtoky
maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace	vymezení nivních oblastí pro možné umístění PPO, poldru nebo vymezení rozlivového území
sklonitostní klasifikace pro PEO	zahrnutí předchozích srážkových podmínek

Kombinace těchto atributových dotazů lze, podle stupně naprogramování, i zcela zautomatizovat. Lze tedy volit varianty manuální dle uvážení řešitele návrhu ochranných opatření, poloautomatické, kdy jsou určité varianty opatření předprogramované (např. řešení organizačních PEO) a zbývající část je manuální nebo automatická. Ochrannými opatřeními v modelu jsou myšleny organizační, agrotechnická a technická protierozní opatření a dále se připravuje jejich dimenzování, vymezení záplavových území a území s rizikem půdních sesuvů, kde je nutné brát zřetel na přizpůsobení protierozních opatření. Několik příkladů analýz určení organizačních protierozních opatření je vysvětleno v tab. 3. Těmito analýzami pomocí atributových dotazů pak lze např. určit, které plochy budou zalesněny, zatravněny, kde se budou pěstovat pícniny nebo kde budou použita agrotechnická opatření. Příklad analýzy je demonstrován na obr. 4, kde je znázorněn výřez atributové tabulky výsledné vektorové polygonové vrstvy. Výsledná analýza je uvedena na obr. 5.

	GRIDCODE	GRIDCODE 1	GRIDCODE 2	GRIDCODE 3	GRIDCODE 4	OPEO
	4	1	1	6	6	les
	4	1	4	5	5	TTP
	4	1	4	5	6	TTP
	4	1	4	6	6	les
	4	1	10	1	2	TTP
	4	2	0	1	2	víceleté pícniny
	4	2	0	2	2	víceleté pícniny
	4	2	0	2	3	víceleté pícniny
	4	2	0	3	3	víceleté pícniny
	4	2	0	3	4	víceleté pícniny
	4	2	0	4	4	víceleté pícniny
	4	2	0	4	5	víceleté pícniny

GRIDCODE1 = 1

max. hodnota Cp do 0,005

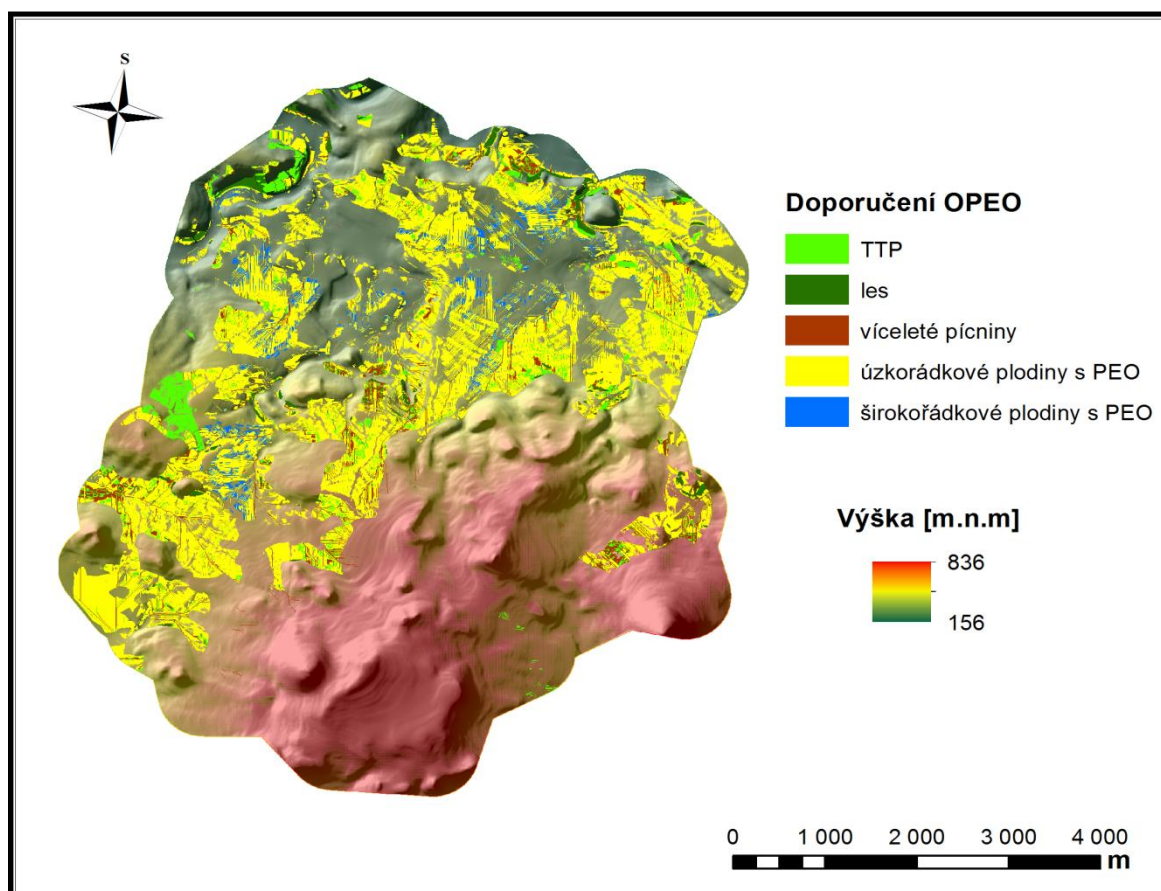
převést na TTP

Obr. 4: Příklad určení organizačních PEO

GRIDCODE = 1 => přípustný faktor ochranného vlivu vegetace = 0,005 => doporučuje se zatravnění pozemku

Tab. 3: Příklad analýzy pomocí atributového dotazování

atributový dotaz	Field Calculator (pro New Field: OPEO)	vysvětlení
GRICODE = 10	TTP	ztráta půdy nad přípustné hodnoty je 90% - převést na TTP
GRICODE1 = 1	TTP	hodnoty C_p do 0,005 - převést na TTP
GRICODE3 = 5	TTP	sklon svahu 20 - 20% - převést na TTP
GRICODE3 = 4 AND GRICODE2 = 1	TTP	mělké půdy na svahu 15 - 20% - převést na TTP
GRICODE2 = 2 AND OPEO < > TTP	víceleté píceiny	hodnoty C_p 0,005 - 0,02 – pěstování víceletých pícein
GRICODE2 = 3 AND OPEO < > TTP	úzkorádkové plodiny s využitím PEO (nebo víceleté píceiny)	C_p 0,02 - 0,2 - pěstování pícein nebo úzkorádkových plodin s využitím PEO
GRICODE2 = 3 AND OPEO < > TTP	úzkorádkové plodiny bez omezení, širokorádkové pouze s využitím PEO	C_p 0,2 – 0,3 – pěstování úzkorádkových plodin nebo širokorádkové s PEO
GRICODE = 6	les	sklon svahu nad 30 % - zalesnění



Obr. 5: Výsledná analýza určení organizačních PEO

Závěr

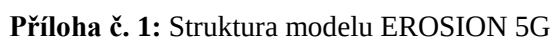
V práci byla provedena analýza dostupnosti a použitelnosti vstupních dat pro erozní modelování v prostředí GIS se zaměřením na výšková data a aplikaci v prostředí rozvojových zemí tropických oblastí. Byl vytvořen model EROSION 5 G jako nadstavba softwaru ArcGIS. Tento model přináší nový postup v technickém řešení GIS modelů, který umožňuje kromě výpočtů erozního ohrožení a ztráty půdy také navrhování ochranných opatření pomocí atributových dotazů v jedné vektorové vrstvě dle všech parametrů. Aby byl snížen erozní smyv, je možné upravovat také hodnoty L faktoru, které souvisí s maximální přípustnou délkou svahu, úpravou velikosti a tvaru pozemku, umístěním protierozních průlehů a odvozením hydrologických charakteristik povodí pro jejich dimenzování. Pro zahrnutí technických protierozních opatření je nutné model doplnit o další rovnici přípustné délky svahu, doplnění modelu o automatické vymezení údolní nivy a rozlivových oblastí, výpočet objemu odtoku a kulminačního průtoku pomocí metody CN křivek a vymezení rizikových oblastí půdních sesuvů.

Literatura

- [1] Asio, V. B. 2009. *A review of soil degradation in the Philippines*. Annals of Tropical Research, pp. 69-94.
- [2] Asdak, 2010. *Hydrology and Watershed management*. Yogyakarta. Gadjah Mada Univesity Press.
- [3] Brychta, J., 2013. *Metody vyhodnocování vodní eroze pomocí geoinformačních systémů*. Ústí nad Labem: UJEP
- [4] Brychta, J., 2013. *Metody vyhodnocování vodní eroze pomocí geoinformačních systémů*. Praha, ČVUT, pp. 26-34.
- [5] EI-Swaify, S. A., 1982. *Soil Erosion by Water in the Tropics*. Hawaii: University of Hawai.
- [6] Holý, M., 1994. *Eroze a životní prostředí*. Praha: ČVUT.
- [7] Janeček et al, M., 2007. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: VÚMOP.
- [8] Janeček et al, M., 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: VÚMOP.
- [9] Mitasova, H. & Luboš, M. 1998. *Erosion/deposition modeling with USPED using GIS*. Ilinoise: GMSL.
- [10] Vrána, K. et al, 1998. *Krajinné inženýrství*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů.

Abstract. The work deals with the risk assessment of land degradation and their prevention using GIS tools. This paper described the development of erosion model EROSION 5G, which was created as an extension of ArcGIS software. This model provides a comprehensive assessment of water erosion including the proposal of erosion protection. Technical background of model are GIS tools and programming language Python and uses operations with raster and vector data. This model brings a new approach in solving technical GIS models, which also enables calculations of erosion hazard and soil loss also designing protective measures using attribute queries in a vector layer according to all parameters. The model is designed to protect the entire basin and individual property. An important part of the work is also verification, validation and calibration of the model under different conditions using field measurements, laboratory analyzes of soil infiltrometer, rain simulator, runoff plots using and innovative methods using kyberdronu and GNSS. The model territories School is holding SZP Lany, municipalities Bžany, Žalany and Kostomlaty Milešovkou and Loboc River Basin on the island of Bohol, where these natural processes of erosion and landslides pose serious ecological and economic problem. One of the benefits of work, it is the research and development of GIS models also analyze the accessibility and usability of input data for erosion modeling in GIS focusing on the elevation data and application environment in tropical developing countries.

Key words: GIS, Model Builder, Python, USLE, USPED, erosion control measures, rainall simulator, kyberdone, GNNS, fotogrammetry, DTM, DPZ



Testování přesnosti nového digitálního modelu reliéfu

Lucie Čeplová

Univerzita obrany, katedra vojenské geografie a meteorologie
Kounicova 65, 662 10 Brno
e-mail: lucie.ceplova@unob.cz

Abstrakt. K získávání prostorových informací o terénním reliéfu se v řadě civilních a vojenských aplikací vedle mapových produktů stále častěji využívají digitální modely reliéfu (DMR). V České republice se v uplynulých desetiletích využívalo několik DMR, vytvářených pomocí kartografické nebo stereofotogrammetrické metody, které však jsou z hlediska současných požadavků na přesnost a podrobnost nevyhovující. V roce 2008 byl proto zpracován projekt tvorby nového výškopisu České republiky, který je založen na moderní technologii sběru prostorových dat terénního reliéfu pomocí leteckého laserového skenování (LLS). Sběr prostorových dat pomocí LLS byl proveden v letech 2010 až 2013 a na jejich základě bylo od roku 2011 zahájeno postupné vytváření nových výškopisných modelů České republiky. Prvním modelem, který byl dokončen počátkem roku 2014, je DMR 4. generace (DMR 4). Dalšími modely, jejichž dokončení je plánováno na léta 2015 – 2016, jsou DMR 5. generace (DMR 5) a digitální model povrchu 1. generace (DMP 1). Tento příspěvek se zabývá ověřováním přesnosti DMR 4 ve vybraných prostorech pomocí kontrolních referenčních dat pořízených geodetickou metodou digitální tachymetrie.

Klíčová slova: DMR, letecké laserové skenování (LLS), rozbor přesnosti

Úvod

Digitální modely reliéfu vznikají jako produkt mapování zemského povrchu. Data těchto modelů obsahují nejen polohopisné, ale i výškopisné informace. Digitální výškové modely umožňují získat bližší představu o charakteru daného území, provádět analýzu terénu či simulace nejrůznějších jevů. V praxi jsou často využívány simulace sklonu svahů, průletu nad terénem, 3D pohledu, viditelnosti či simulace záplavové a lavinové vlny. Děje se tak na základě obecných geometrických principů. S rozvojem digitálních technologií došlo ke vzniku nových forem znázornění reliéfu, a to formou GRID a TIN. DMR lze zobrazit dvěma způsoby, v analogové nebo digitální podobě. Pro vytváření DMR se využívají zejména tyto metody:

- geodetické,
- fotogrammetrické,
- dálkového průzkumu Země (DPZ),
- kartografické (digitalizace analogových podkladů),
- leteckého laserového skenování (LLS).

Na základě výše uvedených informací lze digitální model reliéfu obecně definovat jako digitální výškový model, čili matematické-číselnou simulaci průběhu terénu, doplněnou o pravidla používání. Opírá se o kostru význačných prostorově určených bodů v terénu, které jsou vybrány tak, aby co nejlépe charakterizovaly průběh terénu.

1 Nový výškopis České republiky

V České republice se již dlouhou řadu let používají digitální výškové modely, které vznikly jak v civilní, tak i vojenské sféře. V civilní sféře se jedná o variace produktu s názvem ZABAGED[®] – výškopis, v Armádě České republiky (AČR) potom o varianty produktu DMR. Přehled vybraných výškových modelů je uveden v tabulce č. 1 [1].

Tab. 1: Přesnost vybraných výškových modelů

Název	Popis	Přesnost
ZABAGED® - výškopis – 3D vrstevnice	Vektorizované vrstevnice Základní mapy 1:10000 (ZM 10) uložené jako 3D objekty. Přesnost výšky vrstevnic je závislá na sklonu a členitosti terénu.	0,7 – 1,5 m v odkrytém terénu 1 – 2 m v intravilánech 2 – 5 m v zalesněných územích
ZABAGED® - výškopis – grid 10x10 m	Odvozený model do formy mříže (grid) 10 x 10 m. Přesnost výšek jednotlivých bodů je stejná jako u zdrojových vrstevnic.	0,7 – 1,5 m v odkrytém terénu 1 – 2 m v intravilánech 2 – 5 m v zalesněných územích
DMR 2,5	Výškový model ve formě mříže 100 x 100 m	3 – 5 m v odkrytém terénu 5 – 8 m v intravilánech 10 – 15 m v zalesněných územích
DMR 3	Výškový model ve formě mříže 10 x 10 m získaný stereofotogrammetrickou metodou	1 – 2 m v odkrytém terénu 1 – 2 m v intravilánech 3 – 7 m v zalesněných územích

Jak uvádí BRÁZDIL [1], tyto digitální výškové modely jsou svojí přesností, podrobností a nehomogenitou pro řadu aplikací již nevyhovující. Využíváním DMR v AČR se v letech 2009 – 2010 podrobně zabývala KOHOUTKOVÁ v rámci své diplomové práce [2]. V rámci této práce byl uskutečněn reprezentativní průzkum mezi odborníky AČR, kteří ve své profesi využívají DMR. Jako největším nedostatkem současných výškopisných modelů byla uživateli uváděna velmi nízká hustota a přesnost výškových dat, která tak nemohou vyjádřit mikoreliéf.

V reakci na tuto skutečnost byl v roce 2008 zpracován projekt tvorby nového výškopisu České republiky, na jehož realizaci se dohodl Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK) spolu s Ministerstvem obrany ČR (MO ČR) a Ministerstvem zemědělství ČR (MZe ČR). Na základě této dohody o spolupráci byl zpracován „*Realizační projekt zpracování výškopisných dat*“ [3] (dále *Projekt*). *Projekt* se stal podkladem pro organizaci, řízení a realizaci nového výškopisu České republiky s využitím technologie leteckého laserového skenování v letech 2009 až 2015. Základním cílem *Projektu* je provedení nového výškopisného mapování území České republiky a vytvoření nové digitální databáze výškopisu, který uspokojí potřeby a požadavky orgánů státní správy a územní samosprávy na geografické produkty zabezpečované podle jednotných zásad a pravidel z celého území České republiky.

„Výslednými digitálními databázemi výškopisu budou [3]:

1. Digitální model reliéfu území České republiky 4. generace (DMR 4G) ve formě mříže (GRID) 5 x 5 m s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu.
2. Digitální model reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G) ve formě nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.
3. Digitální model povrchu území České republiky 1. generace (DMP 1G) ve formě nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného půdního krytu). Výše uvedené digitální databáze výškopisu budou zpracovány v souladu s nařízením vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání ve standardizovaných souřadnicových referenčních systémech JTSK a WGS 84/UTM a ve výškovém systému „Balt po vyrovnání“.“

Poznámka: V AČR se DMR 4G, DMR 5G označují v návaznosti na dřívější označování jednotlivých DMR jako DMR 4 a DMR 5. Ve svém příspěvku se proto v dalším řídím oficiálním označováním nových výškopisných modelů užívaným v AČR.

Základním principem řešení bylo, že DMR 4 v jednotlivých prostorech postupně vzniká nejpozději do ½ roku po naskenování území. DMR 5 a DMP 1, při jejichž zpracování je nutný vyšší podíl manuální práce, vznikají vždy nejpozději do 2 a ½ roku po naskenování území.

Pro aktualizaci nového výškopisu se v rámci působnosti Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř) v nejbližší budoucnosti jako nejvhodnějšími metodami jeví, zejména z hlediska výškové přesnosti a rychlosti pořizování výškopisných dat, [4]:

- stereofotogrammetrie – striktně pouze v oblastech bez vegetačního krytu,
- letecké laserové skenování – předpokládá se spíše lokální pořizování dat než další celoplošné skenování území ČR,
- pozemní laserové skenování,
- geodetické měření bodů,
- externí databáze – zejména od ČÚZK.

2 Technologie tvorby DMR 4

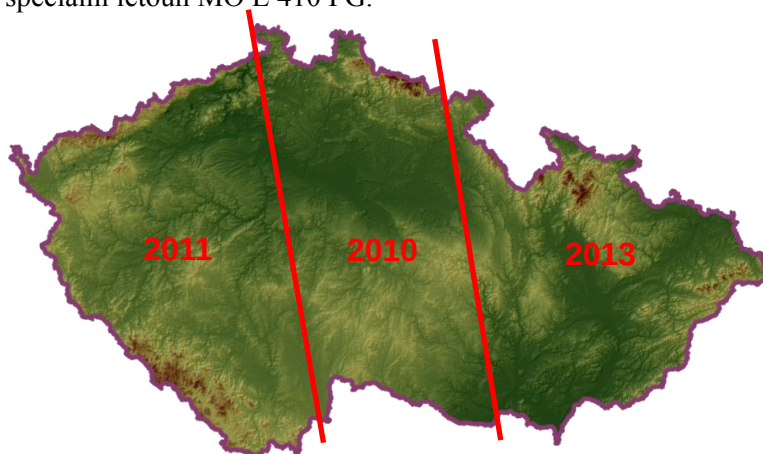
Před vlastním testováním přesnosti DMR 4, bylo potřebné se seznámit s hlavními etapami technologie jeho vytváření, které jsou uvedeny v Technické zprávě k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace [5]. Jsou tyto následující etapy:

- letecké laserové skenování,
- předzpracování leteckých laserových dat,
- robustní filtrace,
- výběr reprezentativního uzlového výškového bodu,
- odstranění hrubých chyb,
- interpolace výškového modelu v síti 5x5 m.

Pro řešení jednotlivých etap byla využita řada softwarových prostředí a aplikací, například IGIplan Mission Planning Software, SCOP++, DT Master a řada dalších [5].

2.1 Letecké laserové skenování

LLS bylo realizováno po jednotlivých pásmech (obr. 1) v letech 2010 – 2013 systémem LiteMapper 6800 firmy IGI GmbH s využitím leteckého laserového skeneru RIEGL LMS – Q680 s příslušenstvím pro autonomní určování polohy skeneru GPS a IMU (Intertial Measurement Unit). Skenování se uskutečnilo z průměrné výšky 1200 m nebo 1400 m nad střední rovinou terénu, nosičem skenovacího systému byl použit speciální letoun MO L 410 FG.



Obr. 1: Pásma leteckého laserového skenování České republiky (VGHMÚř Dobruška)

2.2 Předzpracování leteckých laserových dat

Cílem této etapy je zejména analýza surových leteckých laserových dat a nalezení jednotlivých odrazů (tzv. echo) laserového paprsku. Následuje georeferencování jednotlivých odrazů paprsků a transformace souřadnic do souřadnicového referenčního systému UTM/WGS84- G873 a výškových údajů do výškového referenčního systému Balt po vyrovnání (Bpv).

2.3 Robustní filtrace

Cílem robustní filtrace je pomocí automatizovaných metod oddělit body, ve kterých laserový paprsek dopadl až na terénní reliéf, dále na vegetaci, stavby a rovněž identifikovat chybné body.

Výsledkem jsou samostatné soubory dat, které jsou klasifikované podle dopadu laserového paprsku na vyjmenované prvky zemského povrchu. Úspěšnost automatické klasifikace je však do značné míry závislá na ročním období (tzn. na stupni rozvinutí vegetace), ve kterém byla laserová data pořízena. Například data pořízená v měsících březen až květen jsou správně klasifikována orientačně s asi 90% úspěšností, kdežto data pořízená v období s plně rozvinutou vegetací (červen až září) pouze s úspěšností 30 – 40 %.

2.4 Výběr reprezentativního uzlového výškového bodu

V předchozí etapě byl robustní filtrací samostatně klasifikován soubor dat pro reliéf. V této kategorii jsou však zařazeny i body, které výhradně neleží na terénu. Proto je pro vygenerování DMR 4 nutné provést výběr reprezentativních bodů (dále uzlových), u kterých se s maximální pravděpodobností předpokládá, že reprezentují terénní reliéf. Za tímto účelem jsou zpracovávány oblasti rozděleny na čtverce 5 x 5 m a v každém takto vzniklém čtverci je vybrán uzlový bod s nejnižší výškou. Přitom se provádí automatická kontrola, zda se vybraný uzlový bod svojí výškou extrémně neodlišuje od okolních bodů. V tomto případě se předpokládá, že se jedná o chybný paprsek („zbloudilý“) a je vybrán uzlový bod s druhou nejnižší výškou a opět proběhne jeho automatická kontrola.

2.5 Manuální kontrola vybraných uzlových bodů – odstranění hrubých chyb

Manuální kontrola spočívá v interaktivní vizuální kontrole modelu reliéfu vytvořeného z množiny uzlových bodů. Tato kontrola se provádí s cílem odhalit nepřírozané anomálie reliéfu, eliminovat hrubé chyby a zajistit tak deklarovanou přesnost výsledného DMR 4. Současně jsou kontrolovány oblasti bez vytvořených uzlových bodů (tzv. „díry“ v modelu), např. v oblastech vodních ploch nebo v oblastech po odstranění výškových bodů v prostorech zástavby. Výsledkem jsou opravené soubory uzlových bodů.

2.6 Interpolace výškového modelu v síti 5 x 5 m

Cílem poslední technologické etapy je interpolovat z nepravidelně rozložených uzlových bodů ve čtvercích 5 x 5 m výsledný DMR 4 v pravidelné čtvercové síti bodů o rozměrech 5 x 5 m. Pro řešení byla použita interpolační funkce programového prostředí SCOP++ s využitím metody adaptabilní lineární predikce.

3 Testování přesnosti DMR 4

Již v průběhu zpracování DMR 4 byla ověřována jeho přesnost a kvalita. K tomu bylo podle [5] využito tří zdrojů kontrolních dat:

- soubory kontrolních bodů na komparačních základnách,
- výšky vybraných bodů základního geodetického bodového pole (trigonometrických a zhušťovacích bodů),
- kontrolní geodetická měření realizovaná lokálně.

3.1 Kontrolní geodetická měření

Cílem této metody [5] „...bylo alespoň na menších vzorcích dat dokumentovat přesnost interpolace výšky bodu z DMR 4G v terénu...“. V rámci své diplomové práce [6] jsem výšky kontrolních bodů určila metodou digitální tachymetrie pomocí totální stanice Leica Tc 1500. Pro měření byly vybrány 2 lokality v okolí Velké Bíteše, a to z důvodu, že šlo o nejbližší území, ze kterého byl v době zpracování mé diplomové práce vytvořen DMR 4. S využitím blízkých bodů základního polohového bodového pole, jejichž výšky byly určeny trigonometricky nebo nivelací, jsem zaměřila síť kontrolních bodů (celkem 424 bodů) formou příčných profilů.

Jako příklad uvádím lokalitu v blízkosti zhušťovacího bodu č. 215 (obr. 2), jehož výška byla určena nivelací. Terénní reliéf je zde poměrně členitý, kontrolní body jsem tak mohla volit na lomových liniích silniční komunikace a přiléhajících příkopů.

Polohu bodů jsem rovněž volila z hlediska pokrytosti na okrajích asfaltové silnice, v travnatém povrchu, v nízkých křovinách, pod stromoradiem a na zemědělsky obdělávané půdě. Celkově jsem v této lokalitě zaměřila 187 kontrolních bodů.

3.2 Analýza výškových rozdílů mezi body určenými geodeticky a body DMR 4

K provedení analýz výškových rozdílů bylo nejprve nutné převést určená prostorová data ze souřadnicového systému S-JTSK do souřadnicového systému UTM/WGS 84. K tomuto úkolu byl využit software LASER SUPPORT, který je využíván v technologii tvorby DMR 4. Po transformaci dat byl postup zpracování následující:

- převod dat formátu *.txt do formátu *.shp 2D,
- vytvoření atributu Z_GEO, který představuje geodeticky zaměřenou nadmořskou výšku terénu,
- pomocí nástroje *point_get_z.cal* byl převeden formát *.shp 2D do formátu *.shp 3D,
- byly vytvořeny atributy rozdílů Z_GEO - Z_DMR4G.



Obr. 2: Lokalita zhušťovacího bodu č. 215

Upravená data jsem nejprve vizualizovala. Pomocí nástrojů programového prostředí ArcGIS jsem vytvořila rastr a vytvořila model průběhu výškových hodnot. Na obr. 3 je zobrazeno grafické vyjádření výškových rozdílů v lokalitě Velká Bíteš v okolí ZhB č. 222, ve které jsem zaměřila 237 kontrolních bodů. Rozdíly mezi hodnotami výšek na kontrolních bodech určených geodeticky a hodnotami výšek v odpovídajících čtvercích 5 x 5 m DMR 4, ve kterých kontrolní body leží, jsou v legendě uvedené v metrech.

Po provedené vizualizaci jsem upravená data analyzovala statistickým zpracováním. V souladu s [5] jsem jako statistické charakteristiky přesnosti DMR 4G zvolila výpočet systematické chyby a úplné střední chyby.

Vzorec pro výpočet systematické chyby:

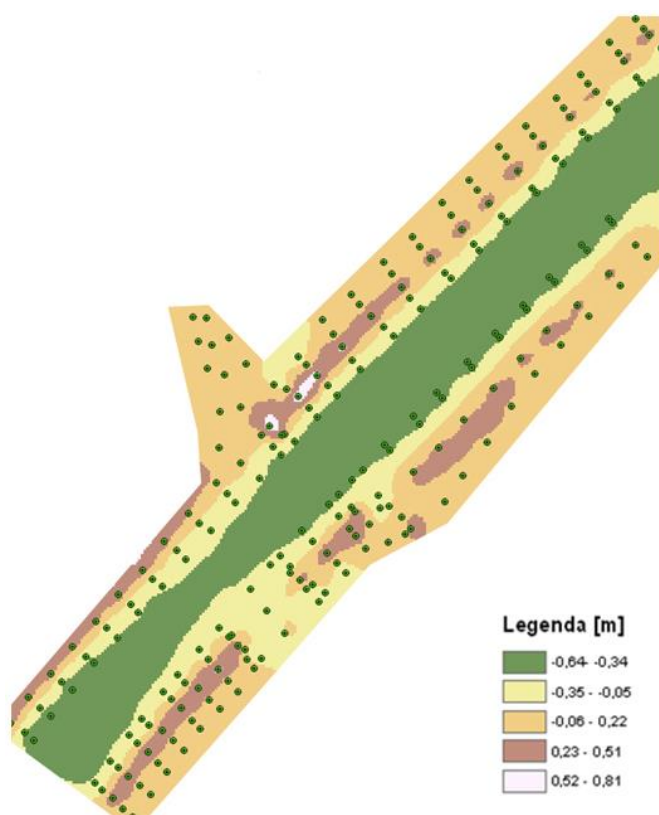
$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i}{n}$$

Vzorec pro výpočet úplné střední chyby:

$$mH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}{n}},$$

kde n je počet geodeticky zaměřených bodů a ΔH_i je rozdíl výšky interpolované z DMR 4 a geodeticky zaměřené na i -tém kontrolním bodě.

Systematickou a úplnou střední chybu jsem vypočítala pro obě lokality zhušťovacích bodů zvlášť, výpočet jsem provedla také pro různé oblasti vegetačního a půdního krytu.



Obr. 3: Grafické vyjádření hodnot výškových rozdílů mezi body zaměřenými geodeticky a DMR 4 v lokalitě V. Bíteš v okolí ZhB 222

Tabulka 2 představuje hodnoty minimální, maximální, systémové střední chyby a úplné střední chyby daných zhušťovacích bodů.

Tab. 2: Hodnoty systémové a úplné střední chyby, minimálních a maximálních výškových rozdílů pro lokality ZhB č. 215 a ZhB č. 222

	ZhB č. 215	ZhB č. 222
Systémová střední chyba [m]	0,09	0,08
Úplná střední chyba [m]	0,29	0,28
MIN výškový rozdíl [m]	0,01	0
MAX výškový rozdíl [m]	0,66	0,69

Pro ucelenější a přesnější vyhodnocení výškových rozdílů jsem body z obou lokalit rozčlenila do níže uvedených kategorií podle typu vegetačního a půdního krytu, ve kterém se nacházejí:

- okraj silnice,
- dolní hrana (DH) příkopu,
- horní hrana (HH) příkopu,
- traviny,
- pole,
- křoviny, stromy.

V tabulce 3 jsou uvedeny vypočtené hodnoty systémové střední chyby, úplné střední chyby a maximálního výškového rozdílu v závislosti na daném vegetačním a půdním krytu.

Tab. 3: Hodnoty systémové a úplné střední chyby, minimálních a maximálních výškových rozdílů pro lokality ZhB č. 215 a ZhB č. 222 v závislosti na vegetačním a půdním krytu

ZhB č. 222 a ZhB č. 215	Okraj silnice	DH příkopu	HH příkopu	Traviny	Pole	Křoviny, stromy
Syst. střední chyba [m]	0,08	0,07	0,13	0,01	0,08	0,07
Úplná střední chyba [m]	0,29	0,26	0,36	0,10	0,29	0,27
MAX výškový rozdíl [m]	0,46	0,66	0,69	0,28	0,66	0,61

V [6] jsem graficky zpracovala detailní popis lokalit ZhB č. 215 (tab. 4) a č. 222.

Tab. 4: Vyjádření úplné střední chyby a maximálních výškových rozdílů v lokalitách okolí ZhB č.215

ZhB č. 215	Úplná střední chyba [m]	MAX výškový rozdíl [m]
Lokalita 1 Okraj silnice DH příkopu HH příkopu	0,33	0,45
	0,16	0,26
	0,09	0,2
Lokalita 2 Okraj silnice Křoviny, stromy	0,11	0,12
	0,24	0,3
Lokalita 3 Okraj silnice DH příkopu Křoviny, stromy	0,09	0,12
	0,15	0,23
	0,44	0,61
Lokalita 4 Okraj silnice DH příkopu Křoviny, stromy	0,17	0,35
	0,30	0,39
	0,20	0,39
Lokalita 5 Okraj silnice DH příkopu HH příkopu Pole	0,11	0,14
	0,34	0,41
	0,23	0,37
	0,18	0,29
Lokalita 6 Okraj silnice DH příkopu HH příkopu Pole	0,33	0,4
	0,08	0,12
	0,53	0,62
	0,47	0,66

Z tab. 4 je patrné, že největší výškové rozdíly v okolí ZhB č. 215 vznikly v těchto oblastech:

- lokalita 1; okraj silnice,
- lokalita 3; křoviny, stromy,
- lokalita 4; dolní hrana příkopu,
- lokalita 5; dolní hrana příkopu,
- lokalita 6; horní hrana příkopu a pole.

V lokalitách 1, 4, 5 a 6 se vyskytly výrazné chyby v určení výšky hran. Tyto chyby vznikly zjevně v důsledku generalizace výškopisu do čtvercové sítě s gridem 5 x 5 m. Zejména u komunikací širokých do 10 m dochází ke shlazení modelu, a tím k zanedbání hran koruny tělesa, pat náspů, dna příkopů apod. Tyto výsledky se shodují se závěry obsaženými v [5].

Závěr

Analýzu výškových rozdílů mezi body určenými geodeticky a body výškového modelu nové generace DMR 4 jsem provedla na 424 bodech. Tyto body, jsem zaměřila formou příčných řezů ve dvou lokalitách v blízkosti obce Velká Bíteš metodou digitální tachymetrie.

Dosavadní ověřovací zkoušky parametrů přesnosti DMR 4 [5] garantují úplnou střední chybu výšky tohoto generalizovaného modelu georeliéfu do 0,30 m v terénu bez souvislé vegetace a zástavby, a do 1 m v terénech pokrytých hustou vegetací.

S těmito závěry se shodují i výsledky mé analýzy. Vypočítala jsem hodnoty systematické střední chyby, úplné střední chyby a maximálních výškových rozdílů pro každou lokalitu zvlášť, a poté pro jednotlivé mnou zvolené kategorie. Pro objektivnější analýzu výškových rozdílů jsem body rozčlenila podle vegetačního a půdního krytu do kategorií podle druhu lomové linie (okraj silnice - dolní hrana

příkopu - horní hrana příkopu - traviny - pole - křoviny, stromořadí, lesy). Bližší zkoumání rozložení jednotlivých odchylek v terénu potvrdilo, že k větším chybám dochází zejména v oblasti pokryté vegetací a v místech mikroreliefních prvků (výkopů a náspů). Příčina těchto nepřesností spočívá v generalizaci výškopisu do čtvercové sítě s gridem 5 x 5 m. Zejména u komunikací širokých do 10 m dochází ke shlazení modelu.

Přesto tento nový výškový model svou přesností předčí do této doby využívané starší modely využívané jak v civilních tak vojenských aplikacích. Jeho uplatnění bude zejména v oblasti modelování výškových poměrů, analýze radiové a optické viditelnosti, podpoře krizového řízení, vojensko-geografických analýz, řešení odtokových poměrů na daném území, sledování stavu eroze půd, tvorbě terénních databází pro simulátory a mnoha dalších aplikacích ve vojenské i civilní sféře.

Do plnohodnotného vytvoření DMR 5 bude DMR 4 nejpresnějším výškovým modelem z celého území ČR. I po dokončení DMR 5, lze očekávat využívání tohoto modelu zejména pro jeho jednodušší datovou strukturu a menší pravděpodobnost zastarání (časové změny) výškových informací.

Literatura

- [1] BRÁZDIL, Karel. *Projekt tvorby nového výškopisu České republiky*. [přednáška]. Praha: ČÚZK, 9. 4. 2009.
- [2] KOHOUTKOVÁ, Lucie. *Možnosti leteckého laserového skenování při tvorbě a aktualizaci digitálních výškopisných dat*. Brno: UO 2010. Diplomová práce, UO, Fakulta vojenských technologií, katedra vojenské geografie a meteorologie.
- [3] BRÁZDIL, Karel a kol. *Realizační projekt zpracování výškopisných dat*. Pardubice: Zeměměřický úřad, Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 2009, 44 str.
- [4] VGHMÚř. *Principy údržby a aktualizace výškopisných modelů*. Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 2012, 5 str.
- [5] BRÁZDIL, Karel a kol. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace DMR 4G*. Pardubice: Zeměměřický úřad, Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 2012, 11 str. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012012.pdf
- [6] ČEPLOVÁ, Lucie. *Analýza přesnosti digitálních výškových modelů*. Brno: UO 2013. Diplomová práce, Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií, katedra vojenské geografie a meteorologie.

Abstract. The acquiring of spatial information about the terrain relief in civilian and military applications are increasingly used digital elevation models (DEM) beside mapping products. Several models created by cartographic or stereophotogrammetric methods were used in recent decades in the Czech Republic, but these are insufficient in terms of current requirements for accuracy and level of detail. Therefore a project of creating a new altimetry of the Czech Republic was processed in 2008, which is based on modern technology of spatial data collection using airborne laser scanning (ALS). The ALS spatial data collecting was carried out from 2010 to 2013. Progressive generation of new elevation models of the Czech Republic was initiated on these grounds since 2011. The first model was completed in early of the year 2014, it is the fourth generation of DTM (DTM 4). Other models are the fifth generation DTM (DTM 5) and digital surface model of the first generation (DSM 1), which will be completed in years 2015 - 2016. This paper is dealing with verifying the accuracy of DEM 4 in selected areas with the usage of control reference data recorded by geodetic method of digital tachymetry.

Key words: DEM, airborne laser scanning, accuracy analysis

Letecké laserové skenování – dokumentace stop člověka v krajině

Martina Faltýnová¹, Petr Nový²

¹České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: martina.faltynova@fsv.cvut.cz

²Středočeské muzeum v Roztokách u Prahy,
Zámek 1, 252 63 Roztoky u Prahy
e-mail: novy@muzeum-roztoky.cz

Abstrakt: Metoda leteckého laserového skenování (LLS) je dnes již běžně používaným zdrojem dat pro krajinou archeologii. Příspěvek ukazuje možnosti využití dat pořizovaných ČÚZK, jejich zpracování a výstupy vhodné k interpretaci na příkladu dvou lokalit. První vyhodnocovanou lokalitou je část tzv. Čertovy brázdy – Moštický dvůr, druhou pak okolí obce Všenory. Z dat poskytnutých ČÚZK byl vytvořen digitální model terénu (DMT). Ten byl poté zobrazen několika metodami – byl vytvořen např. stínovaný reliéf a sklonová mapa. Pro zvýraznění drobných variací terénu byl vytvořen rozdílový DMT a všechny výstupy byly interpretovány s ohledem na další dostupné zdroje.

Klíčová slova: DMT, neinvazivní archeologie, LiDAR, stínovaný reliéf

Úvod

Dříve na poli neinvazivní archeologie hojně a s úspěchem využívaná letecká fotogrammetrie dostala v průběhu posledních let silného pomocníka v podobě leteckého laserového skenování. Letecké snímkování umožnilo získat od doby svého vzniku přehlednou dokumentaci mnoha cenných historických objektů, případně jejich pozůstatků. Jednou z prvních takto dokumentovaných památek byl např. britský Stonehenge. Mnohé cenné objekty byly objeveny jen díky porostovým příznakům zpozorovaným na leteckých snímcích [1]. Avšak použití letecké fotogrammetrie bylo zpravidla omezeno na odlesněné lokality a právě tady se ukázala síla laserového skenování. Letecké laserové skenovací systémy jsou schopné získat data pro tvorbu věrného digitálního modelu terénu (DMT) i v zalesněných lokalitách. Právě v takových oblastech lze nalézt na terénu znatelné pozůstatky lidské činnosti, které nebyly dosud zcela zničeny intenzivní hospodářskou činností, jak tomu bývá na polích. Problematikou zpracování dat leteckého laserového skenování (LLS) a možnostmi zobrazení DMT pro účely vyhledávání těchto pozůstatků se zabývá následující text.

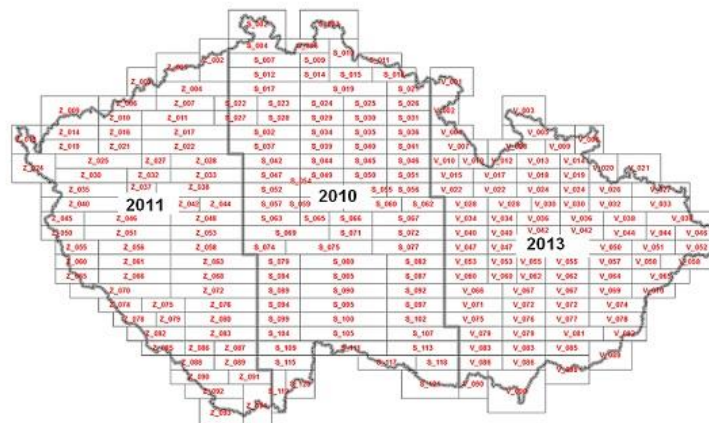
1 Letecké laserové skenování v archeologii

Rozmach technologií během posledních desetiletí umožnil vývoj leteckých skenovacích systémů a jejich široké využití pro mapování rozsáhlých lokalit. Popisu leteckých skenovacích systémů se věnuje již [2] a podrobnosti o jejich složení, popis zpracování dat z těchto systémů a způsob využití těchto dat pro různé aplikace je možné nalézt např. v [3].

Výstupem leteckého laserového skenování (LLS) je mračno bodů, tzn. seznam prostorových souřadnic bodů na skenovaném povrchu, ze kterého jsme schopni filtrací terénních bodů a následné tvorby nejčastěji pravouhlé či nepravidelné trojúhelníkové sítě získat věrný digitální model terénu (DMT). DMT zejména ve formě stínovaného reliéfu (popsán v kap. 1.2) je často využíván v archeologických aplikacích [4], [5]. Zájem archeologů o LLS potvrzuje i vznik specializované publikace [6], která shrnuje základní pojmy a principy LLS, způsoby vizualizace dat LLS, jejich interpretaci a ukázky využití na několika provedených studiích.

1.1 Letecké laserové skenování v ČR

Od roku 2010 do roku 2013 probíhalo metodou leteckého laserového skenování mapování celé České republiky (ČR). Cílem projektu je tvorba věrného a detailního DMT, který má nahradit dosavadní, dnes již nepostačující výškové modely. Projekt je realizován ve spolupráci tří resortů – Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany ČR a Ministerstva zemědělství ČR. Pořizování dat bylo rozloženo do tříletého cyklu s tím, že na každý rok připadalo pořizování dat z 1/3 území. Skenování pásma východ bylo o rok odloženo kvůli technickým problémům.



Obr. 1: Schéma skenování ČR (Mgr. Petr Dušánek)

Parametry skenování byly nastaveny tak, aby hustota bodů ve výsledném mračnu odpovídala 1 bodu/m². Finálními produkty projektu jsou databáze výškopisu ČR: Digitální model reliéfu 4. a 5. generace (DMR 4G, DMR 5G) a Digitální model povrchu 1. generace (DMP 1G). DMR 4G je model ve formě pravidelné mřížky (GRID) 5 x 5 m se střední chybou určení výšky 0,30 m v odkrytém terénu a 1,00 m ve vegetaci pokrytém terénu [7]. DMR 5G je model ve formě uzlových bodů nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) se střední chybou určení výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m ve vegetaci pokrytém terénu [8]. Zpracování modelů má být kompletní do konce roku 2015, prozatím je k dispozici DMR 4G pro celou ČR a DMR 5G pro pásmo Střed a část pásma Západ. Výškové modely mají sloužit především potřebám zúčastněných subjektů státní správy např. k ortogonalizaci leteckých snímků, tvorbě záplavových map a pod. Dalším subjektům jsou dostupné komerční cestou prostřednictvím geoportálu ČÚZK.

1.2 Vizualizace digitálního modelu terénu

DMT vytvořený na základě dat LLS lze využít pro vyhledávání antropogenních tvarů reliéfu, na povrchu terénu zachovaných reliktních lidských aktivit, např. příkopy a valy hradišť, mohylová pohřebiště, zaniklé středověké a novověké vesnice a jejich pluziny, opuštěné těžební areály, rybníky, milíře, polní opevnění atd. [9].

Terénní příznaky bývají nejčastěji zviditelňovány použitím stínování. Stínovaný reliéf simuluje nasvícení prostorového modelu objektu z daného bodu (zpravidla v azimutu 315° a v úhlu 45° nad terénem). Problém tohoto zobrazení spočívá v tom, že objekty orientované souběžně se směrem nasvícení nejsou v obraze zřetelné. Řešením může být tvorba několika obrazů s různým směrem nasvícení, případně kombinace těchto obrazů [10]. Místo stínovaného reliéfu lze použít sklonovou mapu (tzv. *slope image*, rastrový obraz, ve kterém je barva pixelu závislá na míře sklonu terénu v daném místě). Jako další možný způsob zviditelnění menších objektů je v literatuře uváděna tvorba rozdílového DMT, vytvořeného odečtením shlazeného DMT od podrobného DMT [11].

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro použití DTM v archeologii je esenciální jeho věrnost. Věrnost DMT závisí na parametrech skenování (výšce a rychlosti skenování a z toho odvozené hustotě bodů), ročním období, hustotě a druhu vegetace, zpracování dat atd. Ke kvalitě DMT odvozeného z dat LLS

může velmi přispět použití FWF systémů. Možnostmi FWF dat pro odlišení nízké vegetace od terénních bodů se zabývá např. [4] nebo [5].

2 Tvorba DMT a jeho vizualizace na vybraných lokalitách

Pro archeologický průzkum vybraných lokalit jsme použili data LLS pořízená ČÚZK. Data jsme získali ve formě klasifikovaného mračka bodů. Vzhledem k proměnlivému vegetačnímu krytu na lokalitách se značně měnila hustota terénních bodů. V místech některých terénních hran a souběžných úvozů docházelo k chybné klasifikaci bodů – body na horní hraně úvozu byly někdy mylně klasifikovány jako vegetace. Provedli jsme tedy novou klasifikaci pomocí automatických funkcí softwarů LAStools a TerraScan, ale ani tyto funkce nebyly schopny se s problémem lépe vypořádat. V místech s výrazně nižším množstvím terénních bodů jsme se pokusili situaci zlepšit pomocí poloautomatických funkcí pro klasifikaci v softwaru TerraScan. Z klasifikovaných terénních bodů byl poté vytvořen DMT ve formě pravidelného gridu s rozlišením 1m (vyšší rozlišení vzhledem k hustotě pořizovaných dat nemá význam). Filtrace terénních bodů byla provedena v rámci bakalářské práce [12].

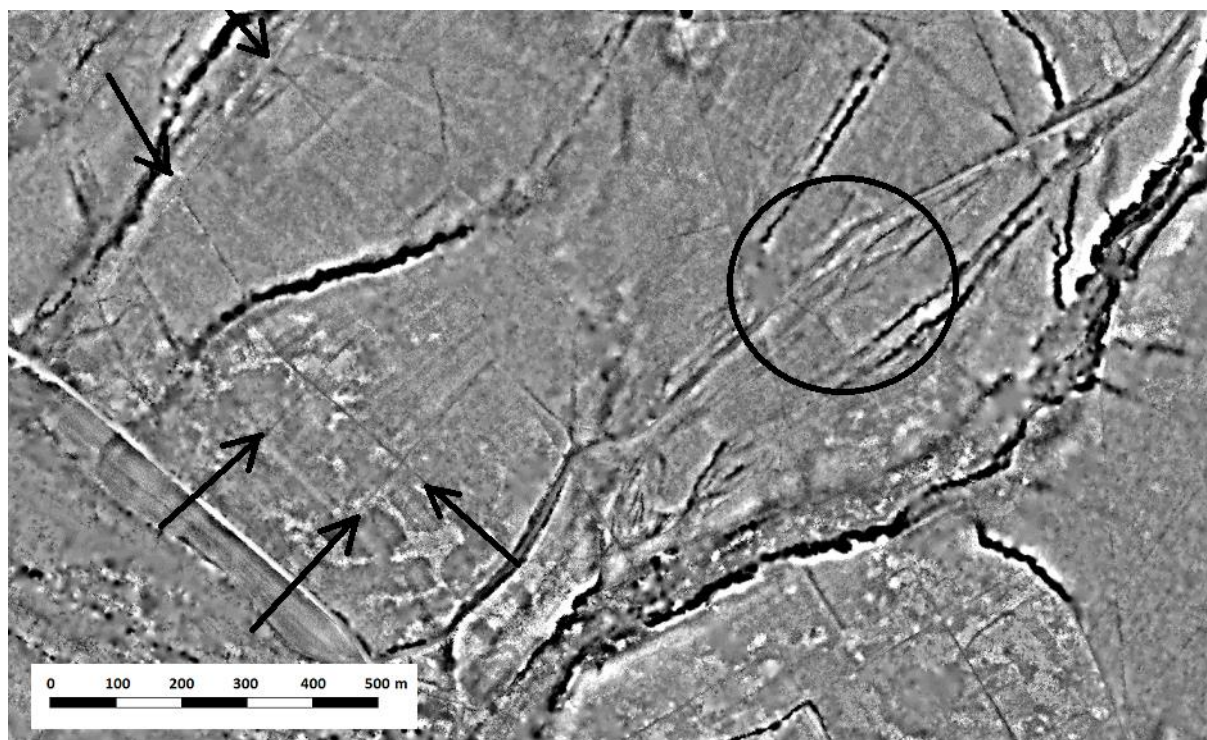
DMT jsme poté zobrazili ve formě stínovaného reliéfu, dále jsme vytvořili tzv. *slope image* a *aspect image*. *Slope image*, neboli sklonová mapa, zobrazuje míru sklonu svahu v odstínech šedi, zatímco *aspect image* zobrazuje orientaci sklonu. Pro zvýraznění malých terénních variací jsme vytvořili rozdílový DMT. Tento lze získat rozdílem mezi originálním DMT a shlazeným DMT. Pro takto vzniklý rozdílový DMT jsme prezentaci formou výškového obrazu.

V praxi se ukazuje, že neexistuje jedno univerzální zobrazení, které by bylo pro archeologickou prospekci nejvhodnější. Při použití stínovaného reliéfu zůstávají skryty objekty paralelní ke směru osvětlení. U stínovaného reliéfu bývá také problém rozeznat drobné struktury skryté v příkrých svazích. Drobné terénní variace je schopen lépe zobrazit pouze rozdílový DMT, ten ale nedává představu o kompletní situaci. Z těchto důvodů jsme k interpretaci získaného DMT použili různá zobrazení. V následujících kapitolách předkládáme výsledky naší analýzy.

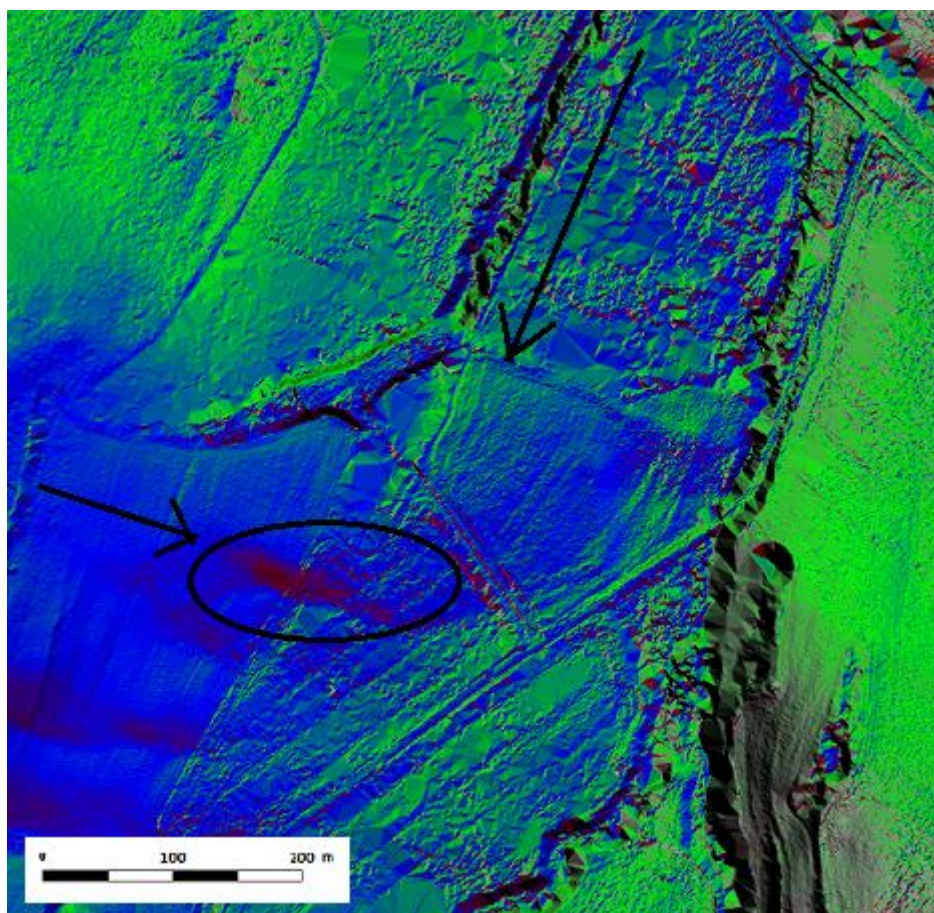
2.1 Moštice

Dvůr Moštice a jeho okolí leží v jižní části trasy legendou opředené tzv. Čertovy brázdy. Soubor terénních útvarů, na základě kterých tato pozdně středověká legenda vznikla, se stal v posledních desetiletích předmětem historického i archeologického výzkumu. V roce 2003 byla formulována teorie o pravěké stezce, jejíž pozůstatky by brázda měla být [13]. Jedním z pilířů této teorie je právě oblast Moštického dvora, respektive terénní útvar nacházející se jižně od tohoto dvora. Uvedená teorie jej interpretuje jako pozůstatek mohutného zářezu staré cesty, jejíž počátky je možné hledat už v mladší době kamenné! V posledních letech je Čertova brázda znovu zkoumána za účelem ověření zmíněných skutečností. Nový terénní průzkum, kombinovaný s archivní a mapovou rešerší brzy pracovně rozdělily celý útvar Čertovy brázdy na tři úseky, charakterizované převažujícími přírodními útvary nebo antropogenní činností. Okolí Moštického dvora spadá do jižní části, která je charakteristická krajinou silně ovlivněnou erozní činností. Porovnání terénní situace se starými i současnými mapovými podklady odhalilo nápadné přírodní prvky domnělého antropogenního útvaru. Nezvykle pravidelný útvar byl nakonec po srovnání s okolními hojnými projevy eroze zkoumán z pohledu kvartérní geologie, která odhalila zajímavé detaily, poukazující na správný směr výzkumu.

Rozborem DMT byly zjištěny důležité terénní detaily, přínosné pro interpretaci terénních reliktních v okolí Moštického dvora. Severně od Moštického potoka byly v podobě sítě pravoúhlých ohrazení zjištěny pozůstatky lesního hospodaření z první poloviny 20. století (viditelné v rozdílovém DMT, obr. 2). Některé jejich části v podobě rovnoběžných linií byly mylně pokládány za část staré cesty procházející tímto územím.



Obr. 2: Rozdílový DMT – hranice hospodářského využívání lesa (šipky), systém úvozů (kruh)



Obr. 3: *Aspect image* – erozní rýha směřující na východ napříč úvozem ze severu

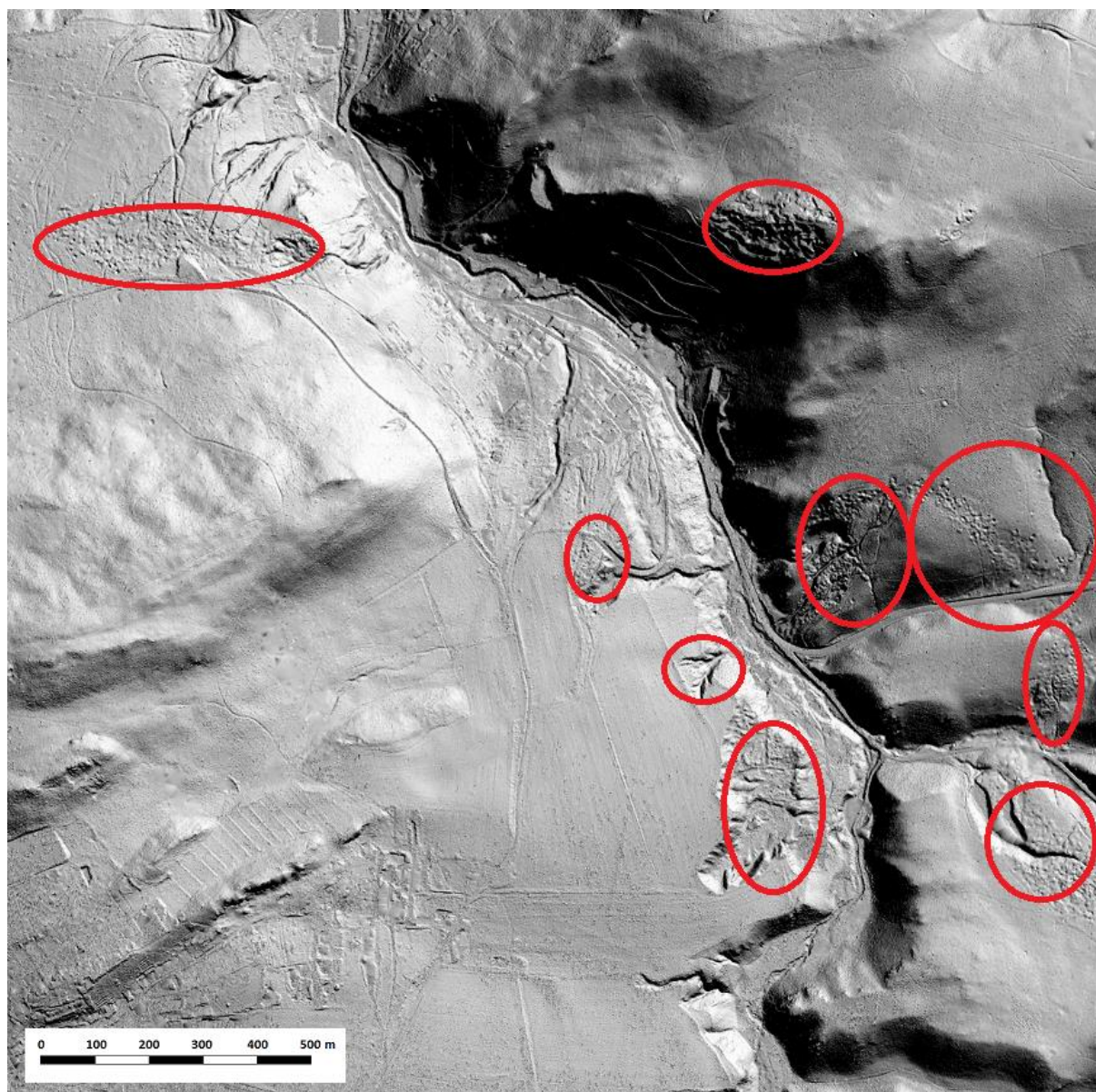
Jihovýchodně od této cesty protéká bezejmenný přítok Moštického potoka, který představuje aktivní erozní prvek krajiny, erozí svého levého břehu vytvářející mohutný zářez do dna údolí. Hlavním tématem této oblasti však byl erozní zářez, nacházející se na opačném břehu Moštického potoka, proti ústí zmíněného bezejmenného přítoku. Porovnáním jeho tvaru na stínovaném modelu naznačilo jeho čistě přírodní původ. V kombinaci s analýzou svažitosti a orientace svahů byla zjištěna zajímavá skutečnost, odhalující vzhled zářezu odpovídající zákresu na mapě II. Vojenského mapování a to včetně jeho dnes již v terénu neviditelných součástí. Tato rekonstrukce původního tvaru a rozsahu terénního zářezu jednoznačně prokazuje geologický původ zářezu, spojený s vodní erozí návrší nad Mělníkem. Jeho hlavní trasa se navíc stáčela k západu, jeho domnělé pokračování k jihu směrem k Mělníku vylučuje zjištěná existence zaniklého erozního útvaru, spojeného s dosud aktivním údolím bezejmenné drobné vodoteče pramenící jižně od Mělníka (obr. 3). Tento erozní útvar, existující ještě v 19. století, byl postupně zemědělskými aktivitami likvidován, jeho hlavní trasa byla ve 20. století využita pro stavbu silnice z Moštic (Benátek) do Mělníka.

2.1 Všenorská cesta a těžba zlata

Obec Všenory, podle které je cesta pojmenována, se nachází na břehu řeky Berounky, v místě jejího soutoku se Všenorským potokem, jihozápadně od Prahy. Hluboké skalnaté údolí potoka se rozvírá až těsně před soutokem s Beroučkou a již z tohoto pohledu se zdá, že je pro vedení středověké cesty naprosto nevhodné. Problematika její lokalizace je dlouhou nekončící diskusí. Ačkoliv písemné prameny naznačovaly průběh důležité cesty údolím, nedostatek známých terénních informací spolu s obecnou představou nevhodnosti takového terénu pro starou cestu zavdaly příčinu trasování cesty po okolních svazích pohoří Hřeben. Do 14. století se písemnými prameny zasazuje zdejší těžební činnost, archeologicky pouze orientačně datovaná zejména do 13. a 14. století. Královna Eliška totiž věnovala zbraslavskému klášteru nedaleký Klínek, v jehož okolí se dolovalo zlato. Pozůstatky dobývání zlata tvoří nepřehlédnutelnou kulisu jak okolí Klínce, tak i Všenor. Samotný název Všenory dle etymologů vychází ze staročeského označení propasti nebo hlubiny. Těžba a její ukončení v okolí obce je klíčovým momentem při interpretaci a datování Všenorské cesty. Nesoulad písemných podkladů a terénní konfigurace okolí Všenor vedl k dalšímu průzkumu.

Na základě dat zpracovaných v rámci bakalářské práce [12] bylo možné si představit terén sledované oblasti. Nejvýraznějším prvkem krajiny je hluboké údolí Všenorského potoka, lemované pozůstatky těžby zlata a těžbou vyvolané eroze (obr. 4). Ve střední části údolí jsou zřetelné pozůstatky staré cesty, sbíhající z jihu do údolí - pozůstatky hledané cesty, směřující od 14. století do prostoru dnešních Všenor. Dle písemného pramene by se severní okraj svazku úvozu, dotýkající se již samotného potoka, mohl nazývat Lipovým dolem. K cestě, která zcela jistě nebyla schůdná po celý rok, existovala vrcholová varianta, probíhající hřebenem Černolických skal. Kdybychom neměli k dispozici písemné prameny, spojovali bychom Všenorskou cestu pravděpodobně pouze s touto trasou. Na základě digitálních dat a terénního průzkumu v souladu s historickými zprávami lze v údolí identifikovat pozůstatky veřejné cesty ze 14. století, a to přímo na jeho úzkém, vodním tokem doprovázeném dně. Analýzou rozdílového DMT lze zjistit i zajímavé detaily – mimo přibližný počet úvozů, jejich počet překročil 15, lze sledovat na jižním okraji svazku úvozů i pozůstatky těžby zlata. Cesta tak v tomto úseku vznikla až po ukončení těžby, která by se dala písemnými prameny ukončit na počátku 14. století.

Počátky dobývání zlata jsou na tomto území dle archeologických nálezů doloženy do starší doby železné. Na základě srovnání s podobnými lokalitami v Čechách (např. Pootaví) bylo možné konstatovat, že tomuto stáří odpovídají sejpy/dobývací jámy na březích potoka. Jejich rozsah byl zdokumentován právě díky zpracování digitálních dat. Tato část tvoří dosud neznámou lokalitu zdejšího dobývání zlata (je pravděpodobné, že jsou tato místa druhotně exploatována i ve středověku). Na DMT je zřetelný také dopad těžby zlata na erozi břehů potoka i svahů údolí v místech těžby.



Obr. 4: Stínovaný reliéf – těžba zlata

Závěr

Díky práci ČÚZK vzniká unikátní soubor dat, který je možné využít nejen pro potřeby státní správy. Dosud nebyl k dispozici tak podrobný a přesný DMT zahrnující celou plochu ČR. Naším cílem bylo ukázat, možnosti tohoto datového souboru pro dokumentaci antropogenní krajiny. Výše uvedené příklady napovídají, že díky dostupným datům bude možné dokumentovat rozsáhlé lokality dosud odhalitelné jedině terénním průzkumem.

Oproti terénnímu průzkumu a ručnímu zakreslení nebo složitějšímu zaměřování reliktních v terénu je tato metoda výhodnější zejména v úspoře času a přesnějším provedení. Možnost rozboru takto rozsáhlého území dovoluje vytvářet hypotézy o komunikačním schématu v oblasti, zahrnujícím jak v písemných listinách zmíněných dálkových cest, místních cest, obslužných cest (těžba zlata a kamene) apod. Význam leteckého laserového skenování a z něj získaného DMT ČR např. pro archeologii ostatně dokládají uvedené zdroje [9], [14], [15].

Vzhledem k limitacím jednotlivých metod zobrazování DMT zůstává nezbytné využití kombinace těchto metod. Ke správné interpretaci objektů odhalených díky leteckému laserovému skenování je

poté třeba komplexní znalost historických pramenů a následné potvrzení hypotéz terénním průzkumem.

Literatura

- [1] KUNA, M. a kol. *Nedestruktivní archeologie*. Academia, str. 556. 2004. ISBN 80-200-1216-8.
- [2] ACKERMANN, F. Airborne laser scanning: present status and future expectations. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54, 2-3 (1999), pp. 64-67.
- [3] VOSSELMAN, G., MAAS, H. G. et al. *Airborne and terrestrial laser scanning*. Dunbeath, Scotland, UK. 2010. ISBN 978-1904445-87-6.
- [4] DONEUS, M. et al. Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. In: *Journal of Archaeological Science*, vol. 35, iss. 4, pp. 882-893. 2008.
- [5] LASAPONARA, R.; COLUZZI, R.; MASINI, N. Flights into the past: full-waveform airborne laser scanning data for archaeological investigation. *Journal of Archaeological Science*, vol. 36, iss. 9, pp. 2061-2070. 2011.
- [6] English Heritage, 2010. *The Light Fantastic – Using Airborne LiDAR in Archaeological Survey*. Dostupné z: <<http://www.english-heritage.org.uk/publications/light-fantastic/light-fantastic.pdf>>.
- [7] BRÁZDIL, K. a kol. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace*. Zememěřický úřad, Pardubice, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, Dobruška, poslední revize 2012. 1-11.
- [8] BRÁZDIL, K. a kol. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace*. Zememěřický úřad, Pardubice, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, Dobruška, poslední revize 2012. 1-12.
- [9] GOJDA, M.; JOHN, J. A KOL. *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*. Plzeň. 2013. ISBN 978-80-261-0194-9.
- [10] DUSANEK, P. *Exploitation of countrywide airborne LIDAR dataset for documentation of historical human activities in countryside*. Geoinformatics [online]. vol. 6, no. 1, pp.91-103. 2011. ISSN 1802-2669. Dostupné z: <http://geoinformatics.fsv.cvut.cz/pdf/geoinformatics-fce-ctu-2011-06.pdf>
- [11] BOFINGER, J.; HESSE, R. *As Far as the Laser Can Reach...Laminar Analysis of LiDAR Detected Structures as a Powerful Instrument for Archaeological Heritage Management in Baden-Württemberg, Germany*. Remote Sensing for Archaeological Heritage Management, EAC, 2010. str. 161-172. ISBN 978-963-9911-20-8. Dostupné z: <http://www.aocarchaeology.com/3D-Scotland/PDF/EAC5_Bofin_14.pdf>.
- [12] PETR, J. *Tvorba digitálního modelu terénu z dat leteckého laserového skenování*. Bakalářská práce. Katedra mapování a kartografie, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, str. 52, 2013.
- [13] BERNAT, J. & ŠĚDRA, M. Čertova brázda, stará severojižní stezka mezi Labem a Sázavou. In: *Lutovský, M. Archeologie ve středních Čechách 7/1*. Praha: Ústav archeologické památkové péče středních Čech, 2003, pp 349–362.
- [14] FALTÝNOVÁ, M.; PAVELKA, K.; NOVÝ, P. Mapping and Visualisation of a Part of Medieval Road – Via Magna. 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, In: *Conference Proceedings volume II*. Sofia: STEF92 Technology Ltd., pp. 633–638. ISSN 13-14-2704. ISBN 978-619-7105-01-8. DOI:10.5593/SGEM2013/BB2.V2/S10.012.
- [15] FALTÝNOVÁ, M.; MATOUŠKOVÁ, E.; ŠVEC, Z. Visualization of Tracks Using Digital Terrain Model and Image Processing Methods. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2014, In: *Conference Proceedings vol. III*. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2014, vol. 3, pp. 405-410. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7105-12-4.

Abstract. Airborne laser scanning (ALS) technology is nowadays commonly used data source for landscape archaeology. This article introduces potential of the dataset acquired by the Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre, its processing and possible outcomes on a case study. Two locations were selected for interpretation – Moštice (part of so called “Devil’s Furrow”) and surroundings of city of Všenory. Digital terrain model (DTM) was derived from ALS dataset and visualized using different approaches (e.g. shaded relief and slope image). Small terrain variations were highlighted by creating smoothed DTM and subtracted it from the original DTM. The outputs were interpreted according to other available sources of information.

Key words: DMT, non-invasive archaeology, LiDAR, shaded relief

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/052/OHK1/1T/11 „Rozvoj progresivních metod geomatiky“.

Autoři děkují ČÚZK za zapůjčení dat, díky kterým mohly být v rámci bakalářské práce vypracovány výstupy použité pro archeologickou prospekci lokalit.

Využití aplikace Google Earth a digitálního modelu terénu pro určení astronomické orientace historických objektů

Karolína Hanzalová¹, Jaroslav Klokočník²

¹České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
karolina.hanzalova@fsv.cvut.cz

²Astronomický ústav AV ČR
Fričova 298, 251 65 Ondřejov
jklokocn@asu.cas.cz

Abstrakt. Družicové snímky jsou velmi užitečné v mnoha vědeckých disciplínách a různých aplikacích. Google Earth je jedním takovým nástrojem, který je volně dostupný. Umožňuje vizualizaci a šíření digitálních dat o povrchu Země a umožňuje nové objevy. Příkladem jsou geoglyfy v peruánské poušti Nasca. Google Earth také pomohl objasnit astronomické orientace historických objektů v Ollantaytambu, Peru. Google Earth umí ušetřit čas a peníze. Díky této aplikaci mohou být vědecké projekty jednodušeji vyřešeny.

Klíčová slova: Google Earth, Ollantaytambo, digitální model terénu

Úvod

Zvyšující se přesnost družicových snímků v aplikaci Google Earth umožňuje nacházet mnoho detailů, na mnoha místech na Zemi, které bychom ani nečekali. Google Earth (GE) umožňuje vizualizaci dat v mnoha oblastech. Příkladem je archeologie. V tomto článku bude popsán příklad využití GE pro archeologické účely. Zabýváme se převážně lokalitami v Peru a Mezoamerice. Využili jsme družicové snímky, abychom přesně identifikovali co je na povrchu, k bližšímu ohledání oblasti. Také byla aplikace využita v přípravné fázi pro rozvržení bodů, které byly na daném místě přímo měřeny během expedice. Pro určení astronomické orientaci objektů v Ollantaytambu umožnil GE velmi jasný přehled o terénu. V hornatých oblastech, jakou oblast Ollantaytambo je, bylo nutné použití digitálního modelu terénu pro určení azimutu východu Slunce v určitém horizontu. V následujícím článku prezentujeme možnosti využití aplikace GE a využití digitálního modelu terénu pro archeoastronomii.

1 Ollantaytambo

Ollantaytambo je velká archeologická lokalita nacházející se asi 30 km jihovýchodně od Machu Picchu (obr. 1). Chrám Slunce (obr. 2) je objektem našeho zájmu. Chrám Slunce je poměrně velký objekt kvádrotvého tvaru s jasnými výstupky v přední části. Tyto výstupky naznačují nějakou sluneční orientaci. Zkoumali jsme tedy, zdali se tu uplatní. O archeologické lokalitě Ollantaytambo bylo již několikrát psáno, například [1], [2] nebo [3]. Kniha od Salazar & Salazar [4] poukazuje na orientaci staveb v Ollantaytambu. V této knize byly pro nás stěžejní informace.

2 Metody

V daném místě byly měřeny a vypočteny astronomické azimuty s různými vyrovnáními. Pokud byly azimuty měřeny přímo na místě, byly měřeny pomocí magnetického kompasu s přesností $\pm 1^\circ$. Tím byly naměřeny magnetické azimuty. K získání astronomického azimutu jsme k tomuto úhlu museli přičíst magnetickou deklinaci. Ta se získá buď přímým měřením v terénu (přesnější varianta), nebo odečtením hodnoty z modelu (dostupné z NOAA [5]). Během našich výpočtů jsme zjistili, že nám chybějí azimuty některých směrů. Tam tedy nedošlo přímo v terénu k měření. Zde velmi dobře pomohl Google Earth (GE). Aplikace GE umožňuje s postačující přesností odečíst azimut daného směru.



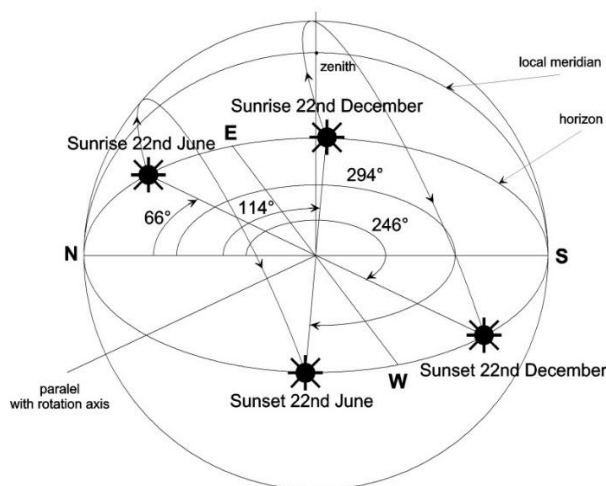
Obr. 1: Ollantaytambo z družicového snímku, bod A značí umístění Chrámu Slunce, © Google Earth



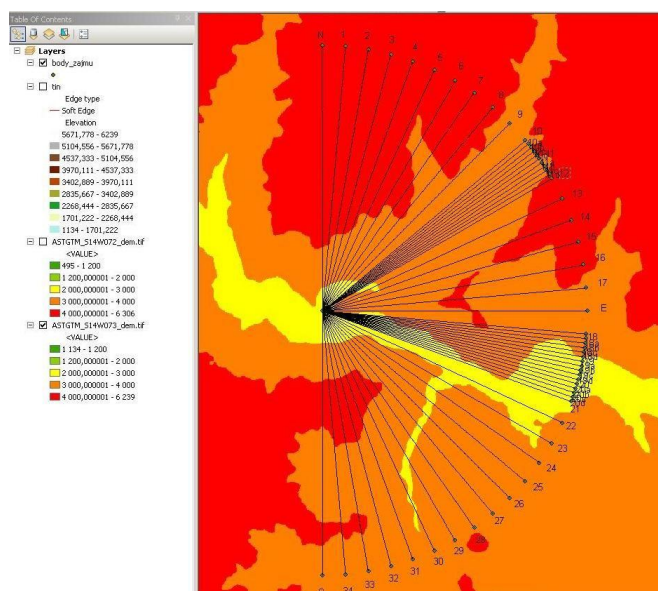
Obr. 2: Vlevo - Chrám Slunce, pohled na jeho hlavní stranu, vpravo Chrám ve směru do údolí

Na obrázku 3 můžeme vidět východy a západy Slunce pro letní a zimní slunovraty pro zeměpisnou šířku dané oblasti. Tyto dny jsou velmi důležité, lépe řečeno byly důležité pro tehdejší obyvatele této oblasti. Podle těchto dní řídili svůj život. Věděli, kdy mají sít a sklízet úrodu.

V oblasti Ollantaytambo jsou vysoké hory. Zde nevidíme východ a západ Slunce v nulovém horizontu, ale musíme počítat s jiným úhlem. Pro tento výpočet je nutné použití digitálního modelu terénu. Pro tuto práci byl použit běžně dostupný celosvětový model ASTER GDEM, dostupný na: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp> [6]. Tento model byl použit pro vytvoření profilů terénu (obr. 4).



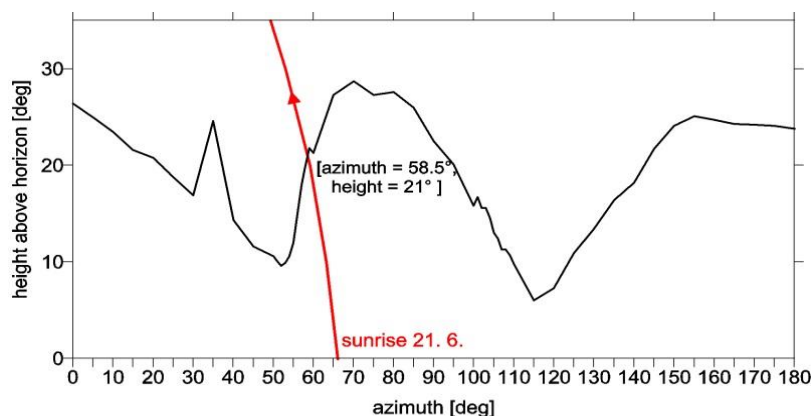
Obr. 3: Astronomické azimuty východu a západu Slunce pro zeměpisnou šířku Cusca.



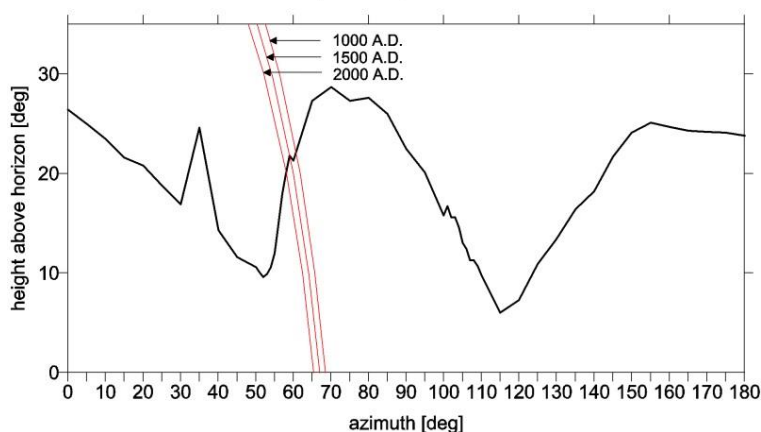
Obr. 4: Profily terénů vytvořené na základě digitálního modelu terénu ASTER GDEM

2 Výsledky

Testovali jsme orientaci hlavní strany Chrámu Slunce (obr. 2). Astronomický azimut hlavní zdi Chrámu Slunce, který byl měřen přímo v terénu během expedice, je 53° . Po použití digitálního modelu terénu jsme z profilů získali astronomický azimut východu Slunce pro zimní slunovrat $58 - 59^\circ$ (obr. 5). Tedy cesta nevede. Dále byly testovány Plejády v epochách 2000, 1500 and 1000 n. l. (obr. 6). Opět bez úspěchu.



Obr. 5: Profil směru v observačním bodě u Chrámu Slunce směrem do údolí. Červená čára ukazuje východ Slunce o zimním slunovratu.



Obr. 6: Červená čára ukazuje cestu Plejád

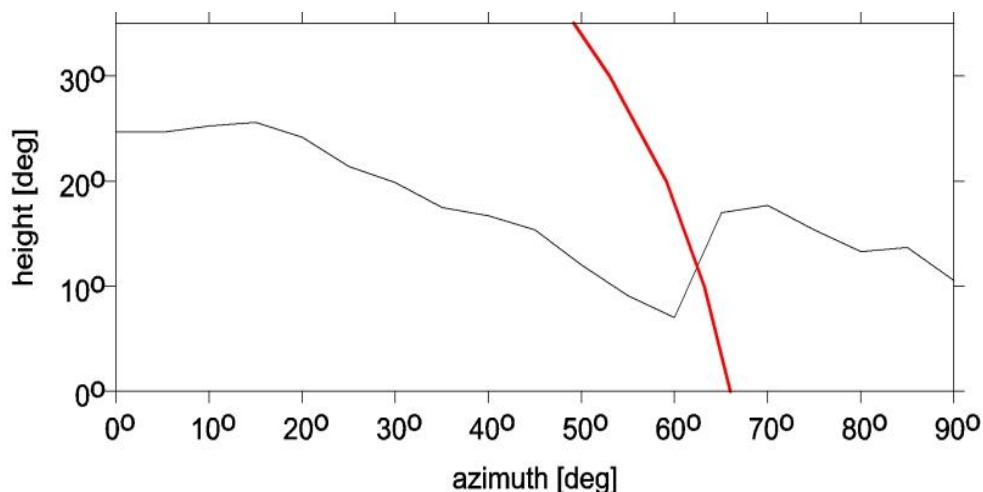
Dále nám velmi pomohla literatura [4]. Zde jsme našli obrázek (obr. 8), který ukazuje východ Slunce o zimním slunovratu. Pozorovací místo tedy nebylo vztaženo k Chrámu Slunce, ale k pyramidě, které jsme si nevšimli a tudíž na ni neproběhla měření. Zde došlo na velmi důležitou úlohu GE. Ze snímku s dobrým rozlišením jsme lehce mohli odečíst s dostatečnou přesností azimuth směru s výchozím bodem P (obr. 1). Tento směr spojuje východní stranu pyramidy s Chrámem Slunce a jde přes údolí směrem ke známé kamenné podobizně Inkovi tváři. Astronomický azimuth tohoto směru je 61.7° , odvozen právě za pomoci GE nástrojů. Tato hodnota byla porovnána s hodnotou vypočtenou z profilů vzniklých z digitálního modelu terénu. Azimut východu Slunce pro zimní slunovrat v tomto směru vyšel $62-63^\circ$ (obr. 9).



Obr. 7: Bod P na rohu pyramidy a linie spojující důležité body: pyramidu, Chrám Slunce a Inkům obličej. © Google Earth



Obr. 8: Pohled na pyramidu během východu Slunce o zimním slunovratu. © Salazar and Salazar 2005.



Obr. 9: Profil terénu z pozorovaného bodu P. Červená linie ukazuje východ Slunce o zimním slunovratu.

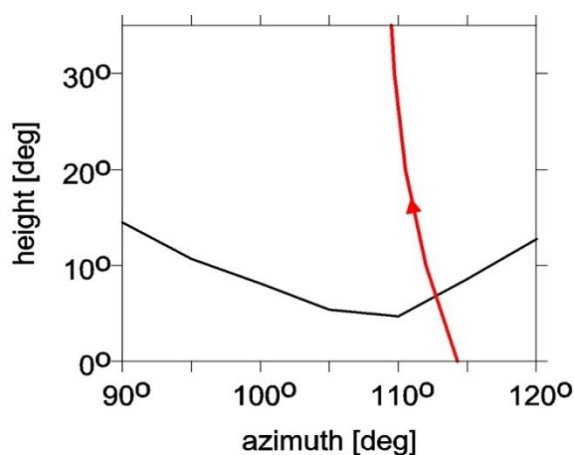
V Salazar a Salazar (2005) jsme také našli spojitost astronomické orientace při letním slunovratu (obr. 10). Stejným způsobem jsme provedli výpočty i pro západní stranu pyramid. Tato linie jde od západní strany pyramidy přes její vrchol a údolí řeky Urubamby k východu Slunce (obr. 11). Tato linie má azimut 111.7° , opět odvozen za pomoci nástroje GE. V porovnání s vypočteným azimutem východu Slunce pro zimní slunovrat 112° (obr. 12), je výsledek excelentní.



Obr. 10: Pohled na pyramidu během východu Slunce o letním slunovratu. © Salazar and Salazar 2005.



Obr. 11: Směr astronomické sluneční orientace o letním slunovratu © Google Earth



Obr. 12: Červená linie ukazuje východ Slunce o letním slunovratu

Závěr

Autoři testovali hypotézu astronomicko-sluneční orientace v Ollantaytambu, Peru. Existuje zde spojení zimního slunovratu s pyramidou u řeky Urubamby, Chrámu Slunce a Inkovi tváře. A během letního slunovratu je pyramida spojena s údolím řeky Urubamby. Tím zde byla demonstrována astronomicko-sluneční orientace. Toto spojení mělo svůj logický původ. Jednalo se o praktické a rituální důvody. Pro tuto práci byla velmi doceněna aplikace Google Earth, která svými družicovými snímky s dobrým rozlišením nahradila měření v terénu a díky tomu mohla být tato práce dovedena do konce. Nemalou roli zde hrál také digitální model terénu, kterého bylo potřeba při výpočtech díky oblasti, která je velmi členitá. Bylo zapotřebí výpočtu azimutu východu Slunce v reálném horizontu, který je dán terénem.

Literatura

- [1] PROTZEN, J. P. *Inca architecture and construction at Ollantaytambo*. Oxford University Press, 1993.
- [2] EDGAR, E. *Cusco and the Sacred Valley of the Incas*. Tankar E.I.R.L. Lima, 2005
- [3] ZAWASKI, M. J., MALVILLE KIM, J. An archaeoastronomical survey of major Inca sites in Peru, In: *Archaeoastronomy*, 29 (2007), 20-38.
- [4] SALAZAR, Elorrieta Fernando E., and SALAZAR, Elorrieta Edgar E, 2005 *Cusco and the Sacred Valley of the Incas*. (German version), Tankar E.I.R.L., Lima, ISBN 978-603-45091-3-9.
- [5] NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER: obtainable on: <http://www.noaa.gov/>
- [6] ASTER GDEM: obtainable on: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp>.

Abstract. We tested possible astronomical orientation of various objects in Ollantaytambo, Peru. We made our own measurements on the spot, using method completely different from previous researchers and we also employed satellite-derived digital model of terrain (DTM). Astronomical azimuths were derived from the magnetic measurements. The azimuths needed for solstices Sun rises/sets were not found. Finally we tested shadows in solstices at the flat pyramid downstairs in Ollantaytambo at the Urubamba river. The DTM was used to reconstruct terrain at the valley and surrounding mountains to account for azimuth change at the sunrise at the bottom of the pyramid. For the winter solstice, the astronomical azimuth of the sunrise above the local horizon should be and actually is 62° , checked by the DTM ($62\text{--}63^\circ$). For the summer solstice sunrise, both ways provide $112^\circ \pm 1^\circ$. Very important role had Google Earth tools. Some azimuths were derived by means of Google Earth. So, we found and demonstrated the astronomical-solar-solstice orientation of the pyramid. The result is open for interpretation by archeologists and historians.

Key words: Google Earth, Ollantaytambo, digital elevation model

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT SGS14/052/OHK1/1T/11 „Rozvoj progresivních metod geomatiky“.

Vliv kuželových kartografických zobrazení na georeferencování

Jakub Havlíček

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: jakub.havlicek@fsv.cvut.cz

Abstrakt. Příspěvek se zabývá vlivem kuželového kartografického zobrazení na georeferencování starých map na různě velká území. V programu MATLAB byl vytvořen zdrojový kód, pomocí kterého jsou vypočítány souřadnicové směrodatné odchylky a maximální odchylky vlivu chybně zvoleného kartografického zobrazení pro kuželové projekce pro afinní a druhou polynomickou transformaci. Takto určené směrodatné souřadnicové odchylky neobsahují chyby ze špatně určených identických bodů, velikost chyby je způsobena pouze špatným určením kartografického zobrazení pro georeferencovanou mapu. V příspěvku jsou vypočítány hodnoty pro georeferencování staré mapy v Ptolemaiově zobrazení (ekvidistantní zobrazení v polednících), které bylo chybně georeferencováno do Albersova zobrazení (ekvivalentní kuželové zobrazení). Výsledky byly zobrazeny graficky pomocí programu ArcGIS.

Klíčová slova: georeferencování, transformace, směrodatná odchylka, ekvidistantní kuželové zobrazení v polednících, ekvivalentní kuželové zobrazení

Úvod

Georeferencování starých map je proces skládající se z celé řady jednotlivých úkonů. Často při digitalizaci map není na georeferencování kladen velký důraz a samotné georeferencování je zatíženo mnoha chybami. Na časté chyby, které vznikají v průběhu georeferencování poukazuje Baiocchi a Lelo [3]. Postup georeferencování starých map popisuje Podobnikar [8] a Molnar, Podobnikar a Timar [9].

V případě, že chceme starou papírovou mapu georeferencovat, musíme ji nejprve naskenovat. Skenování se provádí na velkoplošných kalibrovaných skenerech. Mapa se zpravidla skenuje v rozlišení 400 DPI. Větší rozlišení většinou přináší již pouze zvětšení objemu dat. V případě zvolení menšího rozlišení by hrozila ztráta detailu mapy. V případě rozlišení 400 DPI je velikost jednoho pixelu přibližně 0,06 mm, vzhledem k minimální šířce linie na mapě 0,1 mm je toto rozlišení dostatečné.

Dalším krokem je umístění naskenované mapy do referenčního souřadnicového systému. Tento krok se nazývá georeferencování. O georeferencování mapy se zmiňuje Zlinszky a Molnar [11]. Na naskenované mapě jsou určeny identické body, pro které jsou dostupné souřadnice v daném referenčním souřadnicovém systému. V této práci je rozpracována problematika vlivu kartografického zobrazení na výsledky georeferencování. V praxi to znamená, že máme naskenovanou originální starou mapu v určitém souřadnicovém systému a snažíme se ji pomocí identických bodů transformovat na mapu umístěnou v referenčním souřadnicovém systému. V případě, že souřadnicové systémy použité na obou mapách jsou rozdílné, dochází k ovlivnění výsledků transformace, aniž by byly identické body zatíženy jakýmkoliv chybami z nesprávně určené polohy.

Důležité je získat o skenované mapě co nejvíce informací, zejména jde o použitý referenční souřadnicový systém, včetně všech parametrů kartografického zobrazení. O možnostech určení referenčního souřadnicového systému se více zajímal Tomáš Bayer [1], [2] a také Boutoura a Livieratos [4].

V této práci jsou rozpracovány vlivy kartografického zobrazení na výsledky georeferencování pro kuželová zobrazení pro různě velká území.

Po získání informací o mapovém díle a určení identických bodů je dalším důležitým krokem zvolit typ transformační metody a samotný typ transformace. V praxi se používají dva typy transformačních

metod. První z nich jsou globální transformační metody, pomocí kterých je vypočítán ze všech identických bodů pomocí metody nejmenších čtverců jeden transformační klíč. Tento klíč je aplikován na celou oblast mapy, a proto identické body nemají ve výsledku svoji pozici, neboť v případě nadbytečných identických bodů vznikají určité odchylky na těchto bodech. Druhou používanou skupinou transformačních metod jsou lokální metody. Pro každé místo na mapě je počítán unikátní transformační klíč. Při této metodě mají identické body ve výsledku svoji polohu. Značnou nevýhodou je, že v případě špatně určeného identického bodu nelze tento bod identifikovat a v jeho okolí vzniká velké zkreslení mapy.

Dalším krokem bývá uložení informací o georeferencování. V současné době se používají tři možnosti uložení. První z nich je worldfile soubor, kdy je do pomocného souboru k rastru uložena informace pomocí šesti čísel – velikost pixelu v ose x a y, stočení osy x a y a souřadnice levého horního rohu rastru. Nevýhodou tohoto typu uložení je, že do těchto šesti hodnot lze uložit pouze globální transformační metody, konkrétně transformace shodnostní, podobnostní a afinní. Při použití polynomických transformací vyššího řádu, či lokálních transformačních metod již nelze výsledky uložit do šesti neznámých parametrů. Jinou možností je uložení informace do souboru XML, do kterého se zároveň ukládá informace o referenčním souřadnicovém systému, identické body, typ transformace atd. Tento způsob uložení je, co do využití nejlepší. Bohužel však v současné době neexistuje jednotný XML pro různé geografické informační programy, například společnost ESRI využívá vlastní soubor AUX.XML. Třetí možností je převzorkování georeferencovaného rastru. V tomto případě vznikne nový rastr, který má oproti originálu vždy horší rozlišení, neboť se hodnoty pixelů odvozují pomocí nejrozumnějších metod z okolních pixelů. Nevýhodou této možnosti je ztráta informací o identických bodech. Více o možnostech ukládání výsledků georeferencování je napsáno v literatuře Cajthamla [3], [4].

1 Specifikace vlivu kuželového kartografického zobrazení na georeferencování

Jak již bylo popsáno výše, stěžejním tématem této práce je vliv kartografického zobrazení na výsledky georeferencování. Tento vliv byl zkoumán na následujícím případě - georeferencování mapy v kuželovém ekvidistantním zobrazení v polednicích (Ptolemaiovo) do ekvivalentního zobrazení (Albersovo) pro čtyři různě velké oblasti.

1.1 Kuželové kartografické zobrazení

Nejprve byl zvolen nejčastější případ špatně zvoleného kartografického zobrazení. Velmi staré mapy bývají nejčastěji zobrazeny v Ptolemaiově zobrazení (kuželové ekvidistantní zobrazení v polednicích s jednou nezkreslenou rovnoběžkou). V současné době se nejvíce používá Albersovo zobrazení (ekvivalentní kuželové zobrazení s jednou nezkreslenou rovnoběžkou).

Ptolemaiovo zobrazení (kuželové ekvidistantní zobrazení v polednicích s jednou nezkreslenou rovnoběžkou) téměř pro celý svět je zobrazeno na obr. 1. Matematicky lze zapsat toto zobrazení jako:

$$\begin{aligned} Y &= R \cdot \cotg(U_0) - R \cdot (\cotg(U_0) + U_0 - U) \cdot \cos(\sin(U_0) \cdot (V - V_0)); \\ X &= R \cdot (\cotg(U_0) + U_0 - U) \cdot \sin(\sin(U_0) \cdot (V - V_0)), \end{aligned} \quad (1)$$

kde R je poloměr země, U je zeměpisná šířka, V je zeměpisná délka, V_0 je základní poledník a U_0 je nezkreslená rovnoběžka.

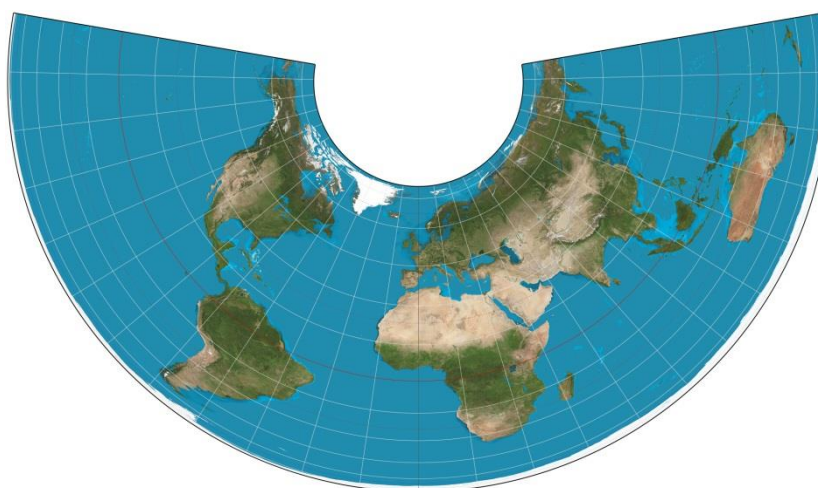
Albersovo zobrazení (kuželové ekvivalentní zobrazení s jednou nezkreslenou rovnoběžkou) téměř pro celý svět je zobrazeno na obr. 2. Matematicky lze zapsat toto zobrazení jako:

$$\begin{aligned} Y &= R \cdot \cotg U_0 - R \cdot \sqrt{\cotg^2 U + 2 - \frac{2 \cdot \sin U}{\sin U_0}} \cdot \cos(\sin U_0 (V - V_0)); \\ X &= R \cdot \sqrt{\cotg^2 U + 2 - \frac{2 \cdot \sin U}{\sin U_0}} \cdot \sin(\sin U_0 (V - V_0)), \end{aligned} \quad (2)$$

kde R je poloměr země, U je zeměpisná šířka, V je zeměpisná délka, V_0 je základní poledník a U_0 je nezkreslená rovnoběžka.



Obr. 1: Ptolemaiovo zobrazení téměř pro celý svět [10]



Obr. 2: Albersovo zobrazení téměř pro celý svět [10]

1.2 Typ transformace

V současné době existuje celá řada geografických informačních programů, která umožňuje různé typy transformací. Jde o transformační metody globální (transformace shodnostní, podobnostní, afinní, polynomická druhého či třetího stupně) a o lokální transformační metody (transformace Thin Plate Spline a IDW). V praxi při georeferencování starých map se nejčastěji používá afinní nebo polynomická transformace druhého stupně. Při zkoumání vlivu kartografického zobrazení na georeferencování byla vždy vytvořena pravidelná síť identických bodů (20 x 39) ve dvou rozdílných zobrazeních. Jedno představuje zobrazení skenované mapy, které je umístěno před georeferencováním pouze v pixelových souřadnicích, a druhé zobrazení referenčního souřadnicového systému, do kterého mapu georeferencujeme. Z důvodu velkého počtu identických bodů byly zvoleny pro výzkum právě afinní a polynomická transformace. Vzorce afinní transformace jsou:

$$x' = ax + by + c; \quad y' = dx + ey + f, \quad (3)$$

Vzorce polynomické transformace druhého stupně jsou:

$$x' = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f; \quad y' = gx^2 + hy^2 + ixy + jx + ky + l. \quad (4)$$

Pro výpočet metodou nejmenších čtverců byla vytvořena matice parciálních derivací transformačních rovnic podle jednotlivých proměnných. Poté byly klasicky vypočítány vyrovnané transformační parametry a střední souřadnicové chyby. Do tabulky byla zaznamenána střední souřadnicová odchylka

transformace, maximální souřadnicová odchylka na identickém bodě a jejich velikosti přepočítané do grafického měřítka mapy.

1.3 Volba zkoumaného území

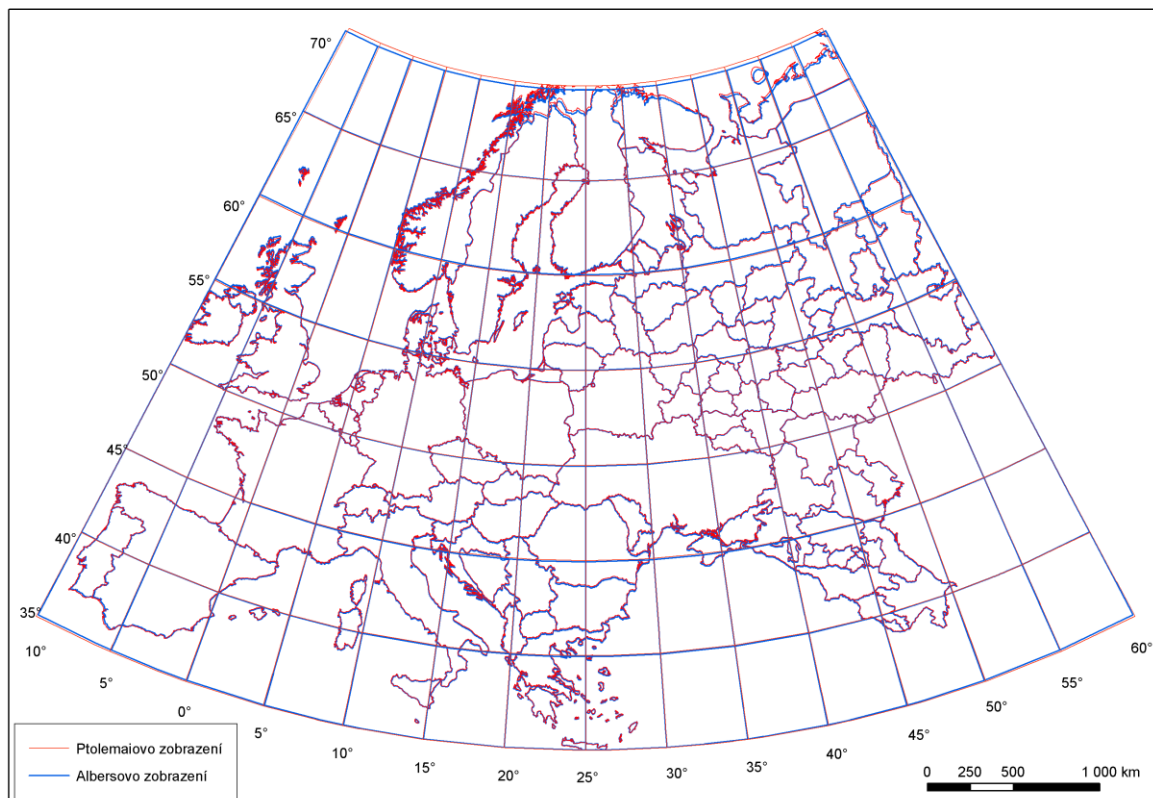
Výzkum se zaměřil na čtyři typy území. Pro všechny byl vždy vypočítán základní poledník, který prochází středem zkoumané oblasti a jedna nezkreslená rovnoběžka. Tato nezkreslená rovnoběžka prochází středem zkoumaného území. Prvním z nich je oblast celé Evropy (jihozápadní bod 10°západní délky a 35°severní šířky a severovýchodní bod 60°východní délky a 70°severní šířky). Druhá zkoumaná oblast je oblast Evropy bez Ruska (jihozápadní bod 10°západní délky a 35°severní šířky a severovýchodní bod 40°východní délky a 60°severní šířky). Třetí z nich je oblast České republiky (jihozápadní bod 12°východní délky a 48°severní šířky a severovýchodní bod 19°východní délky a 51,5°severní šířky). Poslední zkoumaná oblast odpovídá rozlohou kraji ČR (jihozápadní bod 14,5°východní délky a 50,5°severní šířky a severovýchodní bod 15,5°východní délky a 51°severní šířky). Všechny zkoumané oblasti mají tedy plochu, která je definována tak, že rozměr v zeměpisné délce je dvakrát větší než rozměr v zeměpisné šířce. Oblast celé Evropy má rozlohu 70° na 35°. Oblast Evropy bez Ruska má rozlohu 50° na 25°. Oblast České republiky má rozlohu 7° na 3,5°. Oblast kraje má rozlohu 1° na 0,5°. Nezkreslená rovnoběžka vždy prochází středem zájmové oblasti.

2 Výsledky vlivu rozdílného kuželového zobrazení

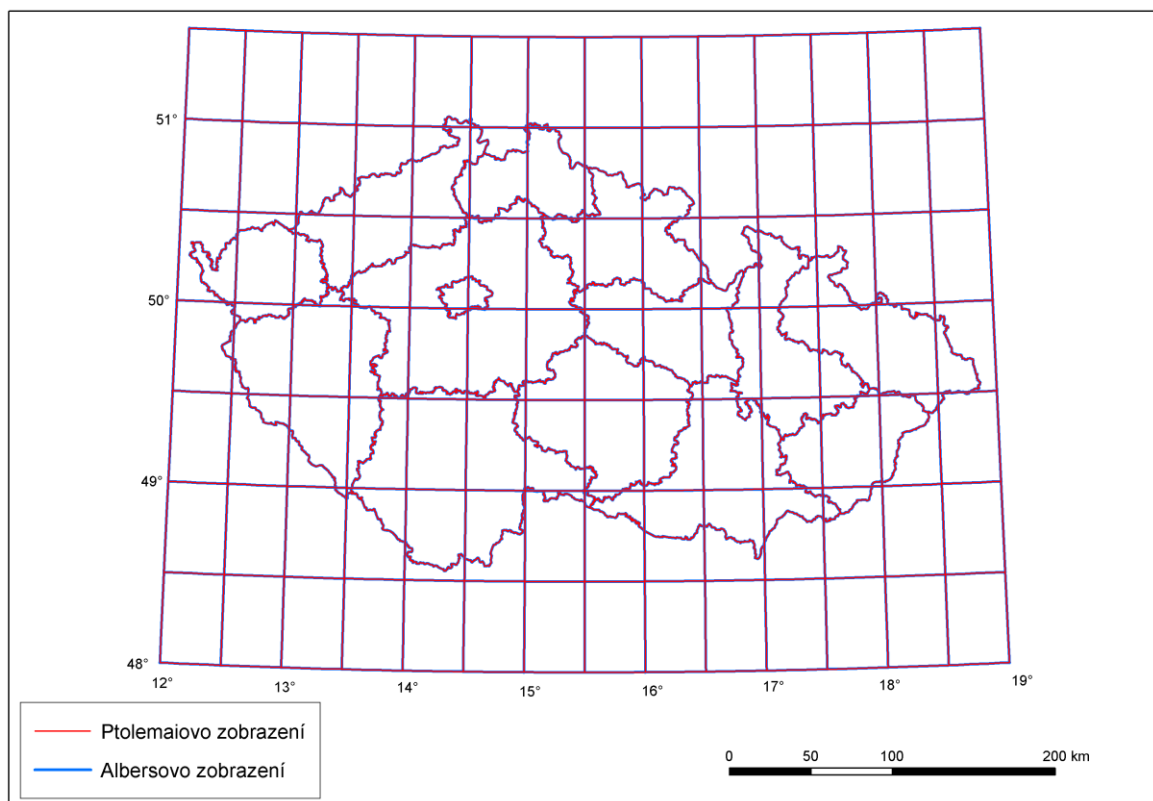
Výsledky byly vypočítány pomocí programu vytvořeného v prostředí MATLAB. Byla zvolena obvyklá velikost papírové mapy 50 na 100 cm. Z těchto hodnot bylo vypočítáno přibližné měřítko mapy – mapa Evropy 1 : 7 750 000, mapa Evropy bez Ruska 1 : 5 500 000, mapa České republiky 1 : 1 500 000 a mapa kraje 1 : 110 000. Pro všechny typy území a různé typy transformace byla zaznamenána velikost střední souřadnicové odchylky transformace a velikost maximální polohové odchylky na identickém bodě. Tyto hodnoty byly dále přepočítány i do velikosti na originální mapě. Obecně platí, že grafická přesnost mapy odpovídá 0,1 mm. Všechny výsledky jsou zaznamenány v tabulce 1 a na obrázcích 3 až 4.

Tab. 1: Výsledky transformace z Ptolemaiova do Albersova zobrazení

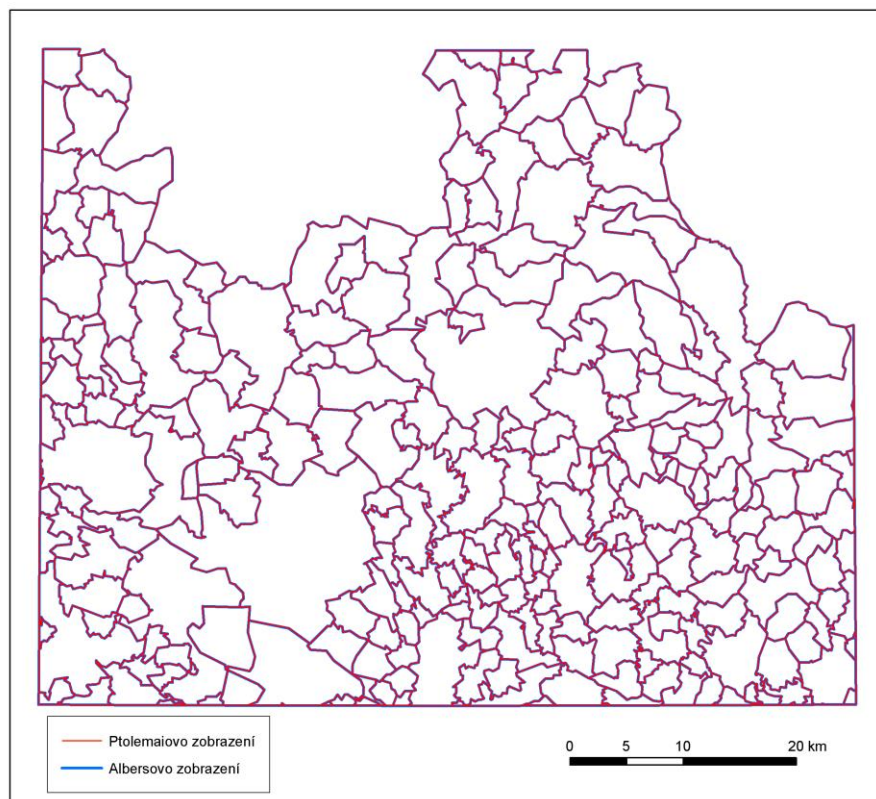
Území	typ transformace	afinní	polynomická 2 st.	
Oblast Evropy	střední souřadnicová odchylka	5,80	4,72	km
	maximální souřadnicová odchylka	23,10	18,21	km
	střední souřadnicová odchylka na mapě	0,75	0,61	mm
	maximální souřadnicová odchylka na mapě	2,97	2,34	mm
Oblast Evropy bez Ruska	střední souřadnicová odchylka	1,66	1,46	km
	maximální souřadnicová odchylka	6,21	4,98	km
	střední souřadnicová odchylka na mapě	0,30	0,26	mm
	maximální souřadnicová odchylka na mapě	1,12	0,90	mm
Oblast ČR	střední souřadnicová odchylka	3,74	3,73	m
	maximální souřadnicová odchylka	11,12	10,45	m
	střední souřadnicová odchylka na mapě	0,00	0,00	mm
	maximální souřadnicová odchylka na mapě	0,01	0,01	mm
Oblast kraje	střední souřadnicová odchylka	0,01	0,01	m
	maximální souřadnicová odchylka	0,03	0,03	m
	střední souřadnicová odchylka na mapě	0,00	0,00	mm
	maximální souřadnicová odchylka na mapě	0,00	0,00	mm



Obr. 3: Afinní transformace z Ptolemaiova do Albersova zobrazení pro oblast Evropy



Obr. 4: Afinní transformace z Ptolemaiova do Albersova zobrazení pro oblast České republiky



Obr. 5: Afinní transformace z Ptolemaiova do Albersova zobrazení pro oblast kraje

Závěr

Byl proveden výpočet, který zjišťuje velikost souřadnicové směrodatné odchylky v případě zaměnění kuželového kartografického zobrazení. Konkrétně se jednalo o vliv Ptolemaiova zobrazení (ekvidistantní kuželové zobrazení v polednících s jednou nezkreslenou rovnoběžkou procházející středem území) a Albersovým zobrazením (ekvivalentní kuželové zobrazení s jednou nezkreslenou rovnoběžkou procházející středem území). Vliv této záměny není příliš velký. U mapy zobrazující celou Evropu dosahuje střední souřadnicová chyba velikosti 5,80 km, při převodu této hodnoty na grafické měřítko pro mapu o rozměru přibližně 100 x 50 cm je grafická nepřesnost 0,75 mm. Pro mapu České republiky je již tento vliv úplně zanedbatelný, tedy menší než 0,1 mm.

Polynomičká transformace druhého stupně umožňuje lépe georeferencovat mapu na špatně určený typ kartografického zobrazení. Výsledné souřadnicové směrodatné odchylky vycházejí přesněji v řádu jednotek procent. Při porovnání vlivu kartografického zobrazení s válcovými projekcemi, kterými se ve své literatuře věnuji společně s Cajthamlem [7], je vliv kuželových projekcí řádově menší.

Literatura

- [1] BAYER, T. Detekce kartografického zobrazení: techniky založené na srovnání množin identických bodů. Praha. In: *Geodetický a kartografický obzor*, 2009. ISSN 0016-7096.
- [2] BAYER, T. *Software: Automatizovaná detekce kartografického zobrazení z množiny bodů s využitím detekce bodových vzorů*. Praha, 2009.
- [3] BAIOCCHI, V. & LELO, K. Accuracy of 1908 high to medium scale cartography of Rome and its surroundings and related georeferencing problems. In: *Acta geodetica et geophysica Hungarica*. 2010. str. 97-104. ISSN 1587-1037.
- [4] BOUTOURA, C. & LIVIERATOS, E. Some fundamentals for the study of the geometry of early maps by comparative methods. In: *E-Perimtron*. Vol. 1, No. 1, 2006, str. 60-70. ISSN 1790-3769.

- [5] CAJTHAML, J. *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. 1. vydání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2012, 172 str. ISBN 978-800-1050-101.
- [6] CAJTHAML, J. *Nové technologie pro zpracování a zpřístupnění starých map*. Praha, 2007. Disertační práce ČVUT v Praze, vedoucí Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.
- [7] HAVLICEK, J. & CAJTHAML, J. The influence of a used reference coordinate system on georeferencing, Riviera, Bulharsko In *5th international conference on cartography and GIS*. 2014, díl 1, s. 130-142. ISSN 1314-0604.
- [8] PODOBNIKAR, T. Historical maps of Ljubljana for GIS applications. In: *Acta geodetica et geophysica Hungarica*. 2010, str. 80-88. ISSN 1587-1037.
- [9] MOLNAR, G. & PODOBNIKAR, T. & TIMAR. Mosaiking the 1:75,000 maps of the third military survey of the Austro-Hungarian empire. In: *Geodetski vestnik: glasilo Zveze geodetov Slovenije*. 2009, str. 459-468. ISSN 0351-0271.
- [10] Wikipedia: Otevřená encyklopedie [online]. 2013. vyd. [cit. 2014-05-11]. Dostupný z: <http://cs.wikipedia.org/> .
- [11] ZLINSZKY, A. & MOLNÁR G.: Georeferencing the first bathymetric maps of lake Balaton, Hungary. In: *Acta geodetica et geophysica Hungarica*. 2009, str. 79-94. ISSN 1607-7938.

Abstract. The article deals with proper choice of cartographic projection when georeferencing old maps and its influence on the results of georeferencing. Georeferencing means establishing spatial location of map in the reference coordinate system in digital form. The research is focused on the influence of georeferencing on standard transformation errors when using two most widely used cone map projections – Ptolemaio's projection and Alber's projection. During the performed tests calculated standard errors are not affected by wrong choice of identical points (imprecision of identical points), but they only depend on the difference of cartographic projection of the map and cartographic projection of the reference coordinate system into which the map is georeferenced. These two most widely used cone projections were used for different size of area.

Key words: georeferencing, transformation, standard error, Ptolemaio's projection, Alber's projection

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/051/OHK1/1T/11 „Užití technologií a vizualizací prostředky geografických informačních systémů v kartografii a geoinformatice“.

Využití obrazové korelace leteckých měřických snímků pro potřeby aktualizace budov v ZABAGED®

Vojtěch Hron

Zeměměřický úřad

Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8

e-mail: vojtech.hron@cuzk.cz

a

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra geomatiky

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

e-mail: vojtech.hron@fsv.cvut.cz

Abstrakt. Český úřad zeměměřický a katastrální (dále již jen ČÚZK) je státní instituce, která pořizuje v pravidelných dvouletých intervalech digitální letecké měřické snímky (DLMS) z celého území České republiky (ČR) z důvodu tvorby bežešvé ortofoto mozaiky. Tato bežešvá ortofoto mapa slouží jako jeden z klíčových zdrojů informací pro pravidelnou aktualizaci Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®). Dlouhodobou snahou ČÚZK je vyhovět požadavkům dnešních uživatelů prostorových dat a nabídnout jim velmi kvalitní data (tzn. přesná, konzistentní a především aktuální). Bohužel, letecké snímky a z nich odvozený mapový produkt jsou využívány pouze v podobě podkladových GIS vrstev při manuální aktualizaci ZABAGED®. Manuální zpracování dat je však extrémně časově náročné a je nemožné ho opakovat se stejnými výsledky díky lidskému faktoru. Do budoucna je tedy nutné použít sofistikované řešení, které bude daný úkol řešit automaticky či alespoň poloautomaticky. DLMS mají obrovský informační potenciál, který nebyl dosud plně využíván. DLMS obsahují polohovou, výškovou a zároveň také spektrální informaci (viditelné i blízké infračervené záření) o nasnímaném území. Dosud byl tento jedinečný zdroj informací využíván pouze částečně, ve zcela oddělených procedurách a odlišnými institucemi. Cílem tohoto příspěvku je přiblížit možnost využití obrazové korelace leteckých měřických snímků pro potřeby aktualizace budov v ZABAGED®. Aktualizace budov (automatická detekce nových a zbouraných budov) bude založena na rozboru digitálních modelů povrchu, vytvořených technikou automatické obrazové korelace DLMS z jednotlivých period snímkování, a jednoduchého spektrálního vyhodnocení.

Klíčová slova: Základní báze geografických dat České republiky, letecké měřické snímky, obrazová korelace, digitální model povrchu, spektrální vyhodnocení

Úvod

ČÚZK spravuje celorepublikové databáze obsahující polohopisné údaje o budovách. Těmito databázemi je katastr nemovitostí (KN) a ZABAGED®. Obě tyto databáze jsou v současnosti vedeny odděleně, protože každá z nich eviduje budovy jiným způsobem a pro jiný účel. KN eviduje právní stav, zatímco ZABAGED® vede fyzicko-geografický stav.

Dlouhodobou snahou ČÚZK je pravidelně aktualizovat a zpřesňovat všechny objekty vedené v ZABAGED®. Aktuálním cílem ČÚZK je přiblížit evidenci budov v této databázi polohové přesnosti digitální katastrální mapy a rozšířit tak možnosti jejího využití. Nový způsob vedení budov v ZABAGED® bude založený na přebírání a verifikaci budov z KN. Přebírané budovy budou případně doplněny o stavby, či části staveb, které v KN vedené nejsou. Tento postup umožní kontrolu stavu KN a odstranění chyb, které se v průběhu času v tomto díle nakumulovaly. Pro tento účel budou využívány i mnohé další zdroje informací (především ortofota a nová výškopisná data). Manuální kontrola a validace milionů budov není z celorepublikového pohledu dost dobře možná. Je tedy nutné použít řešení, které bude daný úkol řešit alespoň poloautomaticky. Detekce (předvýběr) míst, kde se pravděpodobně nachází nová/zaniklá budova, výrazně usnadňuje a zrychluje práci operátorům. První část tohoto příspěvku se věnuje současné podobě evidence budov v ZABAGED®. Druhá část textu je zaměřena na popis technologie pro aktualizaci budov (automatická detekce nových a zbouraných budov). Třetí a čtvrtá část textu pak představuje závěr a výčet použité literatury.

1 Současná podoba evidence budov v ZABAGED®

ZABAGED® je digitální geografický model území České republiky. V současnosti (dle Katalogu objektů ZABAGED®, verze 2.4, ve znění dodatku č. 1, z roku 2013) obsahuje 123 základních typů geografických objektů členěných do osmi tematických kategorií. Polohopisná část ZABAGED® je vedena ve dvourozměrném prostoru (2D) a výškopisná část obsahuje trojrozměrnou reprezentaci (3D) terénního reliéfu v podobě vrstevnic [1].

Budovy jsou zařazeny v kategorii objektů č. 1, která se jmenuje „Sídelní, hospodářské a kulturní objekty“. Tato kategorie obsahuje celkem 31 typů objektů, přičemž některé z nich je možno dále třídit podle specifického kódu. Podrobný popis je k nalezení na internetových stránkách ČÚZK v Katalogu objektů ZABAGED® [2].

ZABAGED® vznikl manuální vektorizací naskenovaných tiskových podkladů Základní mapy České republiky v měřítku 1 : 10 000 (ZM 10). Aktualizace ZABAGED® probíhá kontinuálně od jejího naplnění v roce 2004 především pomocí fotogrammetrických metod a také případného terénního šetření. Při aktualizaci jsou v maximální možné míře využívány letecké měřické snímky. Aktualizace ZABAGED® probíhá prostřednictvím přebírání externích dat (KN, Česká pošta, ČEPS atd.) a také vizuálním porovnáním evidovaného stavu v databázi s nejaktuálnějším (novým) Ortofotem ČR. Toto zpracování je značně náročné a není v silách operátorů postihnout vždy úplně všechny změny. Mnohé nepřesnosti, které se v ZABAGED® vyskytují, jsou způsobené samotným způsobem vzniku databáze, resp. způsobem jejího naplnění a následné aktualizace. Vektorizovaný kartografický podklad, který byl (a stále je) určen pro tiskové měřítko 1 : 10 000, obsahuje generalizované informace (např. zjednodušené tvary budov, odsuny budov od komunikací atd.) a nelze ho zcela srovnávat s Ortofotem ČR, které vyjadřuje zobrazení zemského povrchu přesně a věrně [1].

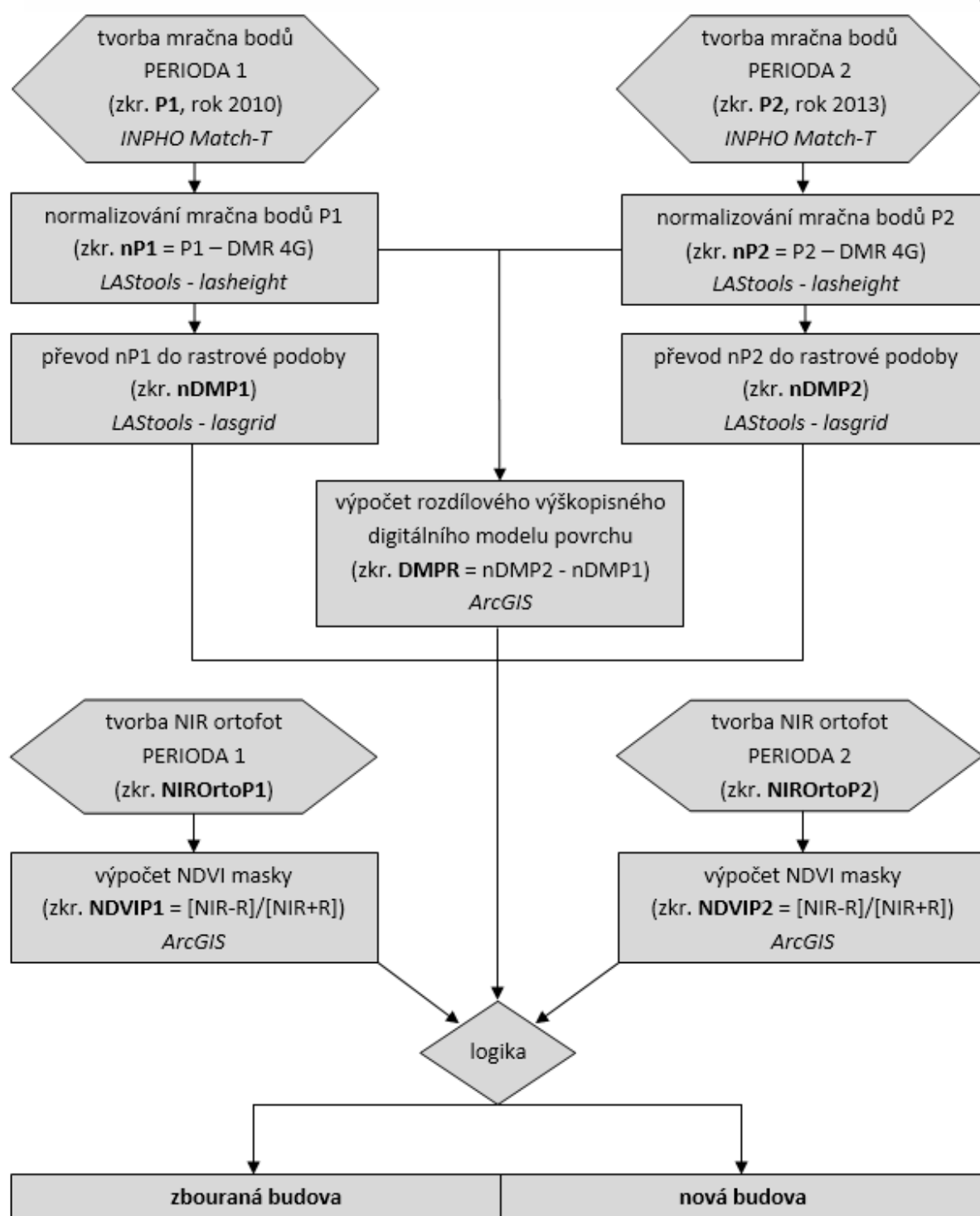
Samotná přesnost Ortofota ČR se v průběhu posledních let také měnila. Do roku 2009 bylo používáno Ortofoto ČR s rozlišením 0,5 m/pixel, kdy reálná přesnost digitalizace nad tímto ortofotem byla cca 1–1,5 m. Od roku 2010 je používáno Ortofoto ČR s rozlišením 0,25 m/pixel, kdy reálná přesnost digitalizace dobře viditelných hran budov je 0,3 – 0,7 m. Výsledkem je, že zobrazení staveb, zejména budov, je v současné době v ZABAGED® realizováno s různou kvalitou přesnosti – se střední souřadnicovou chybou cca 3 m, při vyskytujících se chybách i více než 5 m [3].

Aktuální snahou ČÚZK resp. Zeměměřického úřadu (ZÚ) je tyto chyby a nepřesnosti odstranit a zlepšit tak využitelnost ZABAGED® i pro aplikace, pro které byla její stávající kvalita (polohová přesnost zobrazených objektů) nevyhovující. Jedná se např. o územní plánování, stavební projektování, zakreslení sítí technické infrastruktury atd. Vizí je přiblížit přesnost ZABAGED® z měřítka 1 : 10 000 k měřítku 1 : 5 000. Pro zpřesnění prvků evidovaných v ZABAGED® se počítá s využitím nejmodernějších prostorových dat, které ZÚ vlastní. Jsou to data leteckého laserového skenování (LLS) a DLMS, které obsahují polohovou, výškovou a zároveň také spektrální informaci (viditelné i blízké infračervené záření) o nasnímaném území [3].

2 Technologie detekce nových a zbouraných budov

V této kapitole bude popsána technologie detekce nových a zbouraných budov. Zpracování je založeno na využití leteckých měřických snímků a Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). Následující diagram (obr. 1) zobrazuje postup zpracování, které lze rozdělit do těchto dílčích kroků:

- 1) tvorba mračna bodů,
- 2) normalizování mračna bodů,
- 3) výpočet rozdílového výškopisného digitálního modelu povrchu,
- 4) tvorba NIR ortofot a výpočet NDVI masky,
- 5) vyhodnocení.



Obr. 1: Diagram zpracování

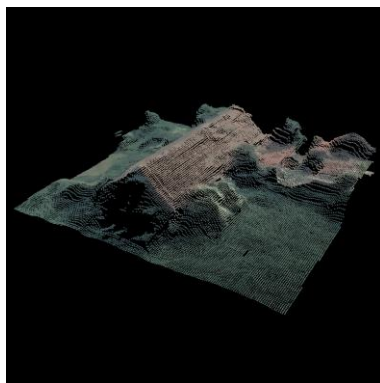
2.1 Tvorba mračna bodů

Tvorba mračna bodů metodou automatické obrazové korelace digitálních leteckých měřických snímků byla provedena v softwaru MATCH-T DSM (dále již jen MATCH-T), který je součástí softwarového balíku ApplicationsMaster od společnosti Inpho. Tato společnost se zaměřuje na produkci programového vybavení pro fotogrammetrii a od roku 2007 je dceřinou společností Trimble.

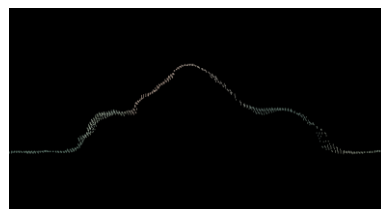
Zpracování dat bylo provedeno na Zeměměřickém odboru Pardubice (ZO Pardubice), který disponuje nejnovější verzí softwaru. Při zpracování dat v softwaru MATCH-T jsou použity letecké snímky se známými prvky vnitřní a vnější orientace (po výpočtu automatické aerotriangulace), přičemž zpracování snímků probíhá po stereodvojicích. Výstupem ze softwaru MATCH-T je mračno bodů reprezentující digitální model povrchu (zkráceně DMP, obr. 3 a obr. 4), které je v poslední verzi softwaru i obarveno dle leteckých snímků (obr. 2).



Obr. 2: Letecký snímek



Obr. 3: 3D pohled na mračno bodů



Obr. 4: Řez mračnem bodů napříč budovou

2.2 Normalizování mračna bodů

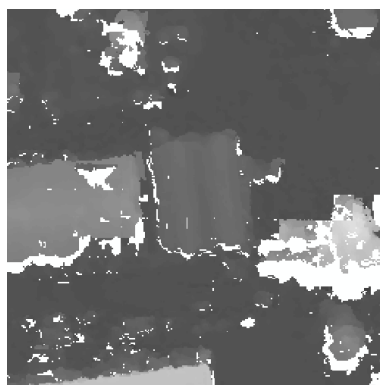
Normalizování mračna bodů je proces, kdy je výška bodů tvořících DMP redukována o výšku digitálního modelu reliéfu (zkráceně DMR). Vznikne tak mračno bodů, u kterého je výška jednotlivých bodů rovna relativní výšce nad terénem.

Na obr. 6 (a obr. 9) se nachází normalizovaný DMP (nDMP) převedený do rastrové podoby, kde odstíny šedé neodpovídají absolutním výškovým hodnotám, ale odpovídají relativním výškám nad zemí. Tento typ vizualizace eliminuje výškovou členitost terénu a dává lepší představu o objektech nacházejících se na zemském povrchu (budovy, vegetace atd.). Pro normalizaci mračna bodů byl použit Digitální model reliéfu České republiky 4. Generace (DMR 4G).

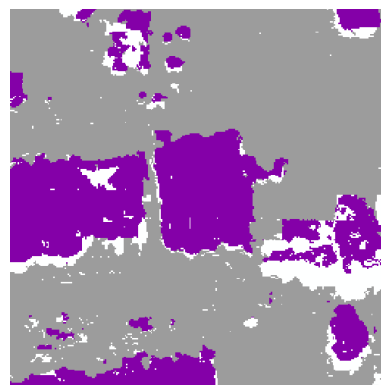
Obr. 7 (a obr. 10) znázorňuje klasifikovaný nDMP v rastrové podobě, kde objekty nacházející se více než dva metry nad zemí jsou zobrazeny fialovou barvou a objekty s nižší výškou jsou šedivou barvou.



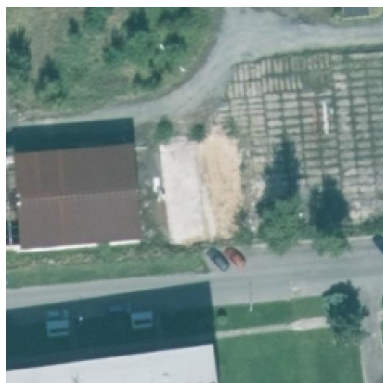
Obr. 5: Ortofoto ČR 2010



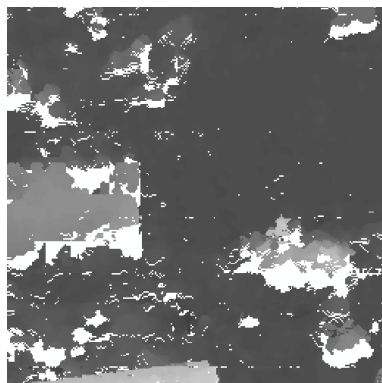
Obr. 6: Normalizovaný digitální model povrchu - nDMP1



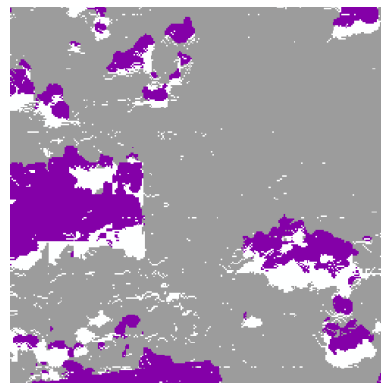
Obr. 7: Klasifikovaný nDMP1 (výška nad terénem: ≤ 2 m, > 2 m)



Obr. 8: Ortofoto ČR 2013



Obr. 9: Normalizovaný
digitální model povrchu -
nDMP2



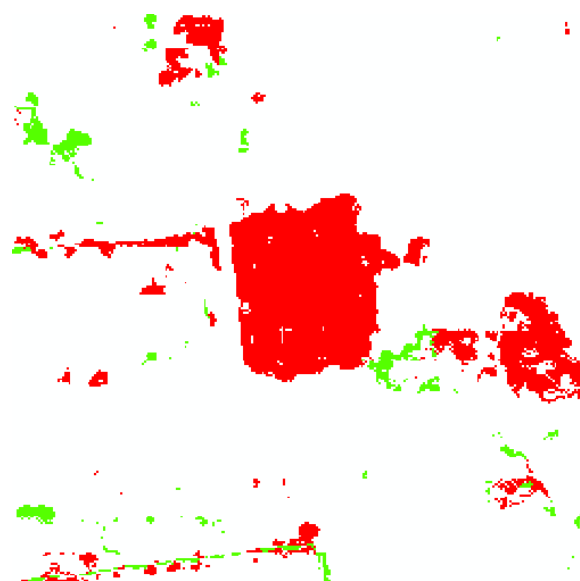
Obr. 10: Klasifikovaný nDMP2
(výška nad terénem:
 $\leq 2 \text{ m}$, $> 2 \text{ m}$)

2.3 Výpočet rozdílového výškopisného digitálního modelu povrchu

Výpočet rozdílového výškopisného digitálního modelu povrchu (DMPR) je proces, kdy jsou od sebe odečteny nDMP ze dvou různých období. V tomto článku odpovídají různá období periodám leteckého snímkování stejné lokality, tedy tříletá (v současnosti již dokonce pouze dvouletá) perioda v případě ZÚ.

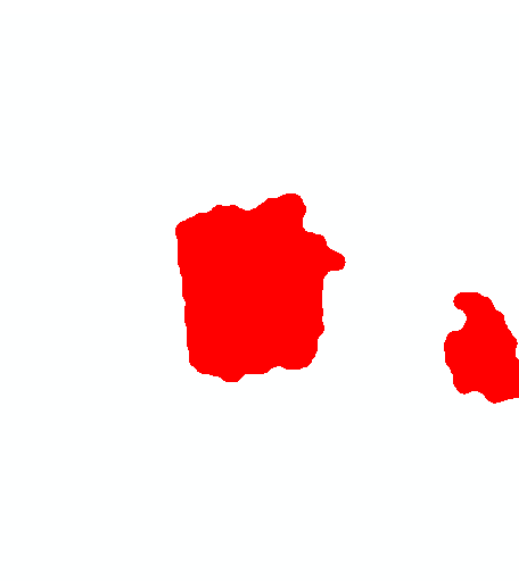
Obr. 11 reprezentuje klasifikovaný DMPR. Výškové rozdíly byly kategorizovány do dvou tříd (viz legenda u obr. 11 a obr. 12), přičemž prahovou hodnotu tvoří výška $\pm 2 \text{ m}$. Výškové rozdíly v rozsahu hodnot -2 m až $+2 \text{ m}$ nejsou vyobrazeny. Prahová hodnota byla stanovena s ohledem na minimální výšku budov (přízemní zástavba má minimální výšku cca $2,5 \text{ m}$) a byla zpřísněna tak, aby byly eliminovány výškové nepřesnosti DMP vytvořeného metodou obrazové korelace, které jsou do $\pm 0,5 \text{ m}$.

Zjednodušený klasifikovaný DMPR je na obr. 12. Zjednodušení spočívá v odfiltrování objektů, které svojí rozlohou nejsou relevantní (mají výměru menší než 20 m^2) a ve vyhlazení obvodové hranice objektů, které je provedeno morfologickým uzavřením a otevřením pomocí kruhového objektu.



Obr. 11: Klasifikovaný rozdílový výškopisný
digitální model povrchu - DMPR

(výškový rozdíl: -2 m a méně, $+2 \text{ m}$ a více)



Obr. 12: DMPR po filtraci a vyhlazení

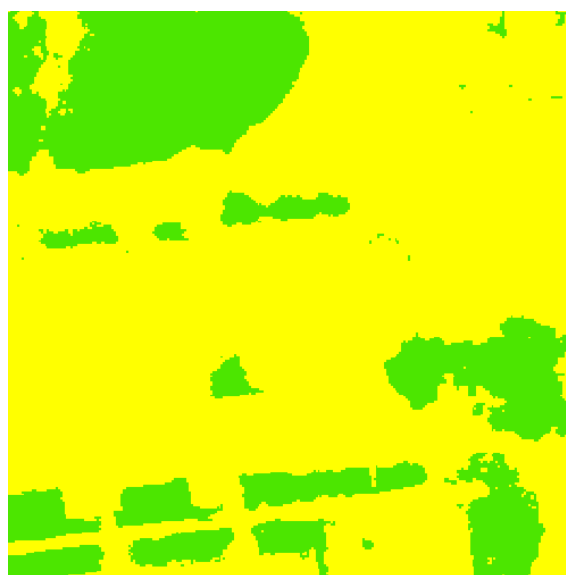
2.4 Tvorba NIR ortofot a výpočet NDVI masky

Tvorba NIR ortofot spočívá ve využití infračerveného kanálu. Od roku 2010 provádí ZÚ letecké snímkování území ČR digitální leteckou měřickou kamerou, kdy jsou současně s leteckými snímky ve viditelném spektru pořizovány i snímky ve spektru blízkého infračerveného záření. Tento blízký infračervený kanál (anglicky near-infrared, zkráceně NIR) je velmi dobrým zdrojem informací o stavu vegetace a je také vhodný pro její odlišení od ostatních objektů.

Na obr. 13 (a obr. 15) se nalézají ortofoto snímky v nepravých barvách. Ortofoto snímky v nepravých barvách vznikly kombinací infračerveného, červeného a zeleného kanálu namísto klasické kombinace červeného, zeleného a modrého kanálu. Tato kombinace kanálů umožňuje jednoduché vizuální odlišení vegetace od ostatních objektů a je také vhodná pro tvorbu masky založené na výpočtu normovaného diferenčního vegetačního indexu (NDVI). Klasifikovaná NDVI maska je na obr. 14 (a obr. 16). Veškeré části snímku, které zachycují zdravou vegetaci/zeleň jsou na obrázcích zachyceny zelenou barvou, zatímco žlutou barvou jsou vyjádřeny všechny ostatní/umělé objekty.



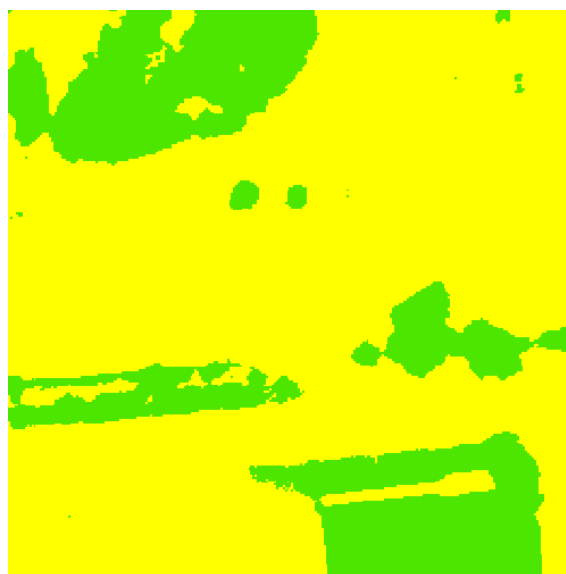
Obr. 13: Ortofoto snímek v nepravých barvách z roku 2010



Obr. 14: Klasifikovaná NDVI maska z roku 2010 (**vegetace/zeleň**, ostatní)



Obr. 15: Ortofoto snímek v nepravých barvách z roku 2013



Obr. 16: Klasifikovaná NDVI maska z roku 2013 (**vegetace/zeleň**, ostatní)

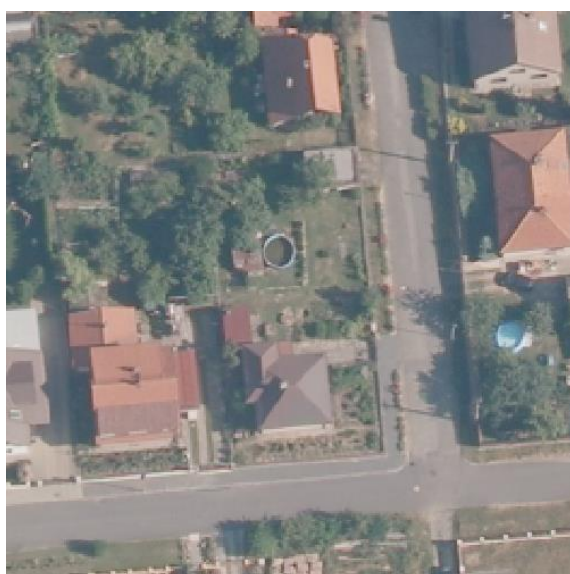
2.5 Vyhodnocení

Předchozí dílčí výsledky (klasifikované nDMP – podkapitola 2.2, klasifikovaný DMPPR – podkapitola 2.3, klasifikované NDVI masky – podkapitola 2.4) vstupují do vyhodnocení, které je založeno na rozhodovací logice. Jedná se o jednoduchou rozhodovací tabulku (tab. 1), která vystihuje případy nových a zbouraných budov, jež mohou v reálném světě nastat. Výsledkem vyhodnocení je rozhodnutí, zda se jedná o novou resp. zbouranou budovu či o jiný případ (v tabulce není uvedeno).

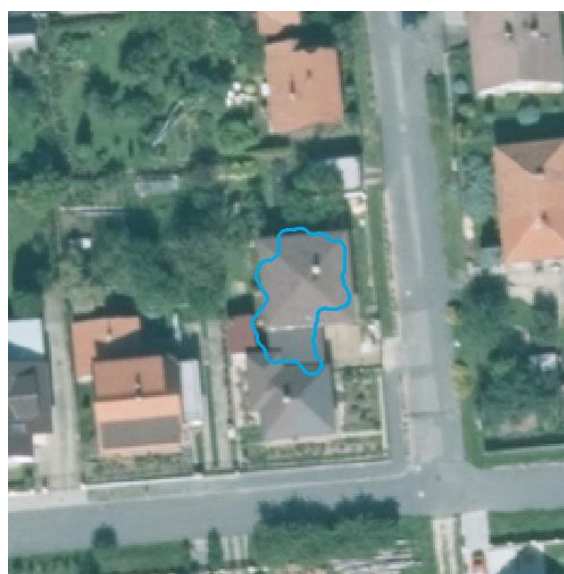
Tab. 1: Logika detekce nových a zbouraných budov pro aktualizaci ZABAGED®

		PERIODA 1 (rok 2010)	PERIODA 2 (rok 2013)
Úbytek výšky (-2 m a méně)			
U.1	nová budova	stromy	budova
U.2	zbouraná budova	budova	neúrodná plocha, umělá plocha
U.3	zbouraná budova	budova	tráva
Přírůstek výšky (+2 m a více)			
P.1	nová budova	tráva, stromy	budova
P.2	nová budova	neúrodná plocha, umělá plocha	budova
Konstantní výška (-2 m až +2 m)			
K.1	nová budova	stromy	budova
pozn. NDVI kladné, NDVI záporné, $NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$			

Následující obr. 17 a obr. 18 dokumentují výslednou podobu detekce nových budov. Na obr. 18 lze vidět, že nová budova byla úspěšně detekována. Vyznačený tvar nové budovy však neodpovídá zcela přesně skutečnému stavu. Obr. 19 a obr. 20 pak zachycují výslednou podobu detekce zbouraných budov. Na obr. 20 je patrné, že tvar zbourané budovy byl určen velmi přesně a věrně. U vytvořené technologie byl proveden prvotní test úspěšnosti detekce nových a zbouraných budov. Bylo zjištěno, že na testovacím území byly detekovány všechny nové i zbourané budovy. 100% úspěšnost detekce nových a zbouraných budov je však vykoupena cca 40 % nadbytečných indikací.



Obr. 17: Ortofoto ČR 2010



Obr. 18: Ortofoto ČR 2013
s vyznačenou novou budovou



Obr. 19: Ortofoto ČR 2010



Obr. 20: Ortofoto ČR 2013
s vyznačenou zbouranou budovou

Závěr

Každý rok je provedeno snímkování jedné poloviny území ČR. Letecké snímky slouží jako jeden z hlavních zdrojů informací pro pravidelné aktualizace mapových produktů ZÚ. Jedním z těchto produktů je i ZABAGED®. Doposud byly letecké snímky využívány pouze pro manuální editaci dat při stereoskopickém pozorování. Případně v podobě Ortofota ČR jako podkladová vrstva v GIS. Současné požadavky na kvalitu prostorových dat (polohovou přesnost a aktuálnost) již však nelze řešit klasickými metodami, které jsou založeny především na manuální práci. Cílem tohoto příspěvku bylo poukázat na potenciál leteckých měřických snímků a představit na nové postupy zpracování tohoto druhu dat. Výše popsaná technologie automatické detekce nových a zbouraných budov pro aktualizaci ZABAGED® představuje pouze jednu z možných oblastí využití leteckých snímků. V současnosti se uvažuje o možnosti využití obrazové korelace jako metody pro aktualizaci současných výškopisných databází. Spektrální, texturální a kontextuální vyhodnocení leteckých snímků představují stále opomíjené techniky, které čekají na svoje širší uplatnění v praxi. Pro využití plného potenciálu leteckých snímků bude zapotřebí spolupráce odborníků na fotogrammetrii, dálkový průzkum Země a také počítačové vidění.

Literatura

- [1] ČÚZK, Geoportál. *Základní báze geografických dat České republiky*. [online]. © 2010 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/%28S%28yj2bzhif3mxyzn45zdy4bj45%29%29/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24
- [2] PRESSOVÁ, J. *Katalog objektů ZABAGED®*. verze 2.4, ve znění dodatku č. 1. Praha: Zeměměřický úřad, 2013, 134 s. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2013.pdf
- [3] HRON, V. *Problematika tvorby vektorových modelů budov*. Praha, 2014. Dostupné z: <https://db.tt/axXApOUG>. Odborná studie. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra geomatiky. Vedoucí práce doc. Ing. Lena Halounová, CSc.

Abstract. The Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre (further only COSMC) is a state institution that acquires every two years digital aerial images (DAI) from the whole territory of the Czech Republic for the purposes of making a seamless orthophoto mosaic. This seamless orthophoto

map is used as one of the key sources of information for regular updates of the Fundamental Base of Geographic Data of the Czech Republic (ZABAGED®). COSMC's long-term effort is to satisfy demands of today's users of spatial data and offer them high quality data (ie. accurate, consistent and especially current). Unfortunately, aerial photographs and derived map products are used only in the form of underlying layers during manual updates of ZABAGED®. Manual interpretation of data is in fact extremely time consuming and it is impossible to repeat it with the same result due to the human factor. It is necessary to use a sophisticated solution for the future that will solve the task automatically or at least semi-automatically. DAI have enormous information potential which has not yet been fully exploited. DAI include position, elevation and also spectral information (visible and near-infrared) about the captured area. Until now, this unique source of information was used only partially, in completely separate procedures and by different institutions. The aim of this paper is to present possibilities of automatic analysis DAI for updating of ZABAGED® with focus on buildings. Update of buildings (automatic detection of new and demolished buildings) will be based on the analysis of digital surface models created by automatic image matching technique from each time period and a simple spectral evaluation.

Key words: Fundamental Base of Geographic Data of the Czech Republic, aerial images, image matching, digital surface model, spectral evaluation

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/050/OHK1/1T/11 „Extrakce informací z dat dálkového průzkumu Země a analýza urbanistického a dopravního vývoje, využití území a procesů pozemkových úprav vybraných lokalit“.

Vývoj přesnosti a úplnosti zakresu cestní sítě napříč topografickými mapami od 19. století do současnosti

Tomáš Janata

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: tomas.janata@fsv.cvut.cz

Abstrakt. Článek přináší sondu do vývoje silničních komunikací a především sítě cest nižších kategorií zobrazených v topografických mapách od počátku 19. století do současnosti. Na vzorku území v pásmu Krušných hor na Mostecku hodnotí přesnost a úplnost jejich zakresu včetně přebírání stavu mezi jednotlivými mapovými díly, mezi něž je zařazeno především III. vojenské mapování, mapy technickohospodářských a vojenských topografických mapování i další z nich odvozené mapy a specializované mapy lesnické. Srovnává současný stav komunikací zaměřený pomocí GPS aparatury se zákresem v soudobém státním mapovém díle.

Klíčová slova: topografická mapa, mapování, cestní síť, Krušné hory

Úvod

Jedním ze stěžejních pilířů topografického obsahu map státních mapových děl v uplynulých dvou stech letech byl zakres sítě komunikací, tj. státních a ostatních silnic (v nejnovějších mapách ovšem také dálnic a silnic pro motorová vozidla), zpevněných účelových komunikací pro lesní či polní mechanizaci a dále více či méně podrobně zpracovaný zakres ostatních komunikací nižších kategorií, tzn. lesních či polních přibližovacích cest, cest mechanizací nesjízdných, stezek a pěšin apod. Právě této poslední kategorii, kterou souhrnně označme cestní síť a která představuje jen úzký segment obsahové náplně topografických map, se věnuje tento článek

1 Topografická mapování od poloviny 19. století

Komunikace se objevovaly v mapách českých zemí v různé formě od pradávna, nicméně až počínaje druhým vojenským mapováním lze zakres cest považovat za dostatečně přesný a důvěryhodný. Nástup industrializace a s ní spojené přeměny krajiny, budování průmyslu a urbanistické změny přinesly také rozsáhlé změny v komunikační síti a potřebu nových cest. To položilo ke konci 19. století základ moderní sítě nejen silnic, ale též cest nižších kategorií [1], byť byla tato síť ještě v mnohém rozvíjena a přebudována ve století dvacátém.

Tuto krajinu přeměněnou industrializací zachycují ve větší míře až mapy III. vojenského mapování, jež započalo roku 1869 a kontinuálně probíhalo v dalších letech. Díky nezbytným obnovám a reambulacím vydržely vydané speciální mapy 1 : 75 000 sloužit státnímu aparátu prakticky až do druhé světové války, méně už se to týká topografických sekcí 1 : 25 000, jejichž pozdější doplnění a reambulované verze vycházely tiskem jen nahodile a mnohdy zůstalo pouze u manuálů, na základě nichž se zakreslovalo až do map nižších měřítek. Jelikož se jednalo o mapy vzniklé novým mapováním, a to poměrně přesnými a striktně danými metodami, představuje toto dílo první souvislé zaměření moderní cestní sítě na našem území.

Prozatímní mapování období první republiky, která přerušila válka a která přinesla ostrovní pokrytí jen zhruba 10 % státního území, byla na počátku 50. let nahrazena zcela novým mapovacím počinem, kdy se podařilo za obdivuhodných méně než pět let (1953–57) zmapovat celé území tehdejšího Československa zcela nově v měřítku 1 : 25 000. Podílela se na něm vojenská geografická služba spolu s civilní službou, která se z ní na počátku mapovacích prací vyčlenila; mapy v gaussovském systému S-52 po pozdějších obměnách, převodu do S-42 a především několika vlnách obnovy sloužily armádě až do devadesátých let 20. století.

Po ukončení mapování v roce 1957 se civilní zeměměřická služba dlouhá léta věnovala mapování celého státního území v měřítku 1 : 10 000, které nebylo až tak důležité vojensky, ale bylo

vyžadováno pro potřeby urbanismu, plánování, statistiky apod. Probíhalo až do roku 1972 a jeho výsledkem byl soubor zcela nových map s velmi podrobným výškopisem a množstvím doplňujících údajů o topografických objektech v mapách jinak běžně zobrazovaných [2].

Posledním aktem nového topografického mapování, které může být využito pro rekonstrukci cestní sítě, bylo technickohospodářské mapování v letech 1961 až 1981, fakticky pozastavené roku 1979 po dokončení pouze části prací.

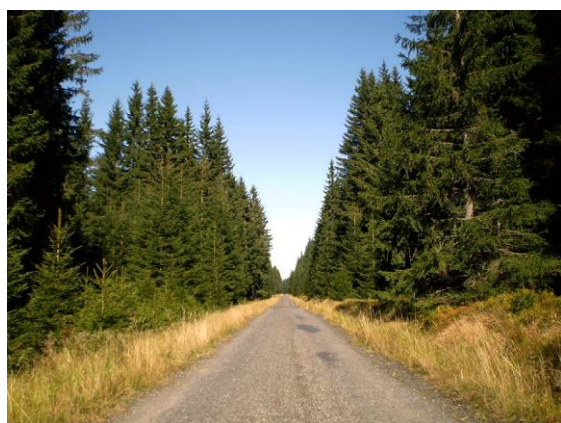
V pozdější době již nikdy veřejná správa nepřistoupila k dalšímu komplexnímu topografickému mapování a armádní i civilní zeměměřické služby se omezovaly na obnovu stávajících map, případně vydávání dalších nových či odvozených mapových děl na základě aktuálních politických nařízení.

2 Exkurz do budování cestní sítě

Vedle silnic, tedy pozemních komunikací tvořících kostru dopravních staveb státu, existují další typy komunikací, na něž není vjezd vozidel běžně povolen anebo nejsou ani pro automobilový provoz určeny.

Existují tři třídy silničních komunikací (doplněné dálnicemi a silnicemi pro motorová vozidla), z nichž nejnižší III. třída představuje „běžné“ silnice bez regionálního či vyššího významu, spojující jednotlivé obce nebo je napojující na silnice vyšších tříd. S výjimkou intravilánů obcí (ulice, účelové komunikace) není zpravidla na ostatní nižší kategorie komunikací dovolen vjezd. Dále existují ještě silnice IV. třídy, což jsou jinak řečeno sjízdné komunikace nezařazené do žádné z vyšších tříd. Vymezení této kategorie je poměrně nejasné a mnohdy tyto silnice svým stavebním pojetím splývají s kategorií lesních cest.

Lesní cesty jsou primárním prostředkem zpřístupnění lesa a v závislosti na jejich pozici v rámci dopravní kostry, nárokům na odvoz dřevní hmoty, terénním podmínkám apod. je rozlišováno pět kategorií lesních cest, vzájemně se lišících šířkou, použitým materiálem, sjízdností a konstrukční návrhovou rychlostí provozu. Přesnou jejich klasifikaci coby dopravních zařízení určuje norma ČSN 73 6108, pro účely tohoto příspěvku není přesná klasifikace stěžejní. Jednotlivé kategorie jsou totiž rozlišeny a zobrazeny téměř výlučně na lesnických mapách; běžné topografické mapy zpravidla evidují zpevněné cesty, případně její šíři. Původních pět kategorií tak v topografických mapách splývá do cest zpevněných (kam by patřily lesnické kategorie cest 1L, 2L1, 2L2 a částečně 3L (srov. obr. 1a), ovšem mohou sem patřit i zpevněné cesty parkové, hřbitovní, lázeňské, příjezdové cesty polní apod.) a cest nezpevněných, kam by patřily lesní cesty přibližovací (3L a 4L) a ostatní polní nebo hospodářské cesty využívané pro občasný provoz.



Obr. 1a, 1b: Lesní komunikace třídy 1L; lesní pěšina

Přestože síť lesních cest existovala již mnohem dříve (tažení dřeva koňskou silou apod.), až s rozvojem automobilů, pojízdných strojů a lesní mechanizace docházelo od 50. let 20. století k přeměně stávající sítě lesních cest – jejich rozšíření, úpravě profilů a vedení v souladu

s hospodářskými lesními potřebami. Také v případě polních cest se jejich síť výrazně změnila právě na počátku 50. let v souvislosti s postupující kolektivizací v zemědělství, scelováním pozemků a obnově hospodaření na ladech vzniklých v poválečných letech.

Mimo výše definované kategorie evidují topografické mapy ještě další typy cest, na nichž se nepředpokládá automobilový provoz a jež zpravidla nevznikly cílenou stavební činností, ovšem tvoří přirozené spojnice sídel a důležitých bodů v lesních prostorech. Některé z těchto cest mohly být dodatečně stavebně upraveny, zejména v době rozvoje turistiky, lázeňství a vlastivědných aktivit v 2. pol. 19. a 1. pol. 20. století. Jsou-li trvalejšího charakteru a širší než pro jednu postavu, označují se zpravidla stezky, na rozdíl od pěšin (obr. 1b), které jsou prakticky jen vyšlapány v terénu (nejčastěji v lesních, ale i skalních či jinak obtížně schůdných oblastech).

3 Mapování a odvozování při tvorbě topografických map

3.1 Zdroje nových dat o průběhu cest

Až do druhé světové války, resp. do počátku 50. let, byly jedinými mapami zobrazujícími podrobně komunikační síť speciální mapy III. vojenského mapování (nepočítáme-li drobná území zmapovaná v 30. letech v Benešově nebo Křovákově zobrazení). Jeho topografické sekce nebyly běžně dostupné a navíc jejich aktualizace již dávno zaostala za udržováním aktuálního stavu u map speciálních, byť ani tady nebyla situace příliš příznivá – obnova map zejména v předválečných letech a během války nedostačovala pokrýt změny, ke kterým v krajině docházelo, zejména vlivem válečných operací a pozdějšího hromadného vysídlení německé menšiny z rozsáhlých pohraničních území.

Mnohem přesnějšího zákresu se tedy topografické objekty v krajině dočkaly na topografických mapách 1 : 25 000, vydaných mezi lety 1953 až 1957. Mapování probíhalo téměř výlučně univerzální fotogrammetrickou metodou vyhodnocováním leteckých měřických snímků. To mělo za následek obdobnou, homogenní kvalitu všeobecného zobrazení stavu cestní sítě na celém státním území, ovšem o rozdílné kvalitě (a úplnosti) mezi lesními plochami a otevřeným terénem. Lesnické mapy prakticky neexistovaly a nebyl k dispozici zdroj, který by umožnil zahustit cestní síť v oblastech skrytých vegetací.

Mnohem příznivější v tomto ohledu bylo mapování v měřítku 1 : 10 000 v následujících letech, kde mimo daleko přesnějšího výškopisu bylo dosaženo podrobnějšího a úplnějšího zákresu cest také díky doměřování v terénu. Toto doměřování probíhalo zejména v oblastech obtížnějšího vyhodnocení výškopisných poměrů na snímcích, tedy v lesních oblastech, v místech roklí, výmolů apod.

Pro potřeby podrobnějších stavebních, projekčních, urbanistických a jiných aktivit bylo od počátku 60. let vytvářeno nové, doposud nejpodrobnější topografické mapování československého státního území, a to technickohospodářské (THM), jehož cílem bylo pokrýt území republiky přesnými a podrobnými mapami. Tyto mapy svým charakterem částečně navazující a vizuálně obdobné již mnohem dříve vydávané Státní mapě odvozené SMO-5, představovaly velmi podrobný podklad (základní měřítko 1 : 2 000, ovšem intravilány a průmyslové oblasti mapovány ve dvojnásobném) a obsahovaly mimo topograficko-katastrální složky také velice podrobný výškopis a další prvky pro technické, hospodářské či speciální účely. Při jejich zpracování bylo dbáno na vysokou přesnost, proto se vedle fotogrammetrické metody rozsáhle uplatňovaly geodetické měřické práce – tachymetrické měření, nivelace apod.; byly určeny i střední souřadnicové chyby podrobných polohových i výškových bodů v řádu centimetrů, nejvýše desítek centimetrů.

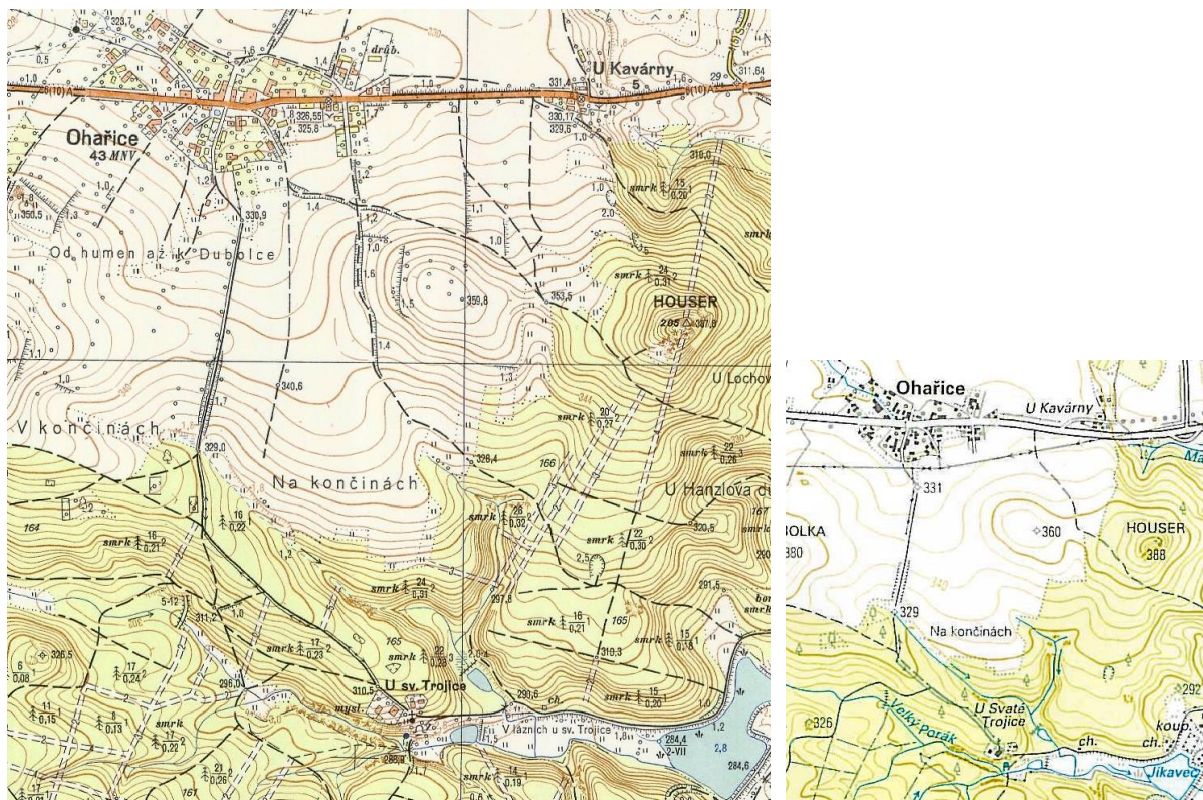
Navzdory projektu mapování nastavenému zhruba do roku 1988 byly práce na THM zastaveny a již na ně nebylo nikdy v žádné formě navázáno – ze státního území tak zůstalo ostrůvkovitě pokryto asi 40 % mapových listů, přičemž lesní komplexy a rozlehlé extravilány zpravidla zmapovány ještě nebyly.

3.2 Stav zobrazení na ostatních topografických mapách

Vlivem usnesení vlády ČSR č. 327/1968 „o používání souřadnicových systémů na území ČSSR“, které dalo de facto vzniknout dualitě státního mapového díla na našem území, musely urychleně zmizet z civilního používání mapy v gaussovských systémech S-42 a S-52 a pro potřeby civilní sféry byly zpravidla grafickou transformací, montáží či obdobnými postupy nahrazovány topografické mapy nově tvořenou řadou tzv. základních map středního měřítka.

Při těchto činnostech docházelo zpravidla spíše k úbytku či zkreslení informací zanesených v původních mapách. Vzhledem k obrovskému vytížení vojenské i civilní zeměměřické služby praktickým naplňováním usnesení z r. 1968 nebylo možné mapy zároveň aktualizovat, a tak jejich přesnost a aktuálnost v 70. letech utrpěla. Nedostatek kapacit se projevil zejména při zpracování stěžejního měřítka 1 : 25 000, v němž mapy pokryly celé státní území až těsně před revolucí a nezbytné pokrytí alespoň větší části státu v tomto měřítku zajistila tzv. Prozatímní základní mapa 1 : 25 000, urychleně na počátku 70. let vytvářená. Poměrně dlouho trvalo převést také nejpodrobnější měřítko 1 : 10 000, zde z pochopitelného důvodu velmi vysokého počtu mapových listů. Jedinou výjimku tvořila vznikající mapa technickohospodářská, kde se zcela nově tvořil polohopis i výškopis, práce však postupovaly (i s ohledem na dříve řečené) pomalu.

Již v průběhu tvorby prvního vydání těchto map začala na počátku 80. let i jejich obnova, což ukazuje na neúměrné vytížení státních kapacit. Jen s obtížemi se dařilo obnovovat mapy vojenské topografické, kdy např. při druhé obnově pětadvacetitisícových map vyšla tiskem nová verze jen u listů zhruba na západ od 15° poledníku, zbytek posloužil jen obnově vyšších měřítek. Odluka civilního státního mapového díla také v podstatě pohřbila celé po léta budované topografické mapování v měřítku 10 tisíc, mapy bez další obnovy brzy zastaraly a v dnešní době jsou zcela mrtvé. Ovšem stále představují cennou základnu informací o cestní síti, již zachytily sice již před půlstoletím, ovšem v nejvyšší a zatím nepřekonané šíři v novodobé historii (odmyslíme-li na příslušných zmapovaných oblastech stav v THM, kde cesty nebyly sice přímým topografickým obsahem těchto map, dají se zde ale dobře rekonstruovat, byť z větší části s rezignací na jejich kategorizaci).



Obr. 2a, 2b: Srovnání podrobnosti zákresu cestní sítě na mapě topografické 1 : 10 000 a základní 1 : 25 000 (70. léta 20. stol., oblast Jičínka)

Třetí obnova topografických map proběhla v letech 1982–89 (tedy v době, kdy se některé listy základních map stále teprve tvořily nebo u nich nejvýše proběhla první etapa aktualizace), ovšem netýkala se již měřítka 25 tisíc. Pozornost byla věnována nižším měřítkům, ovšem dlužno poznamenat, že v měřítku 1 : 50 000 a nižších je již cestní síť silně zredukována a generalizována. Veškerá obnova navíc spočívala v případném novém stereovyhodnocení leteckých snímků, nebylo měřeno v terénu ani nebyl jinak zjišťován nový stav topografie krajiny. Cestní síť se tedy neustále přebírala a docházelo spíše k redukci jejího zákresu (srov. obr. 2a, 2b) než k aktualizaci. Výjimkou byly silnice a důležité průjezdní cesty, u nichž se aktualizovaly i informace o šířce, použitém materiálu povrchu, únosnosti mostů apod. Tyto informace ovšem obsahovaly pouze mapy topografické, do map základních se aktualizace nepromítaly vůbec nebo jen v kusé formě z kyvadlových map a se zpožděním.

Do čtvrté obnovy TM již zasáhla změna poměrů po roce 1989 a nově zaváděné informační systémy, na základě nichž měly být do budoucna mapy státního mapového díla vytvářeny. Až aktualizace již vytvořených databází DMÚ25 a ZABAGED na zač. 21. stol. byly okamžikem, kdy se začala částečně znovu aktualizovat vedle většiny ostatních objektů obsahové náplně také cestní síť v mapách. Informace o silnicích a cestách se přebíraly mimo map také od dalších organizací a správců informačních systémů a byly položeny základy udržitelné aktualizace těchto map.

4 Stav současného zákresu cestní sítě v Základní mapě ČR 1 : 10 000

Z výše řečeného vyplývá, že stav zákresu cestní sítě (především cest zpevněných, lesních a polních, nikoli silnic) v současných základních mapách nejvyššího měřítka 1 : 10 000 resp. příslušná datová základna v databázi ZABAGED, je určitou kombinací zákresu v Základních mapách 1 : 10 000 dle jejich posledního vydání před naplňováním databáze ZABAGED (tedy několikrát odvozeného a transformovaného původního zákresu v topografických mapách z 50. let po jistých drobných aktualizacích), a úprav provedených po roce 2001 v souvislosti s naplňováním databáze ZABAGED z dalších zdrojů, databází, číselníků apod., pokračujících dalšími průběžnými aktualizacemi.

Cestní síť v současnosti tedy i přes periodickou aktualizaci obsahuje části kresby, která má svůj původ v topografických mapách vzniklých terénním mapováním v 50. letech 20. stol., protože toto stále představuje jediné a dosud celostátně nezopakované takto podrobné mapování, které nebylo založeno pouze na vyhodnocování leteckých snímků.

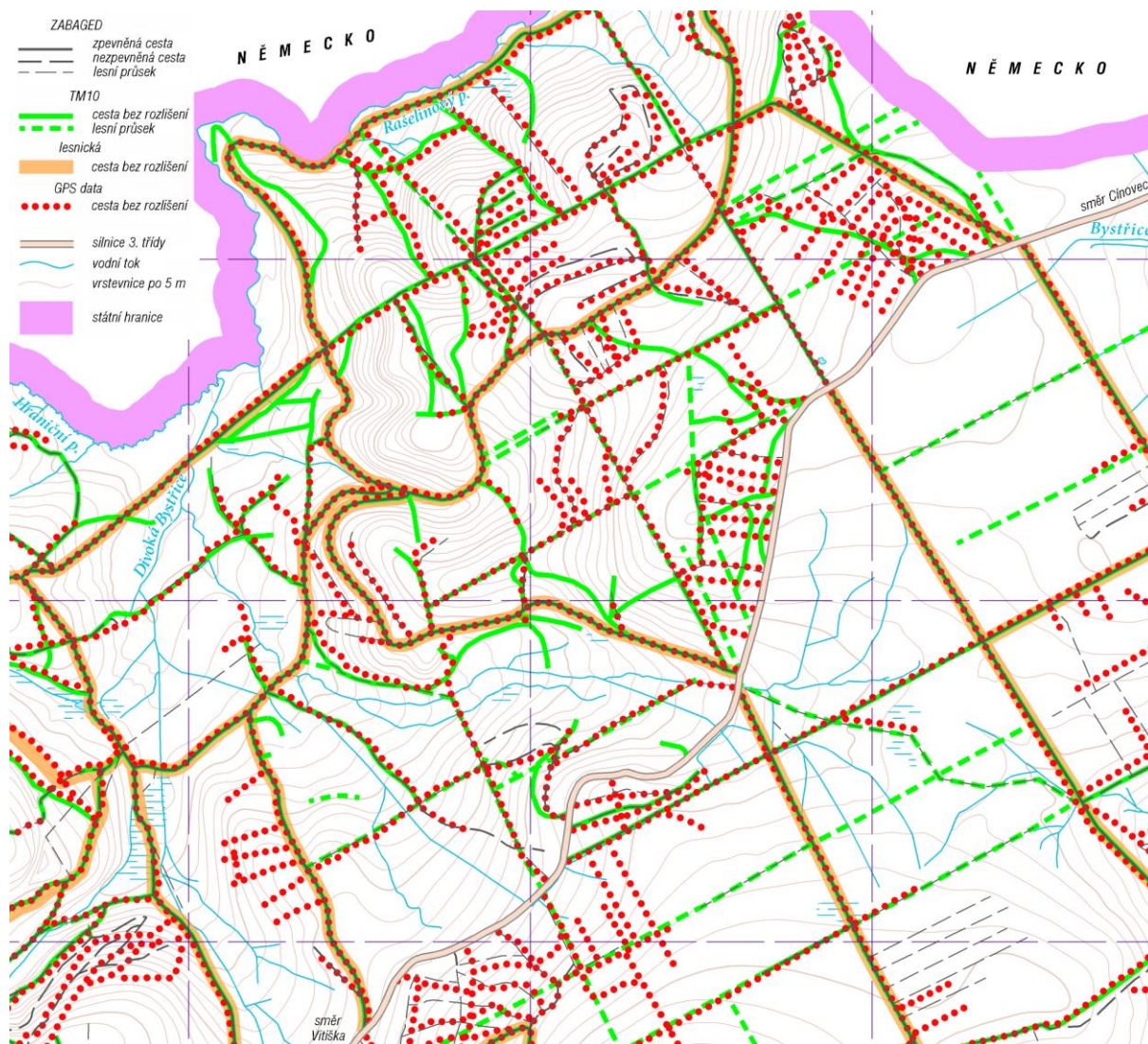
Proto je vhodné srovnat současný stav zákresu cestní sítě v základní mapě 1 : 10 000 právě s posledním vydáním topografické mapy téhož měřítka. Toto porovnání bylo provedeno v příhraniční horské lesní oblasti v okrese Teplice, jihozápadně od osady Cínovec. Pro úplnost je připojen stav lesní cestní sítě dle lesnické dopravní mapy.

Celé srovnání je patrné z obr. 3. Je zřejmé, že skutečné zaměření v terénu odhalilo více cest, než zobrazují jednotlivá srovnávaná mapová díla; silnice nebyly v tomto srovnání uvažovány a neměly by ani na jeho výsledky vliv, protože silnice jsou zobrazeny na všech mapách bez zásadního rozdílu. Největší podíl cest zobrazuje topografická mapa TM10, ovšem zde, pravděpodobně vlivem dlouhého časového úseku od samotného mapování, jsou zobrazeny i cesty, které již v současnosti v terénu identifikovány nebyly. Některé úseky mají také méně přesně zachycen průběh oproti skutečnosti. Poměrně detailně a věrně stav současné cestní sítě zobrazuje ZABAGED resp. RZM10 a lze říci, že se zde jedná a stěžejní kostru sítě, kdy chybějí pouze méně významné spojovací nebo neukončené cesty. Naopak jako jediný zdroj uvádí (byť ne kompletně) i drobné stezky nebo pěšiny, v terénu identifikované.

Poměrně s podivem je pouze kusý stav cestní sítě na lesnické dopravní mapě, kdy se jedná o pouhý zlomek kompletního stavu. Pravděpodobným vysvětlením je nevyužívání těchto cest pro přibližování lesní techniky nebo těžbu, byť minimálně některé z nich jsou průjezdné i osobním automobilem. Naopak – i tento zdroj uvádí vybrané cesty, nezobrazené v žádném jiném mapovém díle. Lesní dopravní mapa nicméně není mapou topografickou, ale specializovaným případem technické mapy. Nejhuře z celého srovnání tak vycházejí současné vojenské topografické mapy (RETM25), které samozřejmě s ohledem na nižší měřítko zobrazují cestní síť v omezeném rozsahu, ovšem faktem je, že tento nedosahuje rozsahu Základní mapy 1 : 25 000, tedy odvozené mapy téhož měřítka, ovšem ani stavu, který byl v topografické mapě daného měřítka obsažen v době jejího vzniku, tedy v 60.–70.

letech 20. stol. Tyto mapy však již zastarávají, protože byly vyňaty z civilního používání, a srovnání se zcela současnou TM25 z aktuální produkce Armády ČR nebylo pro účely tohoto článku možné.

Další složitost do srovnání vnáší také fakt, že jak RZM10, tak TM10 zobrazují také lesní průseky, přičemž v různých lokalitách jsou jednotlivé průseky/cesty identifikovány různě. Obr. 3 tak uvádí i lesní průseky převzaté ze ZABAGED (RZM10), přičemž jim v mnoha případech v TM10 odpovídají lesní cesty a naopak. Důkladný průzkum rozdílů mezi lesním průsekem a cestou a korektní rozhodování v terénu, co je ještě průsekem a co již cestou, přesahuje rámec tohoto článku, je ovšem zřejmé, že mnohdy dochází k postupné přeměně jednoho typu v druhý.



Obr. 3: Srovnávací zakres cestní sítě – oblast Vitiška, jz. od osady Cínovec (okr. Teplice)

Pozn.: v mapě jsou cesty a lesní průseky převzaté z TM10 a prokazatelně odpovídající příslušným cestám či průsekům v RZM10 slícovány na současný stav, stejně tak pro lesnické mapy. Toto se však netýká dat z měření v terénu. Tato GPS data představují všechny v terénu rozpoznané schůdné cesty, tj. v mnoha případech i lesní průseky.

Závěr

Síť komunikací od silnic a dálnic po lesní cesty a drobné pěšiny byla vždy důležitou složkou obsahové náplně topografických map. Přesnost, a především úplnost (či alespoň homogenita této úplnosti v rámci mapy) cestní sítě však v průběhu mapování posledních dvou set let byla, a do jisté míry stále

je, diskutabilní a ne zcela objektivně podchycená. Do značné míry to souvisí s charakterem cest, jelikož ty nejnižší kategorie cest bez výrazných stavebních zásahů mají tendenci bez pravidelné údržby a pojíždění časem zarůstat a ztrácet se. Mění se také potřeby těžebních zásahů v lesích s ohledem např. na orkány, škůdce apod. Stezky vytváří a v čase proměňuje také člověk svou turistickou či cykloturistickou činností.

Ačkoli byly v souvislosti s rozvojem databáze ZABAGED mapy aktualizovány pomocí dat z databází externích zdrojů (např. Lesů ČR), přesto zůstává velká část zobrazené cestní sítě poplatná stavu jejího mapování v minulosti i se svými případnými chybami a nepřesnostmi. Pro podrobné studium cest v lesních nebo jinak obtížněji přístupných terénech tak paradoxně tyto staré topografické mapy měřítka 1 : 10 000 představují minimálně stejně cenný zdroj poznatků jako současné mapy RZM10, rastrové ekvivalenty posledních verzí topografických map či Státní mapy 1 : 5000.

V porovnání se skutečností v mapách státního mapového díla stále mnohé cesty jejich uživatelé nenaleznou. A nelze jednoznačně říci, že chybějí např. všechny přibližovací lesní cesty čtvrté kategorie apod. – mapy spíše zobrazují cesty výběrově, ovšem bez udaného klíče k provedení výběru. Státní mapové dílo v tomto ohledu zaostává jednak za lesnickými mapami, ale i za některými komerčně vytvářenými databázemi, na základě nichž vycházejí např. turistické mapy, a ze zřejmých důvodů pak za mapami pro orientační běh, které v z důvodu vysokých nároků na topografickou přesnost a schopnost závodníků se v terénu orientovat zpravidla zobrazují naprosto detailní a kompletní průběh cestní sítě v celé své šíři kategorií. Protože je těmito mapami pokryto poměrně velké procento území ČR (zejména ovšem lesní komplexy a řidčeji obydlené oblasti), mohly by v budoucnosti také být zařazeny mezi podklady pro aktualizaci (mimo jiné) cestní sítě v ZABAGED a tedy i v Základních mapách ČR.

Literatura

- [1] Beneš, J. Lesní dopravní síť. In: *Hanák, K. et al. Zpřístupňování lesa – Vybrané statě I.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno, 2002.
- [2] Mikšovský, M., Šídlo, B. *Topografické mapování našeho území ve 20. století.* Geodetický a kartografický obzor, 47, č. 8–9. Praha, 2001.
- [3] Kostecký, J., Dušátko, D. *Geodetické referenční systémy v České republice: Vývoj od klasických ke geocentrickým souřadnicovým systémům.* Zdiby, 1999.
- [4] Zub, D. *Zhodnocení kvality lesní cestní sítě v geografických databázích ČR.* Nepubl. bakalářská práce, PřF Karlovy univerzity. Praha, 2013.
- [5] Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška. *Katalog topografických objektů.* Verze 5. Dobruška, 2006.

Abstract. The article presents a probe into development of roads and primarily network of lower category paths shown in topographic maps from the early 19th century to the present. Using a sample in the area of the Ore Mountains (Krušné hory) in the northern Bohemia, it evaluates the accuracy and completeness of their plot, including taking over their state between particular map works, which includes 3rd Military Mapping, maps of technic-economical and topographic mappings and other derived maps as well as specialized forestry maps. The article compares the current state of communications localized using the GPS device with plot in the contemporary state map series.

Key words: topographic map, mapping, path network, Ore Mountains

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/051/OHK1/1T/11 „Užití technologií a vizualizací prostředky GIS v kartografii a geoinformatice“.

Využití dat leteckého laserového skenování k detekci agrárních forem reliéfu v Krkonoších

Lucie Jebavá¹, Lucie Kupková², Jakub Lysák³

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Albertov 6, 128 43 Praha 2

e-mail: ¹lucie.je@wo.cz, ²lucie.kupkova@gmail.com, ³lysak@natur.cuni.cz

Abstrakt. Práce se zabývá možnostmi využití dat leteckého laserového skenování k detekci agrárních forem reliéfu v Krkonoších. Hlavní metodou výzkumu je analýza digitálního modelu terénu a povrchu v oblasti Krkonoš v softwaru ArcGIS 10.0. Analýza je založena na specifických funkcích v softwaru ArcGIS (Slope, Curvature), a dále byla využita kombinace rastrů stínovaného reliéfu, což vedlo k detekci dalších agrárních tvarů. Pro ověření přesnosti detekce agrárních tvarů byla provedena následná terénní verifikace. S ohledem na výsledky terénního průzkumu a hodnocení přesnosti mohou být výsledky označeny jako velmi uspokojivé. Správa Krkonošského národního parku může výstupy výzkumu využít pro kvantifikaci agrárních tvarů, k jejich ochraně, případně dalšímu výzkumu a managementu.

Klíčová slova: letecké laserové skenování, agrární formy reliéfu, antropogenní geomorfologie

Úvod

V dnešní době patří mezi nejmodernější způsoby získávání prostorových dat letecké laserové skenování (LLS). Takto získaná data, dále přetvořená na digitální model terénu se využívají v mnoha oborech lidské činnosti např. lesnictví, mapování povrchových vod, glaciologii apod.

Hlavní motivací pro vznik této práce byla výzkumná otázka, zda je možné data leteckého laserového skenování využít k automatické detekci agrárních forem reliéfu. Jedná se o antropogenní tvary vytvořené postupným shromažďováním kamení vysbíraného z polí a luk na hromady – haldy, nebo do dlouhých útvarů, které se nazývají valy či terasy. Tyto tvary tvoří v krajině důležité prvky krajinně-ekologického významu, protože jsou útočištěm mnoha druhů rostlin i živočichů. Z toho důvodu jsou chráněny Zákonem o ochraně přírody a krajiny, a proto je důležitá jejich inventarizace případně další management.

Cílem této práce bylo navrhnout metodický postup pro detekci těchto tvarů z dat LLS, ověření přesnosti jeho výsledků a vytvoření map s detekovanými agrárními tvary.

1 Data

Zdrojová data pro vytvoření digitálního modelu reliéfu a digitálního modelu povrchu byla pořízena v rámci lokálního snímání území Krkonošského národního parku společností GEODIS, které proběhlo v první polovině roku 2013. Výzkum byl součástí projektu KRKONOŠE v INSPIRE – společný GIS pro ochranu přírody, který je podpořen z Operačního programu Přeshraniční spolupráce ČR-PR 2007–2013.

Průměrná hustota bodového mračka bodů byla 5 bodů/m². Protože na území parku jsou velké výškové rozdíly a byla požadována vysoká hustota pro výsledné mračno, zabralo snímání celkem 16 letových dní. Pomocí leteckého skeneru RIEGL LMS Q-680i bylo naskenováno 553 letových řad. Následovalo relativní i absolutní vyrovnání mračka bodů [1].

Z naměřených dat byl dále na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze vytvořen digitální model reliéfu a povrchu. Následující odstavec popisuje postup jeho tvorby.

Z bodového mračka bodů povrchu byl vytvořen TIN a ten byl následně převeden do rastru. K převodu výšek z elipsoidických na nadmořské bylo třeba odečíst od digitálního modelu reliéfu nebo povrchu hodnotu odlehlosti kvazigeoidu [2]. Pro účely bakalářské práce byla použita rastrová data s velikostí pixelu 1 m, v souřadnicovém systému UTM zóna 33.

Dále byl využit polohopis Základní báze geografických dat (ZABAGED) od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

2 Referenční a zájmová území

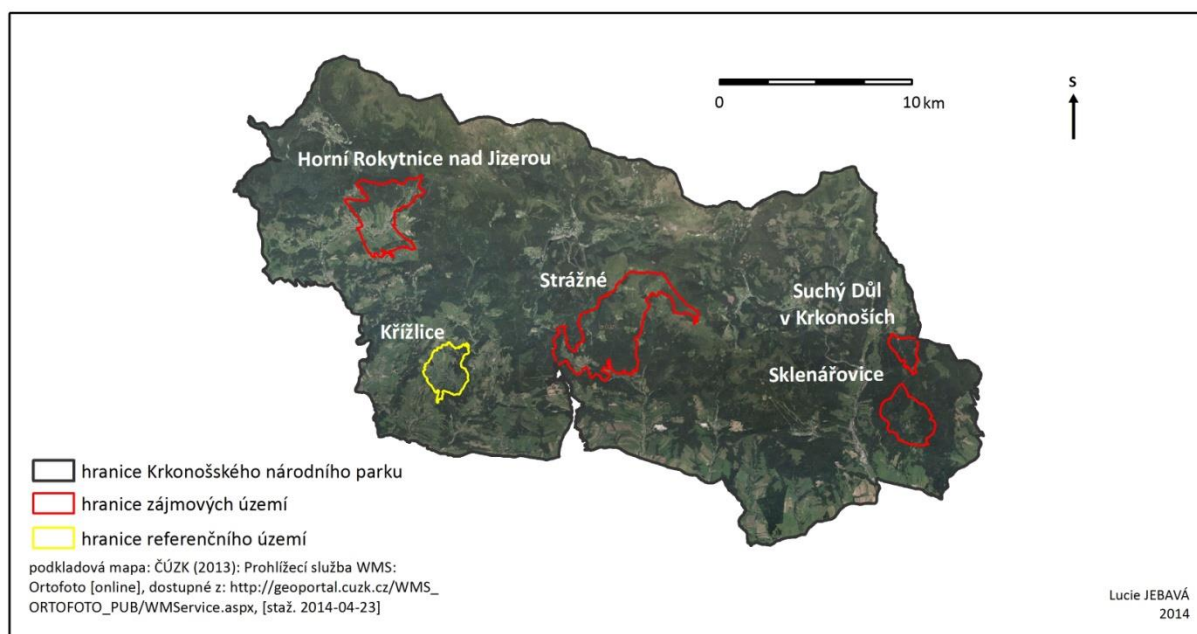
Referenčním územím pro vytvoření metodiky k vyhledání agrárních tvarů z dat LLS byla část katastrálního území Křížlice, kde v roce 2010 proběhla inventarizace zájmových tvarů na základě terénního průzkumu [3]. Vytvořená metodika byla následně aplikována na další čtyři zájmová území v Krkonošském národním parku, která byla vybrána Správou KRNP. Rozmístění vybraných území v rámci Krkonošského národního parku je zachyceno na obrázku č. 1.

Katastrální území Horní Rokytnice nad Jizerou bylo vybráno z několika důvodů. Jedním z nich je přítomnost velkého množství agrárních tvarů, které jsou ve velmi dobrém stavu. I dnes můžeme rozpoznat patrnou strukturu bývalé lánové vsi se záhumenicovou plužinou. To znamená, že na intravilán obce navazovaly menší zahrady a sady, dále pole, úživnější louky, poté pastviny a nakonec lesní porosty.

Dalším zájmovým územím je katastrální území Strážné. Hlavním důvodem výzkumu v této oblasti bylo to, že se zde nachází horské luční enklávy (Lahrový boudy, Friesovy boudy, Husí a Hřibecí boudy, Přední a Zadní Rennerovky). Mezi těmito shluky bud jsou lesní porosty a právě při hranicích enkláv s lesem můžeme najít množství agrárních tvarů.

V katastrálním území Sklenářovice leží jediná obec v Krkonoších, kde po odsunu německého obyvatelstva v roce 1945 nedošlo k českému dosídlení. Zemědělská půda byla extenzivně využívána, nicméně v letech 1959 – 1960 bylo 254 objektů srovnáno se zemí pomocí trhavin [4,5]. Pozemky na okrajích byly osázeny smrkem nebo zarostly náletem dřevin. Rozdíl mezi rozlohou lesních porostů v roce 1953 a dnes je značný, po roce 1990 údolí začalo zarůstat daleko rychlejším tempem. Můžeme zde najít zbytky záhumenicové plužiny navazující na zaniklý intravilán. Cílem v tomto zájmovém území bylo prověřit, zda data leteckého laserového skenování umožní odhalit přítomnost agrárních forem reliéfu přesto, že jsou nyní ukryty v lesním porostu.

Posledním zájmovým územím bylo katastrální území Suchý Důl v Krkonoších, které se velice podobá výše zmíněným Sklenářovicím. Rozdíl je pouze v tom, že po odsunu Němců následovalo dosídlení. Podobně jako ve Sklenářovicích zde došlo k markantnímu nárůstu rozlohy lesních porostů.



Obr. 1: Referenční a zájmová území

3 Metodika

3.1 Analýza digitálního modelu terénu

Analýza vycházela ze základního předpokladu, že agrární formy reliéfu se určitými charakteristikami nápadně liší od svého okolí.

3.1.1 Detekce agrárních valů a teras bez vegetace

Sklonitost povrchu

Na základě předpokladu, že v místech agrárních valů a teras bude vyšší sklonitost povrchu než v jejich okolí, bylo využito funkce *Slope* ze sady *3D Analyst*, která vypočítá první derivaci povrchu. Již po použití této funkce bylo možné odhadnout, kde se agrární formy nebudou nacházet. Protože každé území je svým způsobem specifické, nelze aplikovat stejnou hranici sklonitosti pro všechna území a je dobré zvážit nastavení parametrů u každého zájmového území individuálně. Vzniklý rastr byl reklasifikován do dvou tříd (vyhovující/nevhovující).

Pro další kroky při práci s vrstvou sklonitosti bylo třeba převést reklasifikovaný rastr do vektorové reprezentace a to z toho důvodu, aby se daly polygony rozdělit na vyhovující a nevhovující. Tímto způsobem tedy vznikla polygonová vrstva obsahující pouze polygony se sklonitostí větší než 15°. Příliš malé polygony byly odstraněny, velikosti nejmenších polygonů se pohybovaly od 1,5 do 4 m² (individuálně nastavené u každého území). Vzhledem k typickému tvaru agrárních tvarů, byly hledány dlouhé, protáhlé polygony, které by byly co nejméně podobné kruhu. Proto byl využit vzorec pro výpočet podobnosti kruhu $D = L/2\pi \cdot \sqrt{A/\pi}$, kde L je obvod polygonu a A je jeho obsah [6]. Čím více se hodnota přibližuje číslu jedna, tím více je ploška více podobná kruhu. Proto byly polygony blízké 1 vyřazeny pro jejich nevhodný tvar.

Křivost povrchu

Jelikož na základě sklonitosti povrchu nebylo možné jednoznačně určit všechny lokality, kde by se agrární tvary mohly nacházet, bylo nutné do analýzy terénu zařadit alespoň jednu další funkci, která by terén určitým způsobem charakterizovala. Mezi základní geomorfometrické analýzy se řadí také zakřivení (míra změny křivosti) [7].

Funkce *Curvature* je také ze sady nástrojů *3D Analyst* a jejím, hlavním výstupem je rastr zakřivení povrchu vypočítaný na základě jedné buňky a osmi okolních buněk. Zakřivení může nabýt kladných i záporných hodnot. Záporné hodnoty znamenají, že terén je v této buňce konkávní, naopak pozitivní hodnoty zakřivení ukazují, že povrch v této buňce je konvexní. Hodnota nula znamená, že povrch není křivý [8]. Podobně jako u sklonitosti byla provedena reklasifikace, převedení do vektorové podoby a odstranění příliš malých polygonů (nejmenší polygony 1 – 2,5 m²).

3.1.2 Detekce agrárních valů a teras pokrytých vegetací

Většina agrárních tvarů byla v průběhu času pokryta vegetací. Bylo tedy třeba vytvořit co nejpřesnější vrstvu vegetace, která by mohla být dalším vodítkem při detekci agrárních valů a teras.

Jelikož digitální model povrchu v sobě má zahrnutou i vegetaci, ale digitální model reliéfu nikoliv, byl pomocí funkce *Minus* od modelu povrchu odečten model terénu. Výsledkem byla vrstva vegetace, která byla následně rozklasifikována do tří intervalů (do 0,5 m nízká, 0,5-3 m střední, nad 3 m vysoká. Rastr byl dále generalizován. Podle našich předpokladů, by se agrární formy reliéfu měly nacházet v místech s vyšší vegetací. Nutností tedy bylo zajistit, aby vybrané lokality byly v oblastech vegetace. K této analýze byla vhodná funkce *Intersect*, která vypočítá průnik vstupních vrstev. Touto funkcí bylo zajištěno, aby se do jedné vrstvy spojila místa, kde byla zároveň vyšší sklonitost, křivost a vzrostlá vegetace.

Výstup této analýzy by již bylo teoreticky možné považovat za výsledek. Ale bylo ještě nutné vyloučit možnost, že by agrární valy byly zaměněny za relativně nedávno vytvořené terénní úpravy např. na zahradách domů. Nejprve bylo nutné nějakým způsobem zvětšit polygony budov (ZABAGED)

o předpokládanou rozlohu zahrad, k čemuž nám napomohlo použití funkce *Buffer*. Polygony budov byly rozšířeny ve všech směrech ve všech katastrálních územích o 10 m.

Posledním krokem bylo tedy odstranit z vrstvy s lokalitami vyšší sklonitosti, křivosti a vegetace polygony budov rozšířené o buffer, pro tento účel byla využita funkce *Erase*.

3.1.3 Detekce agrárních hald

Východiskem pro nalezení agrárních hald bylo stejně jako u agrárních valů a teras to, že se charakteristikami povrchu budou nápadně lišit od svého okolí. Ať už vyšší sklonitostí nebo změnou křivosti v daném místě. Po provedení analýzy terénu z hlediska sklonu a křivosti se však v žádném místě nijak výrazně neprojevovaly místa, kde by se agrární haldy mohly nacházet.

Vygenerování vrstevnic

Nabízelo se zde tedy ještě jiné řešení, které by mohlo k nalezení agrárních hald v terénu přispět. Vycházelo z toho, že haldy jsou vyvýšeniny nad terénem a tudíž by vrstevnice v malém intervalu měly zaznamenat jejich přítomnost. Proto byly z digitálního modelu reliéfu vygenerovány vrstevnice o intervalu 0,1 m. Pro nalezení míst, kde se nacházely uzavřené vrstevnice, bylo nutné převést je na polygony. Tím byla odhalena místa, kde by se teoreticky mohly agrární haldy nacházet. Avšak porovnání s mapou již zmapovaných agrárních tvarů i se stínovaným modelem reliéfu neprokázalo, že by se místa shodovala.

Stínovaný model reliéfu

Dalším možným řešením, jak nalézt v terénu agrární haldy pomocí dat leteckého laserového skenování, bylo vytvoření několika stínovaných modelů reliéfu, z nich již bylo možné rozpoznat relativně pravidelné kruhovitě vyvýšeniny nad terénem. Při porovnání s mapou zmapovaných agrárních tvarů jsme se mohli domnívat, že jde skutečně o agrární haldy. Bylo zde ale také mnoho vyvýšenin, které mají podobný tvar a agrárními haldami nejsou, proto bylo nutné ověřit výstupy v terénu.

K výstupům rastru stínovaného reliéfu bylo přihlíženo i při detekci agrárních valů a teras. Při jejich ruční editaci byly tedy zohledňovány také stínované modely reliéfu.

3.1.4 Ruční editace

Jelikož výstupy v polygonové podobě byly příliš nepřehledné a rastry stínovaného reliéfu by nebyly vhodné k použití při následném terénním výzkumu, bylo nutné vygenerované tvary ručně zeditovat. Výsledkem byly dvě nové vrstvy, liniová pro agrární valy a terasy a bodová pro agrární haldy.

3.2 Terénní ověření výsledků

Verifikace získaných výsledků proběhla ve třech lokalitách (Lahrovy boudy, Husí boudy, Suchý Důl). Byly použity vytvořené mapy výstupů automatické detekce agrárních forem reliéfu. V terénu byly mapy porovnávány se skutečným stavem, který byl následně do map zanesen. Na základě toho byla vyhodnocena přesnost automatické detekce.

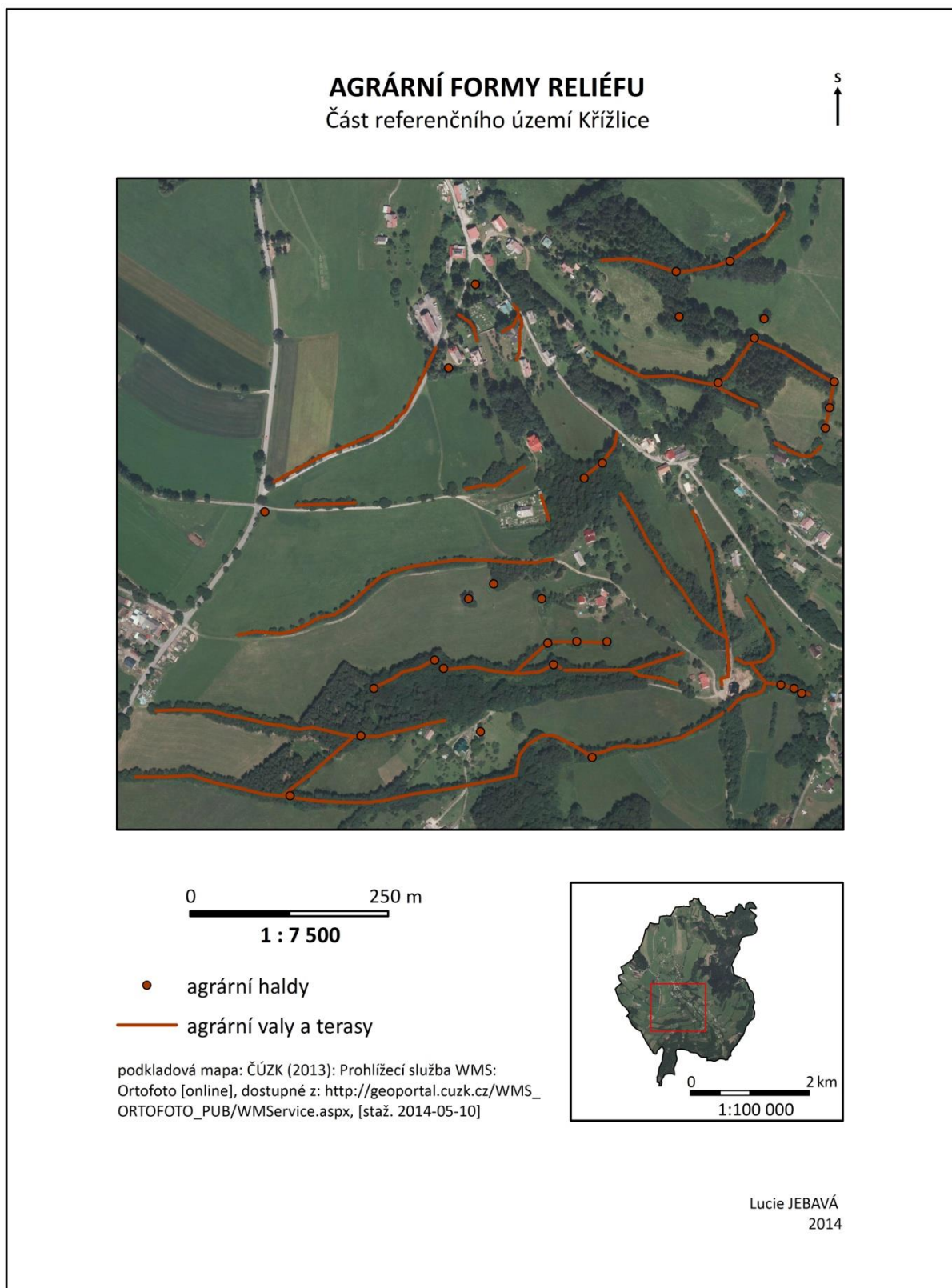
4 Výsledky

Hlavním výsledkem práce jsou mapy agrárních tvarů pro vybrané katastry v Krkonoších, které byly vytvořeny s využitím výše popsaného postupu (obr. 2). Důležitým výsledkem, který svědčí o vhodnosti použitých dat a metod je také hodnocení přesnosti detekce agrárních tvarů.

4.1 Výsledky automatické detekce agrárních tvarů v referenčním území katastru Křížlice

K vygenerování agrárních forem reliéfu v katastrálním území Křížlice byl využit postup zmíněný v kapitole 3.1. Porovnání mapy z roku 2010 s námi dosaženými výsledky, ukázalo, že se pomocí automatické metody navržené a použité v této práci podařilo v terénu nalézt většinu agrárních valů a teras. Detekce agrárních hald byla poněkud složitější a vzhledem k tomu, že jejich lokalizace proběhla

pouze na základě vizualizace stínovaných reliéfů, mohlo poměrně snadno dojít k záměně za jiný objekt. Detekované tvary můžeme vidět na obrázku č. 2.



Obr. 2: Agrární formy reliéfu v části katastru Křížlice

4.2 Hodnocení přesnosti detekce agrárních tvarů v referenčním území katastru Křížlice

Přesnost byla vypočítána na základě délky agrárních valů zjištěné pomocí terénního průzkumu a délky agrárních valů detekovaných automatickými metodami. U agrárních hald byl postup podobný, byly porovnávány počty a správná lokalizace hald zjištěných pomocí terénního průzkumu s počtem a lokací hald, které byly nalezeny pomocí námi použitých metod. Údaje vypovídající o úspěšnosti detekce agrárních tvarů v referenčním území můžeme vidět v tabulce č. 1.

Tab. 1: Kvantifikace nalezených agrárních forem reliéfu v referenčním území

	Délka agrárních valů a teras [km]	Množství určených agrárních hald	Absence agrárních hald	Špatná lokalizace
Terénní průzkum	4,9	35	-	-
Automatické metody	4,51	34	1	7

4.3 Výsledky automatické detekce agrárních tvarů v katastrech Sklenářovice, Horní Rokytnice nad Jizerou, Strážné a Suchý Důl v Krkonoších

Ve Sklenářovicích můžeme podle ortofota na nezalesněných plochách rozpoznat pozůstatky zemědělství a strukturu bývalé lánové vsi. Použité metody odhalily mnoho lokalit, které by mohly odpovídat výskytu agrárních valů, zhruba odpovídacích dřívějšímu lánovému členění a probíhajících až do dnes již zalesněných ploch.

V katastru bývalé lánové vsi – Horní Rokytnice, bylo vyklasifikováno 28 km agrárních valů. Toto relativně vysoké číslo je nejspíše způsobeno tím, že oddělení jednotlivých pozemků probíhalo podél celého lánu a do této oblasti bylo také kamení z polí shromažďováno. V okolí polí na nevyužívaných plochách pak můžeme najít agrární haldy.

Ve Strážném již při pohledu na Základní mapu 1 : 10 000 můžeme zaznamenat, že po obvodu enklávy Husí boudy se patrně nachází řady nahromaděných kamenů [8]. Přestože se na základě geomorfometrických charakteristik nepodařilo odhalit celou délku agrárních valů a teras, pomocí kombinace rastrů stínovaného modelu reliéfu se podařilo nalézt většinu lokalit výskytu agrárních tvarů (obr. 3). Očekávalo se, že agrární valy se budou nacházet na hranici lesa, ale vzhledem k dlouhému časovému vývoji již většina byla lesem téměř pohlcena. I přesto byly detekovány a v terénu ověřeny. Umístění agrárních hald v terénu bylo na tomto území složitější a ne zcela se zdařilo je detekovat. Při pohledu na ortofoto [9] můžeme po obvodu enklávy Lahrovy boudy vidět kamenné snosy.

V Suchém Dole pomohl více než v předchozích případech stínovaný model reliéfu, který i přesto, že se území nachází v lesních porostech, ukázal průběhy agrárních valů a snadno podle něho mohly být lokalizovány agrární haldy.

Tab. 2: Délky detekovaných agrárních valů a teras, počty detekovaných agrárních hald

	Délka agrárních valů a teras [km]	Počet agrárních hald	Rozloha sledovaného území [km ²]
Sklenářovice	19,8	89	5,5
Horní Rokytnice nad Jizerou	28,29	128	9,1
Strážné – Husí boudy	1,75	10	0,7
Strážné – Lahrovy boudy	2,45	35	0,8
Suchý Důl v Krkonoších	7,52	63	1,7

4.4 Hodnocení přesnosti detekce agrárních tvarů v katastrech Strážné a Suchý Důl v Krkonoších

Na základě terénního průzkumu bylo provedeno hodnocení přesnosti pro vybraná zájmová území (část katastru Strážné a katastrální území Suchý Důl v Krkonoších). Podobně jako u hodnocení přesnosti detekce tvarů v referenčním území byly i v těchto dvou zájmových územích porovnávány délky valů vyklasifikovaných automatickými metodami s jejich skutečnou délkou (tab. 3). Stejně tak byly porovnávány počty agrárních hald nalezené s využitím stínovaného modelu reliéfu s počty hald nalezených v terénu (tab. 4).

Tab. 3: Hodnocení přesnosti automatické detekce agrárních valů a teras v části katastru Strážné a v katastru Suchý Důl

	Vyklasifikované AVaT ¹ [km]	Správně vyklasifikované AVaT ¹ [km]	Chybně vyklasifikované AVaT ¹ [km]	Chybějící AVaT ¹ [km]
Husí boudy	1,75	1,66	0,1	0,64
Lahrovy boudy	2,45	1,49	0,96	0,19
Suchý Důl v Krk.	7,52	5,23	2,29	-

Tab. 4: Hodnocení přesnosti automatické detekce agrárních hald v části katastru Strážné a v katastru Suchý Důl

	Počet vyklasifikovaných AH ²	Počet správně vyklasifikovaných AH ²	Počet chybějících AH ²
Husí boudy	10	5	-
Lahrovy boudy	35	34	4
Suchý Důl v Krk.	63	57	-

V dalších katastrálních územích hodnocení přesnosti neproběhlo vzhledem k reprezentativnosti dvou výše zmíněných. Byly vybrány právě tyto dva katastry, jeden pokrytý lesním porostem a druhý bez porostu, aby bylo možné je porovnat. Hodnocení přesnosti v těchto dvou katastrech odhalilo obecné problémy použitých metod detekce agrárních tvarů, které jsou shrnuty v části kapitoly 5. Můžeme však říci, že navržené metody jsou funkční a i přes jejich nedostatky je možné je využít.

5 Diskuze

V následující kapitole budou diskutovány příčiny nepřesností detekce a výsledky získané analýzou terénu.

5.1 Příčiny nepřesností

Rozdíly mezi délkou agrárních valů a teras nalezených terénním průzkumem a délkou těch, které byly automaticky detekovány, mohou být zapříčiněny několika faktory. První skutečností může být nepřesné změření délek v mapě z roku 2010. Dalším důvodem pak může být fakt, že v některých místech jsou agrární valy nebo terasy dvojité, což se nepodařilo odhalit při automatické analýze a tím mohl narůst rozdíl mezi zjištěnými délkami.

Důvodem absence detekovaných agrárních hald mohl být stejně jako u agrárních valů a teras fakt, že v některých případech byly agrární haldy v těsné blízkosti a nebylo tedy možné určit, že se jedná např.

¹ Agrární valy a terasy.

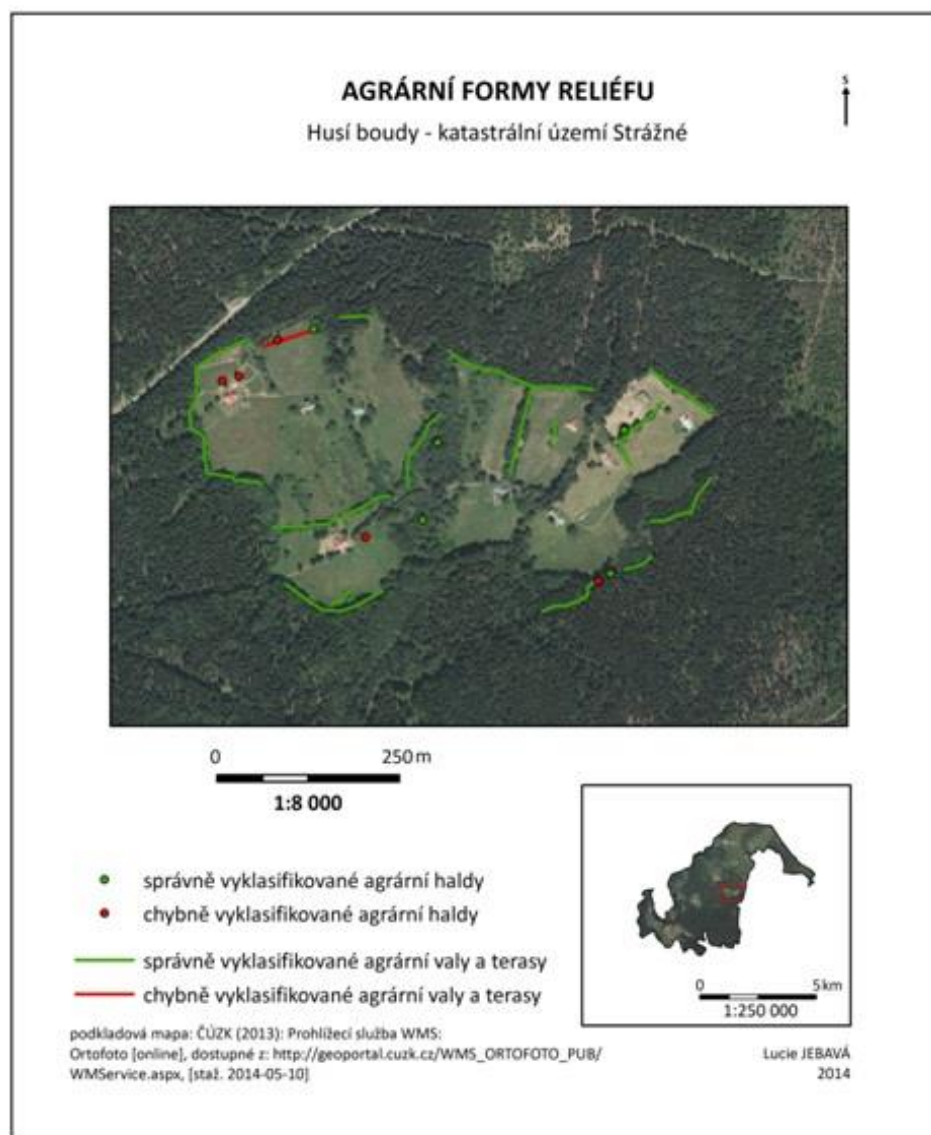
² Agrární haldy.

o pět hald v řadě nikoliv pouze o tři. Množství špatně lokalizovaných hald může být ovlivněno přítomností podobných terénních útvarů antropogenního původu, které však nijak s agrárními haldami nesouvisí nebo původu jiného.

Předpokládaným zdrojem chyb bylo v několika případech to, že některé agrární formy reliéfu byly automatickou metodou špatně vyhodnoceny a jako agrární tvary byly identifikovány jiné objekty.

K nejčastější záměně agrárních tvarů za jiný objekt docházelo v případě, že vygenerované agrární valy resp. terasy vedly podél cesty. Jednalo se totiž ve většině případů o úvoz, který se zařezával do terénu. Vzhledem k vypočítaným geomorfometrickým charakteristikám mohlo jít skutečně o agrární formu reliéfu, avšak terénní průzkum odhalil, že v některých případech nemůžeme, ani přes vypočítané charakteristiky rozpoznat agrární val či terasu, jedná se sice o antropogenně vzniklý tvar, avšak nikoliv agrární. To je omezení použité metody.

K další záměně došlo v případě určení agrární haldy z rastrů stínovaného reliéfu. Nastaly případy, kdy byly agrární haldy zaměněny za malou skálu nebo větší kámen. Dále došlo k záměně agrární terasy s odvodňovací struhou (Lahrovy boudy). Tento fakt byl nejspíše způsoben inverzním chápáním terénu z rastru stínovaného reliéfu.



Obř. 3: Mapa agrárních forem reliéfu v katastru Strážné

Oblasti vytipované jako místa s vysokou hustotou malých kamenných kupek se ukázaly jako špatně vyklasifikované. Na jejich místě se nacházely nově osázené paseky. K tomu, že došlo k mylnému označení takové lokality, mohlo dojít například tím, že po těžbě dřeva, která předcházela osázení lokality, došlo k vykloučení pařezů. Tím vznikl velmi nerovný terén, který při vizualizaci stínovaného reliéfu mohl vypadat jako oblast plná malých kamenných kupek.

V některých případech také vlivem času došlo k tomu, že se agrární terasy rozpadly a jejich předchozí přítomnost je možné poznat pouze ze zvýšené koncentrace kamení.

I přes všechny překážky a nedostatky se navržená metodika osvědčila a dosáhla dobré úspěšnosti. Můžeme tedy konstatovat, že vyvinutý postup k detekci agrárních forem reliéfu je funkční a použitelný v praxi.

5.2 Vegetace

Vlivem dlouhého vývoje došlo k tomu, že většina agrárních tvarů je zcela nebo alespoň částečně pokryta vegetací. Například na Husích boudách jsou valy těžko rozeznatelné od terénních stupňů, které jsou tvořeny pouze půdou. Agrární haldy jsou také téměř vždy pokryté půdou a vegetací takže je velmi obtížné rozeznat je od normálních terénních útvarů. Při bližším prozkoumání je pak patrné, že jejich základ tvoří opravdu kamenné snosy, které byly vlivem času pokryty nanesenou půdou a následně zarostly vegetací. Při terénním průzkumu v Suchém Dole byl také zjištěn fakt, že většina agrárních hald, které se nachází v lesních porostech, je porostlá listnatými stromy, což v jinak zcela jehličnatém lese usnadňuje vyhledání těchto tvarů. V enklávách jsou pak haldy porostlé travinami a borůvkám.

Pro navržené metody detekce agrárních tvarů však vegetace nepředstavuje žádný problém, jelikož s využitím digitálního modelu reliéfu je zcela odfiltrována.

5.3 Ochrana agrárních tvarů

Podle Procházky (2010) jsou agrární tvary často rozebírány lidmi jako levný zdroj stavebního nebo dekorativního kamene. Tato skutečnost se děje i v rámci zájmových území této práce, protože velmi často můžeme v blízkosti budov vidět kamenné zídky nebo skalky vytvořené právě z rozebraných valů a teras. Stejně tak můžeme konstatovat, že v některých místech se tyto tvary mění ve skládky odpadu nebo přebytečného stavebního materiálu.

Potřebná ochrana agrárních tvarů by měla být zajištěna také v případě, že se nachází v lese. Velký negativní vliv na existenci agrárních forem reliéfu má např. těžba dřeva, kdy při odtahování kmenů může docházet k narušování agrárních tvarů.

Závěr

Tématem a cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, zda jsou data leteckého laserového skenování vhodná k detekci a mapování agrárních forem reliéfu v terénu. Již po provedení analýzy digitálního modelu terénu v oblasti referenčního území s využitím metodiky navržené v práci bylo dosaženo celkem uspokojivých výsledků, kdy se většina vygenerovaných lokalit opravdu shodovala s reálným umístěním agrárních tvarů. Dále byl stejný postup proveden i na čtyřech zájmových územích a ve dvou z nich byl proveden také terénní průzkum za účelem ověření přesnosti navrženého postupu detekce agrárních tvarů. I na základě výsledků dosažených v zájmových územích, můžeme konstatovat, že data leteckého laserového skenování lze využít pro detekci agrárních tvarů pomocí automatických metod a to i v případě, že se agrární tvary nachází v lesích. Dosažené výsledky můžeme na základě porovnání vyklasifikovaných tvarů a skutečnosti označit jako velmi uspokojivé. Nedostatkem navržených metod je, že v některých případech mohou být vygenerovány i jiné objekty, které s agrárními tvary mají společný pouze tvar. Ovšem i přes všechny překážky a nedostatky se navržené metody osvědčily a bylo dosaženo dobré úspěšnosti.

Verifikace detekovaných tvarů v terénu je proto k vytvoření přesných map agrárních tvarů ve většině případů potřebná. Automatická detekce však může celý proces mapování jednoznačně urychlit a

zjednodušit. Navržený postup může tedy významně pomoci při mapování a správě agrárních tvarů v Krkonoších.

Vzhledem k funkčnosti navržených metod by bylo v budoucnu možné zpracovat stejným způsobem i další katastrální území, v nichž se nachází větší množství agrárních tvarů, resp. kde je předpoklad, že by tyto tvary mohly být touto metodou odhaleny.

Správa Krkonošského národního parku může výstupy práce (navrženou metodiku, výsledky hodnocení přesnosti a mapy antropogenních tvarů) využít ke kvantifikaci a inventarizaci tvarů, případně jejich managementu a ochraně, vzhledem k tomu, že se jedná o místa, kde se nachází evropsky významná společenstva rostlin a živočichů.

Literatura

- [1] NÝDRLE, J., PUCHRIK, L. *Snímkování a letecké laserové skenování Krkonošského národního parku*. Geodis news. 2013, roč. 12, č. 1, s. 24.
- [2] LYSÁK, J. *Dokumentace k digitálnímu povrchu reliéfu a digitálnímu modelu povrchu z oblasti Krkonoš*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha, 2013.
- [3] PROCHÁZKA, M. *Agrární formy reliéfu v Krkonoších na příkladu katastrálního území Křížlice*. Ústí nad Labem, 2010. Bakalářská práce. Univerzita J. E. Purkyně.
- [4] DVOŘÁK, J. *Přírodní památka Sklenářovické údolí*. Krkonoše a Jizerské hory. 2010, roč. 42, č. 11, 4 - 9.
- [5] KRIPNER, J. *Historie a současnost Sklenářovic*. Veselý výlet. 2001, roč. 17, č. 1, s. 7.
- [6] TREML, V. *Metody ve fyzické geografii: Popis krajinné struktury*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha, 2012.
- [7] ŠTYCH, P. et al. *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Praha: CITT Praha Akademie kosmických technologií oblast Galileo, 2008.
- [8] ESRI. *ArcGIS Resource center* [online]. 2012 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Welcome_to_the_ArcGIS_Help_Library/00r90000001n000000/
- [9] ČÚZK. *Prohlížeč služba WMS - ZM10* [online]. 2013 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
- [10] ČÚZK. *Prohlížeč služba WMS - ortofoto* [online]. 2013 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx

Abstract. This thesis deals with the possible use of airborne laser scanning data for the detection of agrarian forms of relief in the Giant Mountains. The main research method is the analysis of the digital terrain model and digital surface model in the area of the Giant Mountains in the software ArcGIS 10.0. The analysis is based on specific functions in ArcGIS software (*Slope, Curvature*) as well as on combinations of rasters of shaded reliefs which led to the detection of further agrarian forms. To verify the precision of agrarian forms detection field verification was used. Based on verification and accuracy assessment the results can be designated as a very satisfactory. The Administration of the Giant Mountains National Park can use the research results to quantify the agrarian forms of relief, to improve their protection and, possibly also for further research and management.

Key words: airborne laser scanning, agrarian forms of relief, anthropogenic geomorphology

Severní Amerika ve starých mapách

Petra Jílková

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Albertov 6, 128 43 Praha 2

e-mail: jilkovp@natur.cuni.cz

Abstrakt. Příspěvek se zabývá kartografickým zhodnocením vybraných mapových děl evropských kartografů zobrazujících území Severní Ameriky v 16. až 19. století. V rámci analýzy jsou rozebírány základní kartometrické vlastnosti jednotlivých map se zaměřením na určení a popis kartografického zobrazení s využitím specializovaného softwaru detectproj. Provedena je také analýza topografického obsahu mapy s cílem zhodnotit polohovou přesnost zákresu obsahových prvků dílčích map pomocí softwaru ArcMap 10.1. Na základě výsledků dílčích analýz je dokumentován vývoj mapového zobrazení kontinentu se zaměřením na vývoj polohové přesnosti topografického obsahu a proměnu tvaru kontinentu ve zvoleném období.

Klíčová slova: Severní Amerika, kartometrie, detectproj, ArcMap 10.1

Úvod

Staré mapy jsou velice cenným pramenem informací o průběhu poznávání zemského povrchu. Historie jejich tvorby odráží vývoj způsobu vnímání okolního světa lidskou společností. Studium starých map lze získat představu o stavu a rozsahu geografických znalostí o určité oblasti Země v jednotlivých fázích lidských dějin.

Předmětem příspěvku je kartografické zhodnocení vybraných starých map zachycujících území Severní Ameriky v období od 16. do 19. století. Hlavním důvodem výběru této části světa je skutečnost, že Severní Amerika byla jedním z posledních obydlených kontinentů, jehož přesná rozloha a tvar nebyly lidstvu dlouhou dobu známy. Proměna podoby severoamerického kontinentu na mapách kartografů během zvoleného období ilustruje postupný a poměrně zdlouhavý proces jeho objevování, jenž byl z velké části zapříčiněn odlehlou polohou kontinentu a špatnou přístupností některých jeho oblastí. U jednotlivých mapových dokumentů je nejprve provedena rekonstrukce použitého mapového zobrazení. Následně je zhodnocena polohová přesnost topografického obsahu na základě analýzy polohové přesnosti vybraných topografických prvků. Na základě dílčích analýz je v závěru příspěvku zdokumentován vývoj přesnosti zákresu topografického obsahu a zachycena proměna tvaru severoamerického kontinentu během zvoleného období.

1 Mapové dokumenty

Jako podkladové dokumenty byla zvolena mapová díla významných evropských kartografů z období 16. až 19. století zobrazující území Severní Ameriky. Mapové dokumenty byly vybrány v časovém odstupu jednoho století tak, aby bylo možné zachytit pokrok v zobrazení tvaru kontinentu a množství obsažených topografických informací v závislosti na někdejšímu stavu objevení kontinentu během zvoleného období. S ohledem na možnost provedení analýzy polohové přesnosti byla za počáteční mapu zvolena mapa Ameriky nizozemského kartografa Abrahama Ortelia z roku 1584. Dále byla zvolena Sansonova mapa Severní Ameriky z roku 1687 a mapa Ameriky z roku 1774 z dílny Guillaumea Delisla zachycující stav kontinentu během 17., resp. 18. století. Pro zobrazení stavu poznání kontinentu ke konci vymezeného období pak byla vybrána mapa německého geografa Carla Ferdinanda Weilanda z roku 1826, na níž celkový obraz zobrazeného kontinentu již téměř odpovídá současnému tvaru a poloze Severní Ameriky. Vybrané mapové podklady byly získány z digitálního fondu Mapové sbírky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy [1].

2 Metodika

2.1 Detekce zobrazení

Jelikož všechny mapové podklady byly zkonstruovány v neznámém kartografickém zobrazení, bylo z hlediska jejich další analýzy nutné provést rekonstrukci jejich mapového zobrazení. Pro detekci použitého kartografického zobrazení byl použit specializovaný software detectproj, jenž pro danou množinu identických bodů vypočte parametry nejpravděpodobnějšího zobrazení mapy [2]. Společně s parametry navržených zobrazení (poloha kartografického pólu, středního poledníku a nezkreslené rovnoběžky) software vypočte i přibližnou hodnotu měřítka a stočení mapy.

Všechny analyzované mapy obsahují zakres zeměpisné sítě, jako identické body proto mohly být zvoleny uzlové body poledníků a rovnoběžek. Pro analýzu každé z map bylo zvoleno přibližně 40 takových bodů, jež byly umístěny především do těch částí mapy, kde se nejvíce projevují vlastnosti daného zobrazení. Geometrické souřadnice bodů byly odečteny v softwaru MicroStation. K jednotlivým bodům byly vždy přiřazeny odpovídající hodnoty zeměpisných souřadnic.

Z hodnot geometrických a zeměpisných souřadnic zvolených uzlových bodů byly pro analýzu v softwaru detectproj vytvořeny dva vstupní soubory. Po provedení vlastní analýzy byl vytvořen výstupní soubor s příslušnými parametry nejvhodnějších zobrazení (obr. 1) a zároveň byly ve formátu *dxf* vygenerovány zeměpisné sítě určeného počtu zobrazení. Na základě výsledků uvedených ve výstupním souboru a následném porovnání jednotlivých obrazů vygenerovaných sítí navržených zobrazení se zákresem zeměpisné sítě staré mapy v softwaru MicroStation, bylo určeno nejpravděpodobnější zobrazení u každé z analyzovaných map.

```
1  apiel  90.0    0.0  42.5  -89.8:
-----
Scale HOMT:  41519199.9
Scale HELT:  41519200.3
Rotation HELT: 0.01 deg
```

Obr. 1: Parametry detekovaného zobrazení ve výstupním souboru softwaru detectproj

2.2 Analýza polohové přesnosti topografického obsahu

2.2.1 Georeferencování

Na základě parametrů detekovaných zobrazení byly v softwaru ArcMap zkonstruovány zeměpisné sítě (funkce *Create Fishnet* a *Densify*). Souřadnice základního poledníku byly určeny v dnešním souřadném systému. Každé ze sítí byl nejprve přiřazen souřadnicový systém WGS 1984 (funkce *Define Projection*), poté byla v databázi kartografických zobrazení programu ArcMap nastavením příslušných parametrů již stávajících zobrazení postupně vytvořena jednotlivá zobrazení. V závěru byly zeměpisné sítě převedeny do zobrazení příslušné analyzované mapy (funkce *Project*).

Rastry byly georeferencovány dle uzlových bodů předem vytvořené sítě, jež svým obrazem odpovídala síti detekovaného zobrazení vygenerované softwarem detectproj. Vlícovací body byly zvoleny s ohledem na velikost jejich odchylek od obrazu zeměpisné sítě detekovaného zobrazení. Pro georeferenci byla jako nejvhodnější zvolena afinní transformace prvního řádu, jelikož ze všech nabízených typů geometrických transformací nejméně deformuje tvar mapy.

2.2.2 Identické body

Pro analýzu polohové přesnosti obsahových prvků byl v softwaru ArcMap proveden také sběr identických bodů. U každé z map byly zvoleny snadno identifikovatelné topografické prvky, které bylo možné jednoznačně přiřadit k současnému geografickému prvku. S ohledem na následnou souhrnnou analýzu přesnosti všech map byly u jednotlivých map voleny co nejpodobnější prvky. Z hlediska možného posouzení pokroku v přesnosti zakresu polohy daného prvku byla určena

podmínka, aby se daný prvek nacházel alespoň na dvou mapách. Z tohoto důvodu byla pro analýzu vybírána především sídla, jež byla založena v 16. nebo 17. století.

Dále byly pro analýzu zvoleny významné body pobřežních čar, ostrovy a soutoky největších řek. Pro každou z map bylo vybráno 20 až 30 takových bodů v závislosti na hustotě zákresu topografického obsahu a složitosti jejich identifikace. Zatímco na starších mapách, kde nebyla většina sídel vyznačena žádným symbolem či zakreslené prvky nebyly jednoznačně identifikovatelné, bylo vybráno pouze 16 bodů (Ortelius 1584). Na mapách z 18. a 19. století bylo zvoleno i více než 30 bodů, což bylo způsobeno výběrem prvků v severní a severozápadní části kontinentu, které na dřívějších mapách nebyly zakresleny.

Pro identické body každé z map byly vytvořeny příslušné bodové vrstvy s názvy jednotlivých prvků a určeny souřadnice jeho dnešní polohy v souřadném systému WGS 1984. Jednotlivé seznamy souřadnic byly importovány do programu ArcMap a na jejich základě byly vytvořeny další bodové vrstvy, které byly následně transformovány do příslušného zobrazení staré mapy.

2.2.3 Vlastní analýza

Vzdálenosti dokumentující polohovou přesnost dílčích topografických bodů starých map, byly měřeny na georeferencovaných rastroch jednotlivých map (nástroj *Measure* v režimu *Geodesic*). Výsledné hodnoty vzdáleností jednotlivých prvků spolu s hodnotou směrodatné odchylky byly shrnuty v dílčích tabulkách s vyznačením extrémních hodnot (tab. 1). Posun bodů byl graficky vyjádřen pomocí vektorů posunu (obr. 3). Ze způsobu georeference je zřejmé, že velikosti polohových odchylek byly ovlivněny nepřesnostmi zákresu zeměpisné sítě. V rámci analýzy byla porovnána poloha a tvar kontinentu na starých mapách se zákresem současné podoby kontinentu.

Tab. 1: Ukázka tabulky vzdáleností identických bodů (Orteliova mapa)

název	vzdálenost [km]	název	vzdálenost [km]
Ciudad de Panamá	497,84	La Habana	301,27
León	794,13	Santo Domingo	97,60
Ciudad de Guatemala	1 036,52	Cape Sabre	401,86
Acapulco	2 199,32	Cape Mendocino	5 562,17
Ciudad de México	792,68	Cíbola	3 034,61
Cabo San Lucas	3 202,16	Bermuda	322,97
Culiacán	2 729,97	Cape Race	348,53
Cabo Catoche	447,64	Québec	622,06
směrodatná odchylka		1 479,24 km	

3 Kartometrická analýza

3.1 Orteliova mapa Ameriky (1584)

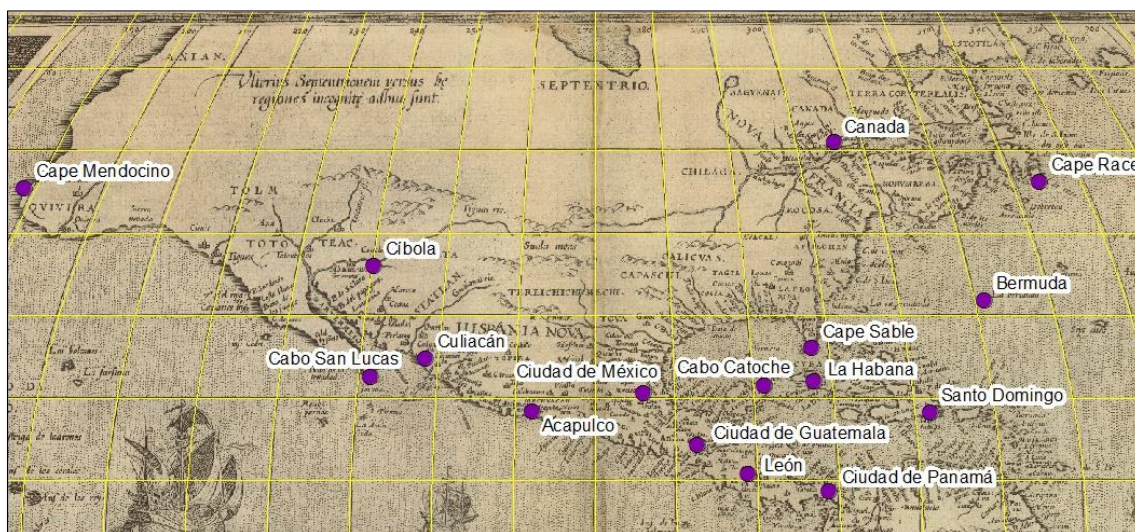
Analyzovaná mapa pochází z vydání Orteliova atlasu „*Theatrum Orbis Terrarum*“ publikovaného roku 1584 v Antverpách Christoffelem Plantijnem. Poprvé se však objevila již v prvním vydání atlasu roku 1570. Mapa zachycuje celou západní polokouli včetně části jižního kontinentu a Nové Guiney. Zobrazené území je v poledníkovém směru vymezeno zeměpisnou délkou $\lambda \in (180^\circ, 360^\circ \text{ v. d.})^3$. Zeměpisná délka je vztažena ke Kapverdským ostrovům, konkrétně k ostrovu Boa Vista ($\sim 22^\circ 48' \text{ z. d.}$). V rovnoběžkovém směru ohraničují území na jihu i severu rovnoběžky s hodnotou přibližně $66,5^\circ$ zeměpisné šířky.

³ Většina analyzovaných map uvádí hodnoty zeměpisné délky v rozsahu 0° – 360° východní délky. Při vymezení rozsahu zobrazeného území je respektován rozsah původní souřadnicové stupnice mapy. Západní polokoule je na všech analyzovaných mapách vymezena zeměpisnou délkou $\lambda \in (180^\circ, 360^\circ \text{ v. d.})$.

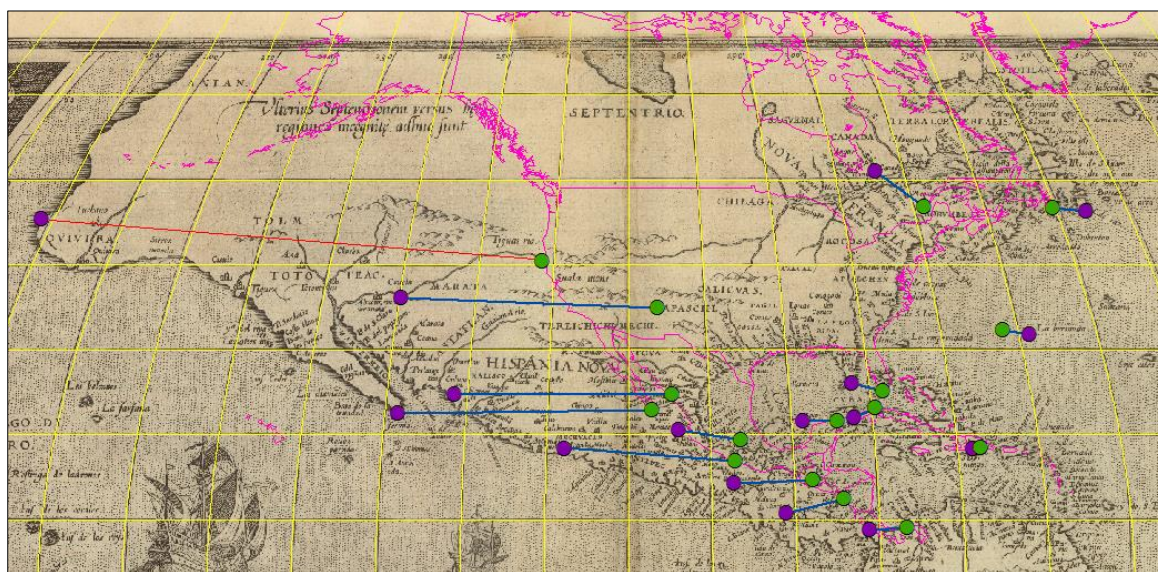
3.1.1 Kartografické zobrazení

Pro detekci kartografického zobrazení Orteliovy mapy bylo zvoleno celkem 31 uzlových bodů zeměpisné sítě rovnoměrně rozložených po celé ploše mapy. Po překrytí rastru staré mapy vygenerovanou sítí detekovaných zobrazení vykazovala největší shodu zobrazení vygenerovaná na prvních třech místech, tj. Apianovo eliptické, Winkelovo I. a Eckertovo V. zobrazení. Poslední dvě zmíněná zobrazení však vznikla až ve 20. století, jako nejpravděpodobnější zobrazení Orteliovy mapy proto bylo určeno Apianovo eliptické zobrazení v normální poloze ($\varphi_k = 90^\circ$ s. š., $\lambda_k = 0^\circ$) s nezkrácenou rovnoběžkou $\varphi_k = 42,5^\circ$ s. š. a středním poledníkem $\lambda_k = 90^\circ$ z. d.

Společně s parametry kartografického zobrazení byla určena i hodnota měřítka a rotace analyzované mapy (obr. 1). Hodnota měřítka odpovídá přibližné hodnotě 1 : 42 000 000, jež je uvedena v bibliografickém záznamu Orteliovy mapy v databázi knihovny Virginské univerzity. Sám autor ve své mapě použité měřítko žádným způsobem neuvádí.



Obr. 2: Identické body na Orteliově mapě se zákresem zeměpisné sítě



Obr. 3: Posun bodů na Orteliově mapě se zákresem současného stavu kontinentu

3.1.2 Polohová přesnost

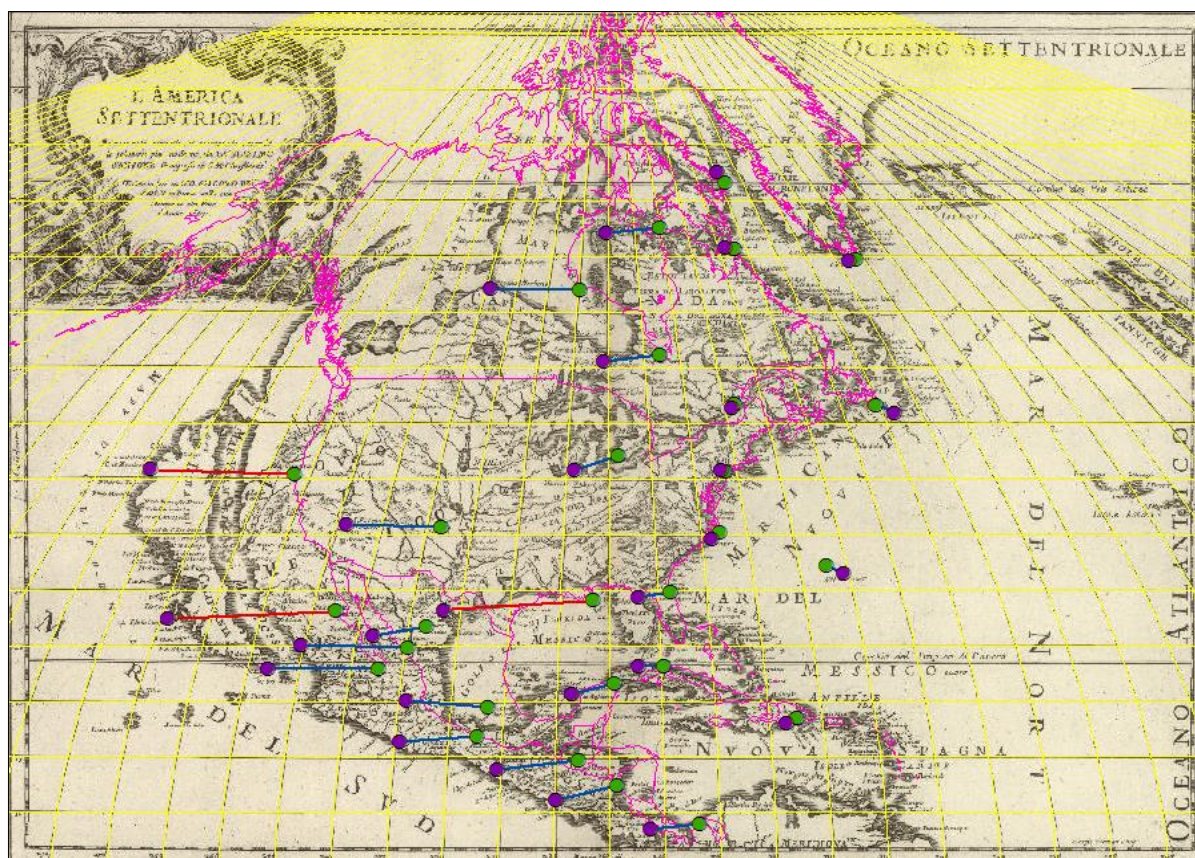
Pro zhodnocení polohové přesnosti Orteliovy mapy bylo zvoleno celkem 16 identických bodů (obr. 2). Absence bodů při východním pobřeží a vnitrozemí kontinentu je způsobena malým počtem a složitou identifikací topografického obsahu v těchto oblastech. Autor při zákresu prvků pochybil především v určení správné zeměpisné délky, většina prvků je vůči své dnešní poloze umístěna západněji, zatímco jejich vzdálenost od rovníku je určena poměrně správně. Významná odchylka v určení zeměpisné šířky je patrná pouze v oblasti zálivu sv. Vavřince. Největší polohovou odchylku vykazují body při západním pobřeží, některé z nich jsou posunuty o více než 3 000 km (tab. 1). Prvky zobrazené při východním pobřeží obecně vykazují menší odchylky (obr. 3).

3.2 Sansonova mapa Severní Ameriky (1687)

Mapa s názvem „*L'America Settentrionale*“ je italskou verzí původní Sansonovy mapy z roku 1669, jež byla revidovanou verzí jeho předchozí mapy z roku 1650. Jedná se o třetí vydání, jež bylo doplněno o nové prvky včetně italského názvosloví. Mapu vydal roku 1687 v Římě italský tiskář Giovanni Giacomo de Rossi. Mapa zachycuje pouze severní část převážně západní polokoule. V poledníkovém směru je území vymezeno hodnotami 220° a 30° v. d., v rovnoběžkovém směru pak hodnotami 7° a 80° s. š. Zeměpisná délka je vztažena k Ferrskému poledníku (~17° 40' z. d.).

3.2.1 Kartografické zobrazení

Pro detekci kartografického zobrazení mapy bylo využito celkem 48 uzlových bodů sítě. Po překrytí rastru staré mapy vygenerovanou sítí detekovaných zobrazení vykazovala největší shodu první dvě navržená zobrazení, tj. Foucaultovo sinusoidální a sinusoidální zobrazení.



Obr. 4: Posun bodů na Sansonově mapě se zákresem zeměpisné sítě a současného stavu kontinentu

Z důvodu pozdějšího vzniku Foucaultovy úpravy sinusoidálního zobrazení bylo jako nejpravděpodobnější zvoleno původní sinusoidální zobrazení v normální poloze ($\varphi_k = 90^\circ$ s. š., $\lambda_k = 0^\circ$) s nezkreslenou rovnoběžkou $\varphi_k = 42,5^\circ$ s. š. a středním poledníkem $\lambda_k = 70,1^\circ$ z. d. Odhadovaná hodnota měřítka přibližně odpovídá hodnotě měřítka uváděného pro její předlohu, tj. 1 : 21 000 000.

3.2.2 Polohová přesnost

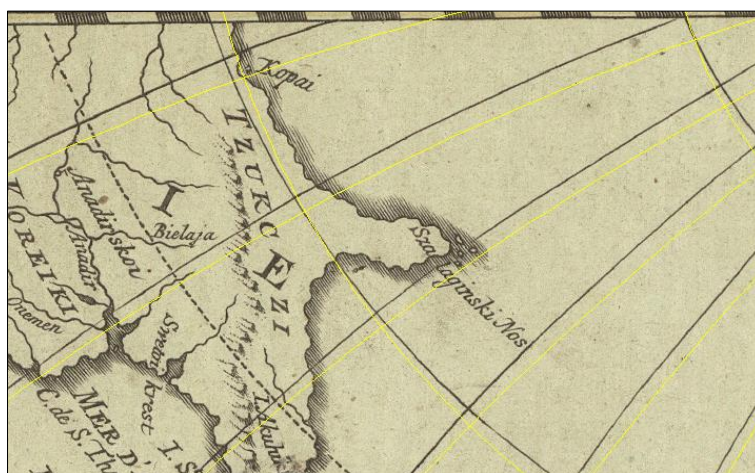
Pro zhodnocení polohové přesnosti mapy bylo zvoleno celkem 28 topografických bodů. Velikost a směr odchylek jednotlivých topografických bodů dokumentuje obr. 4. Severní Amerika je na staré mapě stále výrazným způsobem posunuta západním směrem, zatímco v rovnoběžkovém směru poloha jednotlivých bodů poměrně odpovídá skutečnosti. V některých částech je tak zobrazený kontinent oproti jeho současnému stavu širší o více než 1 500 km. Odchylka polohové přesnosti zákresu jednotlivých prvků viditelně narůstá od středního poledníku směrem na západ. Obrys východního pobřeží svou polohou poměrně odpovídá jeho dnešní poloze.

3.3 Delislova mapa Ameriky

Mapa je aktualizovanou verzí původní Delislovy mapy z roku 1722, jež byla doplněna o nové ruské objevy na severozápadě kontinentu a roku 1774 byla vydána v Amsterdamu pod názvem „*Carte d'Amerique: divisees en ses principales parties*“. Mapu opravil a doplnil Delislův nástupce Jean Baptiste Bourguignon d'Anville. Mapa zobrazuje území vymezené $155^\circ - 40^\circ$ v. d. a 90° s. š. - 60° j. š., zachycuje tedy převážně západní polokouli. Zeměpisná délka je vztažena k Ferrskému poledníku ($\sim 17^\circ 40'$ z. d.).

3.3.1 Kartografické zobrazení

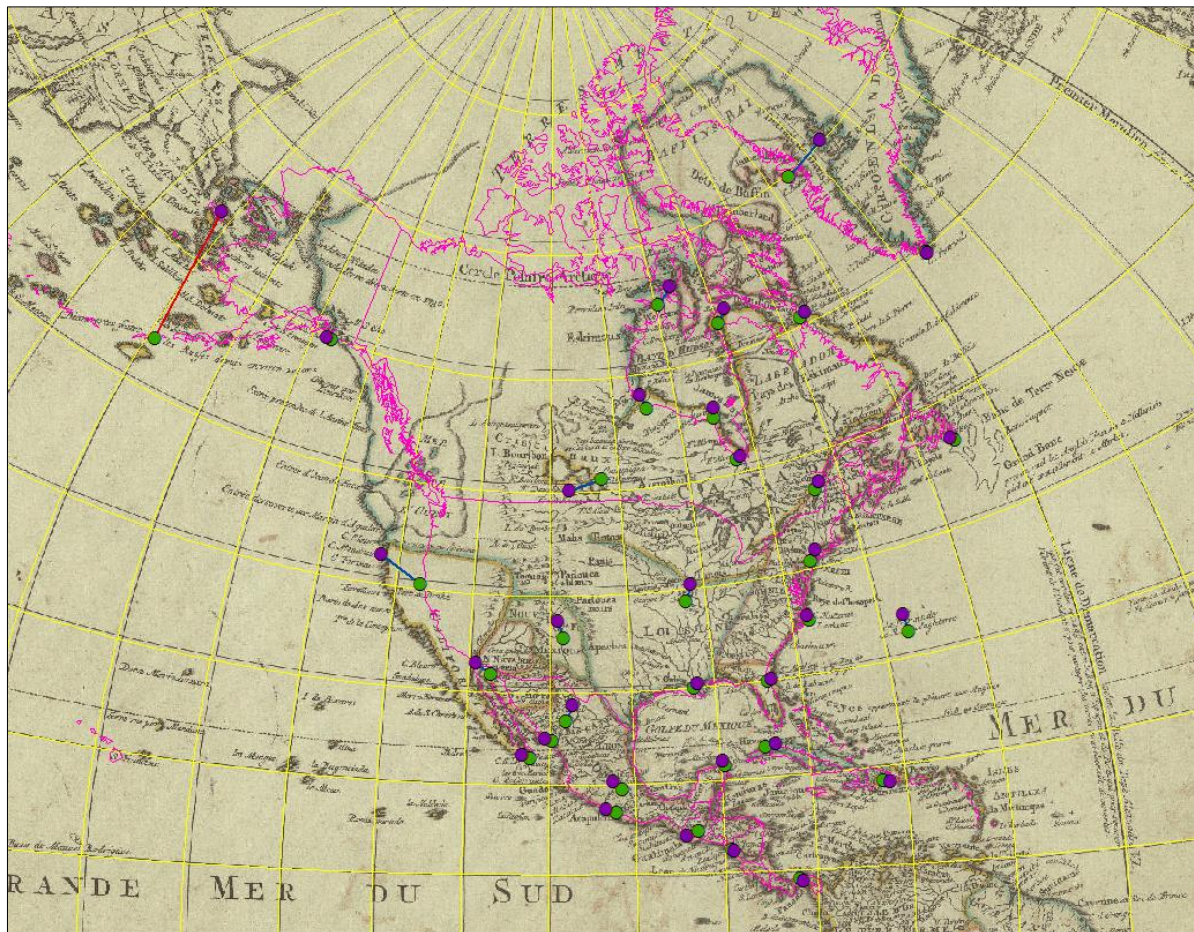
Pro detekci kartografického zobrazení mapy bylo zvoleno celkem 44 uzlových bodů sítě. Při překrytí obrazu vygenerované sítě každého ze zobrazení přes zeměpisnou síť staré mapy byly u všech případů ve vyšších zeměpisných šířkách a při okrajích mapy znatelné odchylky v zákresu průběhu rovnoběžek i poledníků. Odchylky v zákresu jednotlivých poledníků pak narůstaly západním směrem od středního poledníku (obráz. 5). Po posouzení velikosti odchylek jednotlivých zobrazení a vizuální podobnosti zákresu jejich sítě se zobrazením staré mapy, byla jako nejpravděpodobnější zvolena stereografická projekce v transverzální poloze ($\varphi_k = 0^\circ$, $\lambda_k = 89,5^\circ$ z. d.).



Obr. 5: Odchylky v zákresu zeměpisné sítě stereografické projekce na Delislově mapě

Výsledná hodnota měřítka 1 : 42 865 490 se příliš neliší od hodnoty 1 : 43 000 000, jež je uvedena v bibliografickém záznamu mapy v databázi WorldCat. Sám autor v pravém dolním rohu mapy informuje o proměnlivosti měřítka v různých částech mapy a předkládá možnost jeho určení na základě znalosti délkového rozměru jednoho obloukového stupně.

Polohová přesnost topografického obsahu mapy byla zhodnocena na základě velikosti odchylek 33 topografických bodů. Velikosti a směr odchylek jednotlivých topografických bodů spolu se zákresem současného stavu kontinentu jsou znázorněny na obr. 6. Z tohoto obrázku je patrné velmi nepřesné umístění Aleutských ostrovů, jež jsou od své skutečné polohy vzdáleny o více než 1 000 km severním směrem. Kromě severní části kontinentu jsou znatelné odchylky i při západním pobřeží a ve vnitrozemí kontinentu.

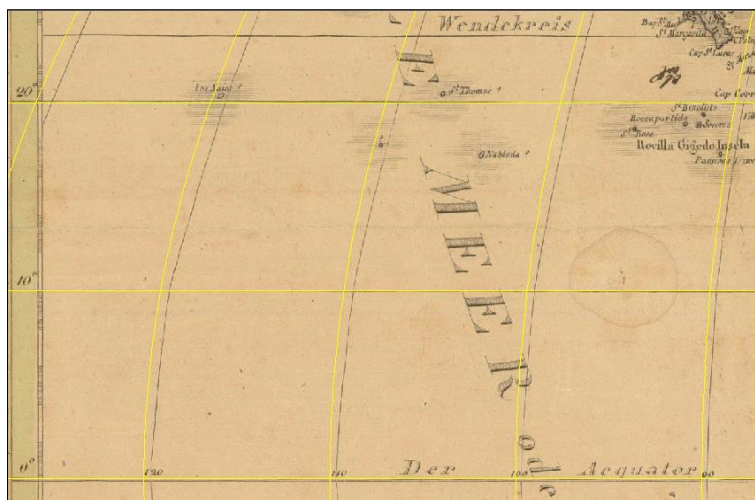


3.4 Weilandova mapa Severní Ameriky

3.4.1 Kartografické zobrazení

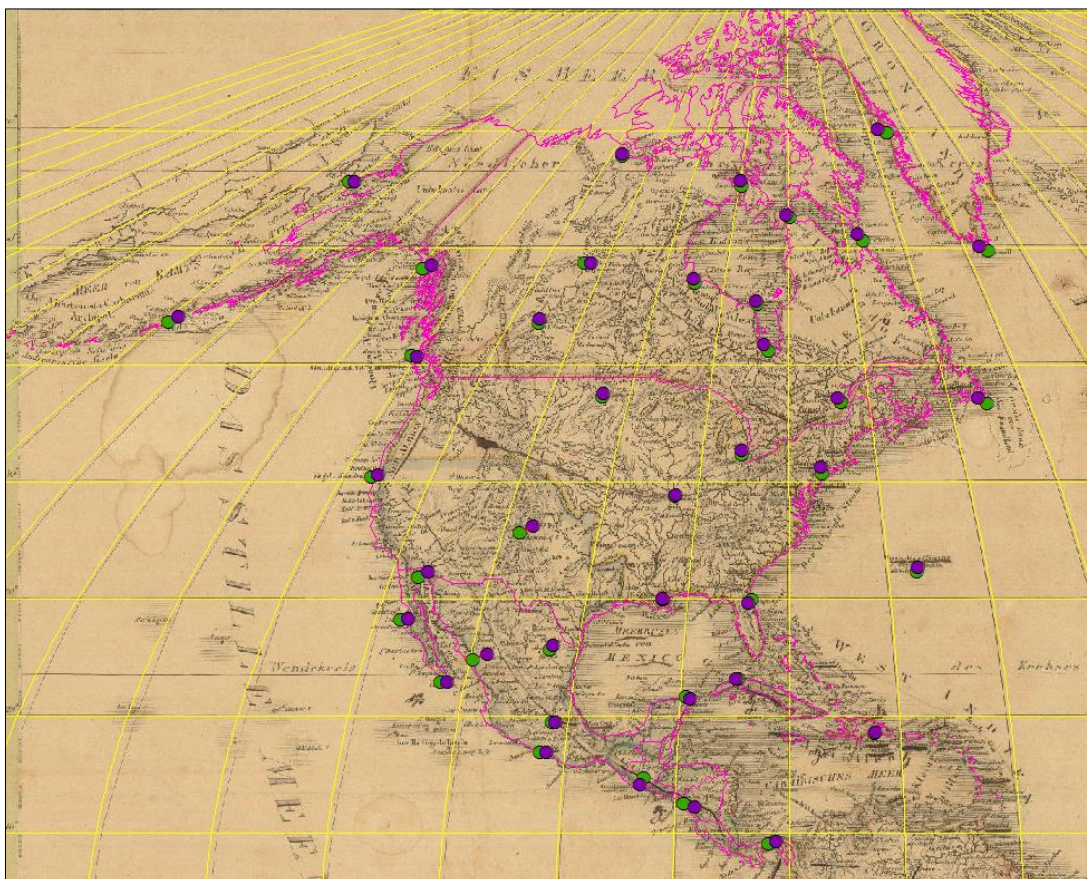
Pro detekci zobrazení bylo zvoleno celkem 47 uzlových bodů zeměpisné sítě. Z deseti navržených zobrazení nejvíce odpovídala zákresu sítě staré mapy pseudocylindrická zobrazení. Nejmenší odchylky z těchto zobrazení vykazovala síť sinusoidálního zobrazení v normální poloze ($\varphi_k = 90^\circ$ s. š., $\lambda_k = 0^\circ$) s nezkreslenou rovnoběžkou $\varphi_k = 42,5^\circ$ s. š. a středním poledníkem $\lambda_k = 60,2^\circ$ z. d. Obraz sítě detekovaného sinusoidálního zobrazení poměrně přesně odpovídá průběhu rovnoběžek, menší odchylky jsou patrné jen ve vyšších zeměpisných šířkách. Výrazné odchylky se však vyskytují

v zákresu poledníků, což je způsobeno nepřesným zákresem poledníků staré mapy, jež netvoří plynulé hladké křivky a vytváří spíše křivku lomenou (obr. 7).



Obr. 7: Odchytky v zákresu poledníků na Weilandově mapě

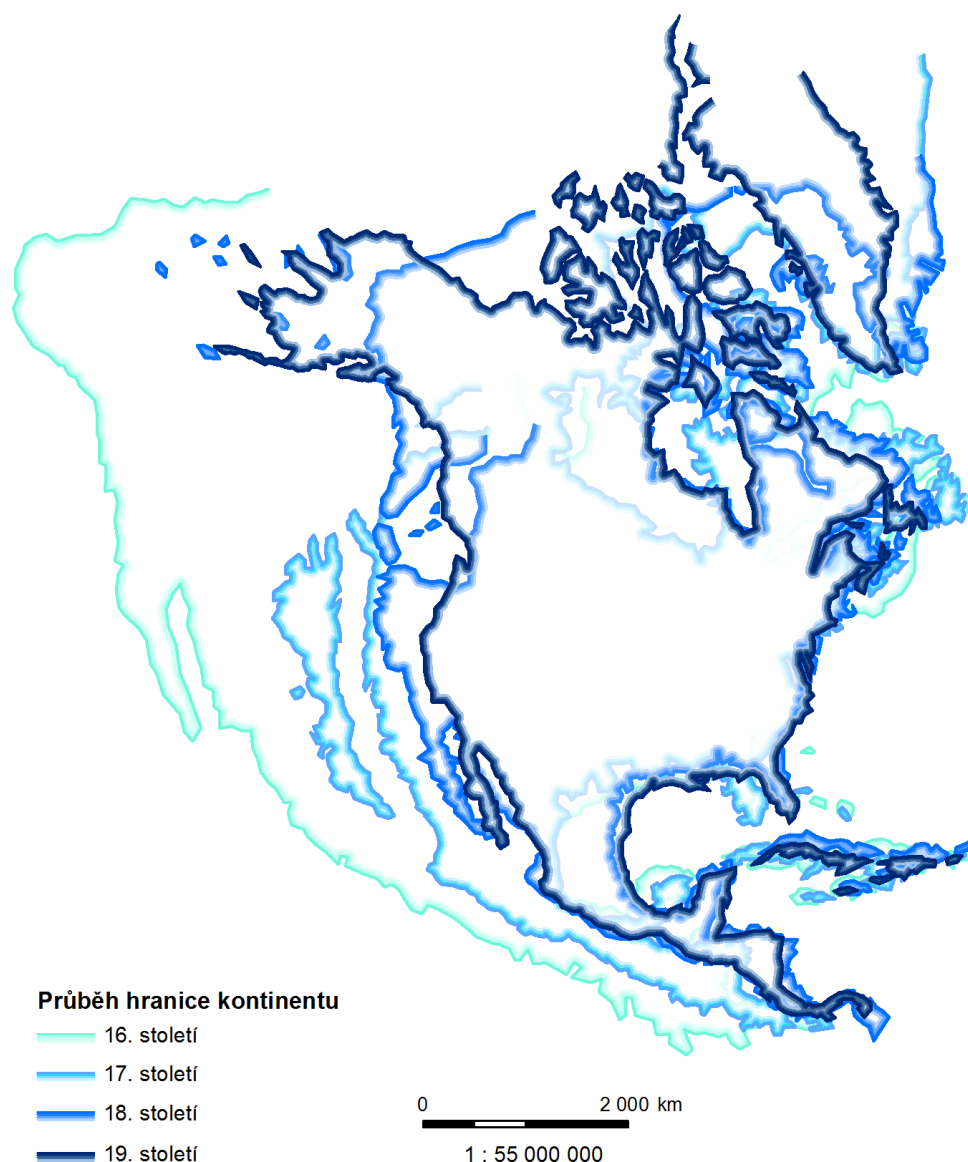
Výsledná hodnota měřítka odpovídá přibližné hodnotě 1 : 28 000 000 uvedené v bibliografickém záznamu mapy v databázi Mapové sbírky PřF UK, jež byla odvozena z grafického měřítka udávající velikost jednoho obloukového stupně v geografických mílech.



Obr. 8: Posun bodů na Weilandově mapě se zákresem zeměpisné sítě a současného stavu kontinentu

3.4.2 Polohová přesnost

V rámci této analýzy byla zhodnocena polohová přesnost 39 topografických bodů. Nejvyšší odchylky vykazují sídla na území Mexika. Některá města jsou od své skutečné polohy vzdálena téměř 140 km. Velikost a směr odchylek některých prvků, především při západním pobřeží kontinentu a západním pobřeží Grónska, je ovlivněna nepřesnostmi v zákresu poledníků (obr. 8). V některých částech mapy je hodnota odchylky v poledníkovém směru zvětšena až o 50 km. I přes tuto skutečnost je zakres severozápadního pobřeží oproti předchozím mapám výrazně zpřesněn, odchylky bodů se v této oblasti pohybují již jen okolo 50 km. Zpřesněny jsou také obrysy západního pobřeží Baffinova ostrova a východního pobřeží Grónska.



Obr. 9: Proměna tvaru severoamerického kontinentu během 16. – 19. století

4 Hodnocení vývoje

Z výsledků dílčích analýz vyplývá, že přesnost zákresu prvků na starých mapách Severní Ameriky se odvíjela od stupně poznání dané oblasti. Již nejstarší mapy proto nejpřesněji zobrazovaly Evropě blízké východní pobřeží a oblast kolem Mexického zálivu. Výrazné odchylky byly patrné především při západním a severním pobřeží a ve vnitrozemí kontinentu. Odchylky na nejstarší mapě se při západním pobřeží pohybovaly kolem 4 000 - 5 000 km (obr. 3), na mapě ze 17. století velikost těchto odchylek již nepřesahovala 2 000 km (obr. 4). Autoři se však stále dopouštěli chybného určení polohy prvků především v poledníkovém směru. Tato skutečnost souvisela s nedostatečnými technickými prostředky průzkumníků, jež v této době nebyla schopni správně určit zeměpisnou délku.

Znatelný pokrok v přesnosti zákresu prvku nastává během 18. století s rozvojem vědecké kartografie a dostupností nových technických prostředků. Například na Delislově mapě (obr. 6) je patrný výrazný posun západního pobřeží v poledníkovém směru a tvar kontinentu se již přibližuje současnému stavu. Během 18. a 19. století byla rozloha a tvar kontinentu již poměrně známy a odchylky bodů se pohybovaly již jen v řádu desítek kilometrů (obr. 8).

4.1 Proměna tvaru kontinentu

Na vývoji polohové přesnosti lze ilustrovat proměnu tvaru kontinentu během zvoleného období (obr. 9). Pro znázornění proměny tvaru Severní Ameriky byla z každého století vybrána jedna mapa reprezentující stupeň poznání kontinentu v daném období. Zvoleny byly následující mapy - Orteliova mapa Ameriky (1584), Sansonova mapa Severní Ameriky (1687), Delislova mapa Ameriky (1774) a Kiepertova mapa Ameriky (1863). Vybrané rastry byly transformovány do jednoho společného zobrazení. Jako nejvhodnější bylo zobrazení Severní Ameriky z databáze softwaru ArcMap zvoleno Lambertovo konformní kuželové zobrazení se středním poledníkem 96° z. z. d. a nezkreslenými rovnoběžkami $\varphi_0 = 20^\circ$ s. š. a $\varphi_0 = 60^\circ$ s. š. Před vlastní vizualizací proběhla ruční vektorizace jednotlivých rastrů v měřítku 1 : 10 000 000. Při vektorizaci byl kladen důraz na vystižení obecného charakteru pobřeží kontinentu, členité pobřeží v některých částech bylo významně zgeneralizováno.

Z tohoto grafického výstupu jsou zřetelné zkrácené představy Evropanů o šíři kontinentu během 16. a 17. století a postupné zpřesňování v zákresu polohy západního pobřeží. Během sledovaného období dochází k viditelnému zužování kontinentu.

Závěr

Výsledky analýz potvrzují souvislost vývoje mapového zobrazení kontinentu s postupem jeho poznání a s vývojem kartografických technik. Práce předkládá jeden z možných způsobů využití kartometrických analýz, které mohou být prostředkem nejen k získání poznatků o jednotlivých mapách, ale nabízejí také možnost s použitím dílčích výsledků dokumentovat vývoj kartografického zpracování určité oblasti. Jeho zasazením do dobového společenského a politického kontextu je možné charakterizovat průběh geografického poznávání určité části světa [3]. V mnoha případech se v mapách odrážejí spíše proměny představ společnosti o podobě daného území než skutečné doklady. Na zobrazované nepřesnosti je třeba nazírat s ohledem na soudobé možnosti kartografie a stupeň vývoje této disciplíny.

Literatura

- [1] PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY. *Mapová sbírka - digitální repozitář* [online]. 2014 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z: <http://digitoool.is.cuni.cz/>
- [2] BAYER, T. *Detekce kartografického zobrazení z množiny bodů*. Geografický a kartografický obzor. 2008, roč. 54, č. 2, 21 - 26.
- [3] JÍLKOVÁ, P. *Severní Amerika ve starých mapách*. Praha, 2014. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Bayer, Ph.D.

Abstract. This article deals with cartographic analysis of selected map works of European cartography showing the territory of the North America in period of 16th to 19th century. Basic cartometric characteristics of each map are analysed focusing on the detection and description of used map projection with software detectproj. Next the analysis of topographical content is performed to evaluate the position accuracy of depicted map elements of each map using ArcMap 10.1. At the end the progression of continent depiction is documented based on results of partial analyses with emphasis on the progression of position accuracy of topographical content and on the change of shape of the continent in the given period.

Key words: North America, cartometry, detectproj, ArcMap 10.1

Rozdílné přístupy k pozemkovým úpravám

Kateřina Jusková¹, Zlatica Muchová²

¹České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: katerina.juskova@fsv.cvut.cz

²Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Hospodárska 7, 949 76 Nitra, Slovenská republika
e-mail: zlatica.muchova@gmail.com

Abstrakt. Pozemkové úpravy mají veliký vliv na ráz krajiny a její funkce. Úkol současných pozemkových úprav není v navrácení krajiny do doby před rokem 1949, protože pronajímání a užívání velkých celků nelze pozemkovými úpravami zastavit. Sílu vnímají autoři příspěvku v pokusu obnovení vztahu mezi vlastníkem a nemovitostí. Česká a Slovenská republika jsou polohovým umístěním sousedé. Autoři příspěvku se snaží najít odpovědi na otázky, jestli obě republiky provádějí pozemkové úpravy stejně, a jestli se můžeme navzájem obohatit a od sebe přiučit. V příspěvku jsou porovnávány některé etapy pozemkových úprav a vyhodnoceny výhodnější postupy pro obě země. Podařilo se porovnat více než polovinu činností v procesu pozemkových úprav. Zjištěné výsledky budou součástí sestavení návrhu změn současných postupů pozemkových úprav obou zemí.

Klíčová slova: pozemkové úpravy, nároky vlastníků, návrh, výměra, cena, vlastník, list vlastnictví

Úvod

Účel a cíl pozemkových úprav (PÚ) v České republice je obsažen v § 2 [1]. Pozemkovými úpravami dochází ke scelování roztroušených pozemků jednotlivých vlastníků, zpřístupnění a vyrovnaní hranic těchto pozemků tak, aby se zajistily lepší podmínky pro zemědělské hospodaření vlastníků půdy a vyjasnila se k nim vlastnická práva. Zajišťují se jimi podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství (především protierozní a protipovodňovou ochranu) a zvýšení ekologické stability krajiny. Realizace plánu společných zařízení, který je důležitou součástí pozemkových úprav, znamená vybudování potřebných cest, protierozních a protipovodňových opatření, prvků zeleně, rybníků, biocenter, biokoridorů atd.

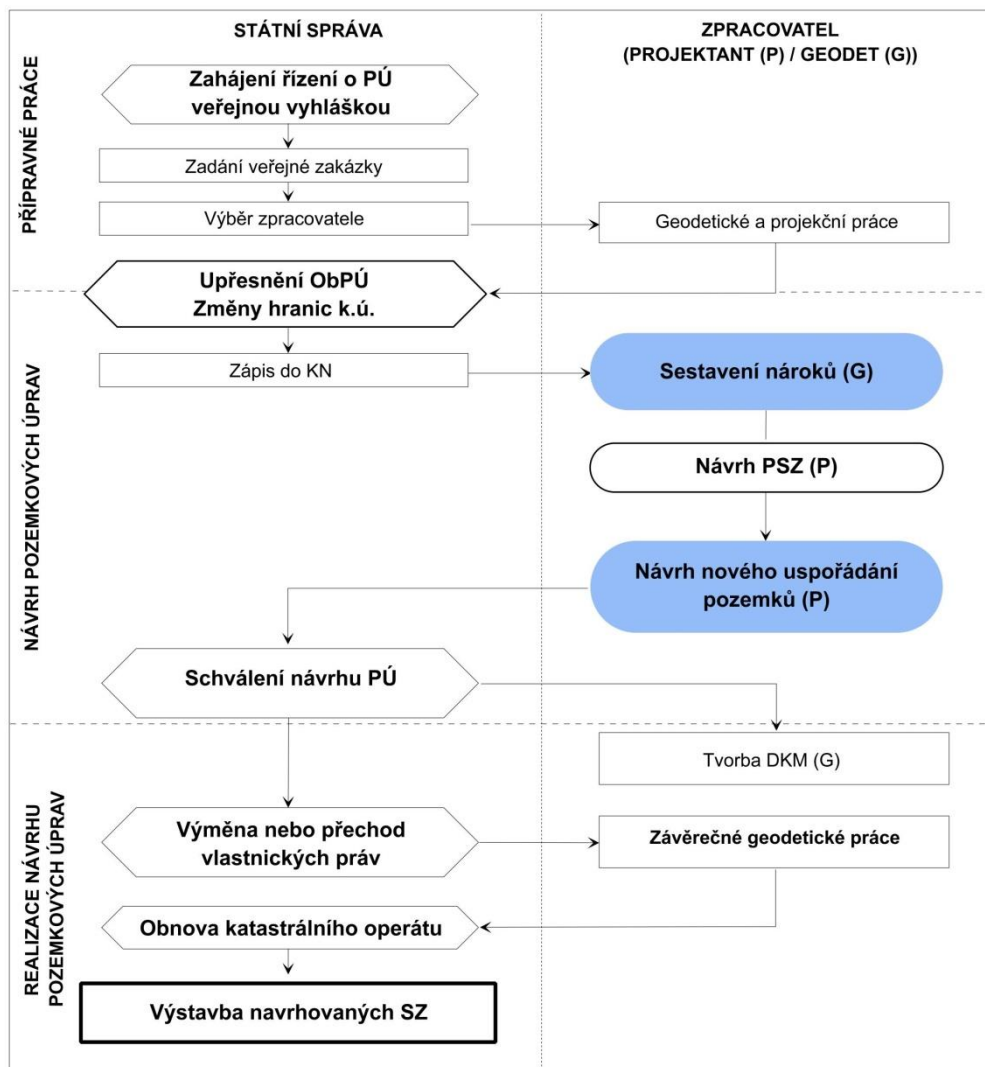
Pozemkové úpravy se provádějí ve veřejném zájmu. Na podkladě výsledků pozemkových úprav dojde ke kvalitní obnově katastrálního operátu, vznikne digitální katastrální mapa s přímou vazbou na skutečný stav v terénu a databáze informací o parcelách, vlastnících a dalších oprávněných osobách [2]. Výsledky PÚ slouží jako neopomenutelný podklad pro územní plánování [1, § 2].

Z větší části se provádějí pozemkové úpravy v České (ČR) a Slovenské republice (SR) podobně. V menší části se navzájem lišíme. A právě tyto odhalené části jsou tématem zkoumání. Příspěvek se zabývá rozdílností tvorby pozemkových úprav v České a Slovenské republice. Dotýká se některých etap v procesu pozemkových úprav, analyzuje jejich průběh, porovnává a zjišťuje rozdíly v obou zemích. Cílem je nalézt odlišnosti v současných postupech pozemkových úprav, nalézt vzájemnou inspiraci a navrhnout konkrétní změny ve vykonávání současných pozemkových úprav.

Česká spoluautorka tohoto článku se tematikou pozemkových úprav v České a Slovenské republice zabývá v rámci svého doktorského studia. Prezentované výsledky zkoumání jsou malou částí budoucí disertační práce. Pro výzkum byly použity legislativní předpisy, metodiky, statistické hodnoty z úřadů a dokumenty z dvou konkrétních úspěšně ukončených projektů pozemkových úprav České a Slovenské republiky.

1 Primární rozdíly v postupu pozemkových úprav

Zásadní rozdíly v procesu pozemkových úprav, na které jsme prozatím přišli, se všechny týkají etapy „Sestavení nároků“ a „Návrh nového uspořádání pozemků“. Tyto dvě etapy jsou graficky znázorněny v obr. 1, který představuje výřez z časového průběhu procesu pozemkových úprav v České republice. Těchto dvou etap se dotýká celý příspěvek.



Obr. 1: Výřez z postupu realizace pozemkových úprav v ČR – v modrém pozadí zvýrazněny zásadně rozdílné etapy od SR, kterých se dotýká příspěvek

1.1 Nároky na vstupu a návrh na výstupu pozemkových úprav

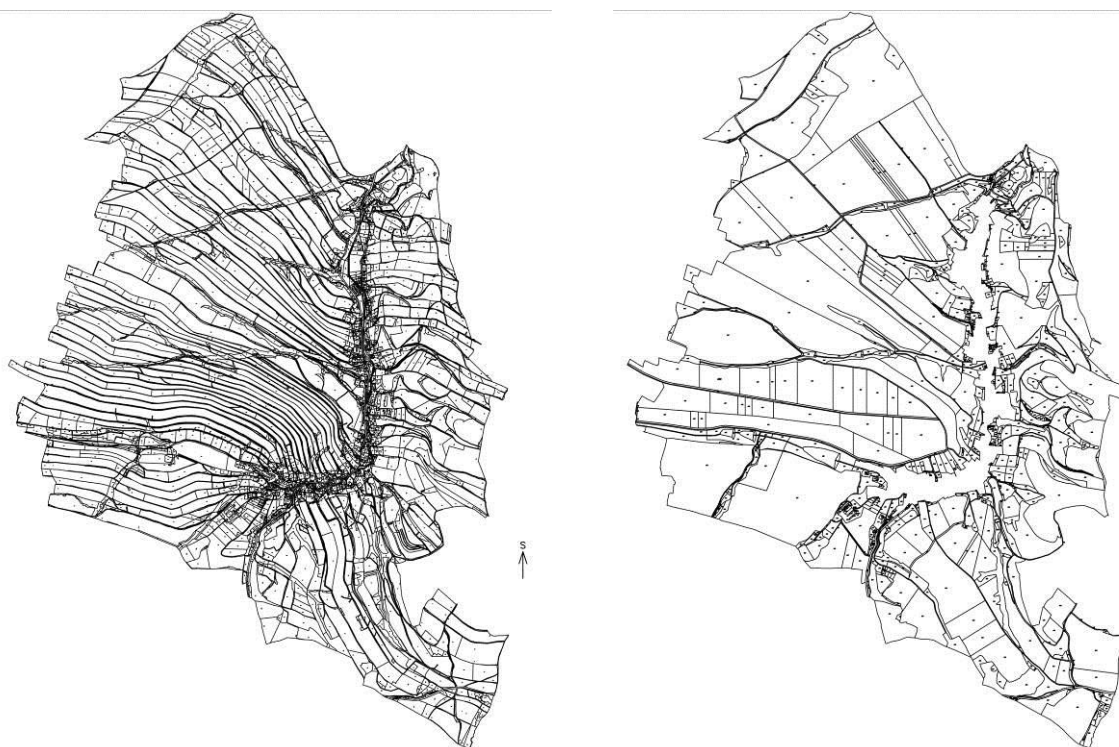
V České republice (ČR) se počítají nároky a navrhují nové pozemky na listy vlastnictví (LV), zatímco v SR na jednotlivé vlastníky. Pro vysvětlení, nároky znamenají výměru, cenu a vzdálenost (pozn. nárok ve vzdálenosti se v SR nepočítá) všech pozemků řešených v pozemkových úpravách, které se vytvářejí na jednotlivé listy vlastnictví (v ČR) a na jednotlivé vlastníky (v SR). S těmito nároky jednotlivé listy vlastnictví (v ČR) nebo vlastníci (v SR) vstupují do procesu PÚ a jsou jim podle toho navrhovány nové pozemky tak, aby přiměřeně odpovídaly vyhotoveným nárokům. Přiměřenost je stanovena v § 10 zákona [1].

Podle § 2 zákona [1] se v pozemkových úpravách v ČR vytvářejí nové pozemky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V zákoně [1] se píše o vlastních pozemcích a ne o listech vlastnictví. Pro Českou republiku je to však jednodušší způsob, vytvářet nároky a navrhovat nové pozemky na listy vlastnictví. Počet a čísla LV před a po PÚ jsou v ČR tedy většinou stejné. Může dojít maximálně

k zániku a vytvoření nových LV. Děje se tak v případech, kdy spoluvlastníci mají zájem na rozdělení spoluvlastnictví. Pobočka krajského pozemkového úřadu může v průběhu PÚ vypořádat spoluvlastnictví (§ 9 zákona [1]) tak, že vlastníkově připočte spoluvlastnický podíl k jeho nároku (vztaheno k LV) v obvodu pozemkových úprav (ObPÚ). Pokud spoluvlastník v ObPÚ vlastní pouze tento spoluvlastnický podíl, může se vytvořit nový LV pouze s tímto spoluvlastnickým podílem. Spoluvlastnictví lze vypořádat pouze na základě dohody o reálném rozdělení podílového spoluvlastnictví podepsané všemi spoluvlastníky [3]. Získat písemný souhlas od všech spoluvlastníků nemusí být kolikrát vůbec splnitelné.

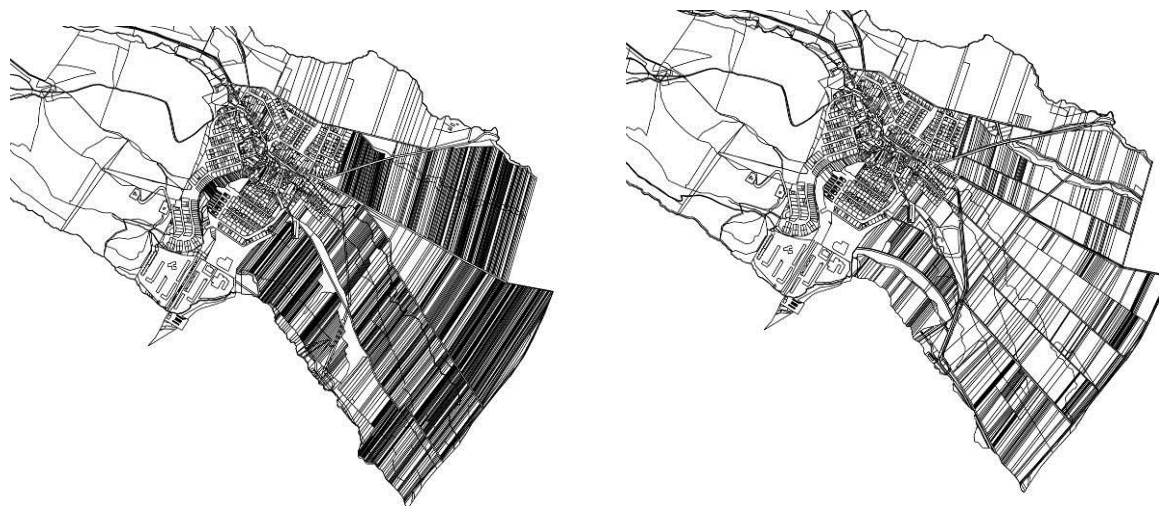
Fragmentace vlastnictví v ČR (průměrný počet spoluvlastníků na jeden pozemek je 1,59, počet vlastnických vztahů je 10,15 mil.) je několikanásobně menší než v SR (průměrný počet spoluvlastníků na jeden pozemek je 11,11, počet vlastnických vztahů je 97,95 mil.) [4], proto také v ČR nemusí být dostatečné důvody pro řešení PÚ na jednotlivé vlastníky.

V Slovenské republice je vhodnější pracovat (nárok a návrh) s jednotlivými vlastníky, ne s listy vlastnictví jako v ČR. Je to komplexnější řešení a v podmínkách rozdrobeného vlastnictví (průměrný počet parcel na jednoho vlastníka je 20,59) také nutnost, protože vlastník se zpravidla vyskytuje na množství LV. List vlastnictví jako vlastnická skupina totiž vzniká jen na základě společného právního úkonu a stejným spoluvlastnickým vztahem, přičemž nerespektuje umístění pozemků. Udržovat takovou vlastnickou skupinu jako konstantu v PÚ je v podmínkách SR nevhodné. Přímě v zákoně [5] je daná možnost pro účely PÚ zřídit anebo zrušit podílové spoluvlastnictví k pozemku. Pro rozdělení spoluvlastnictví není tedy v SR ze zákona nutný souhlas spoluvlastníků, provádí se automaticky. Pouze v případě nároku vlastníka nedosahujícího 400 m² na zemědělské půdě nebo 2000 m² na lesní půdě, potom je potřeba zřídit spoluvlastnictví a je také potřeba souhlasu všech spoluvlastníků na nově vytvořeném LV. Společné jmění manželů se také nerozděluje. Při PÚ tedy zanikají vstupující listy vlastnictví a vznikají úplně nové, na kterých by měl být ideálně pouze jeden vlastník ve vlastnickém podílu s hodnotou 1/1.



Obr. 2: Ukázka vlastnické mapy v České republice – k. ú. Dlouhá Loučka (vlevo na vstupu PÚ, vpravo na výstupu PÚ) [6]

Na obr. 2 a 3 jsou vidět zřejmé rozdíly vlastnických pozemků vstupujících do PÚ a nově navržených. V ČR jsou zobrazeny pozemky zapsané na jednotlivých listech vlastnictví, kde může být i několik spoluvlastníků. V ČR odpovídá nárok ve výměře na LV na vstupu do PÚ návrhu ve výměře na LV na výstupu z PÚ. V SR jsou zobrazeny parcely jednotlivých listů vlastnictví na vstupu do PÚ, kde se vyskytuje většinou velké množství spoluvlastníků (řádově i stovky). V návrhu (obr. 3 vpravo) jsou potom v SR zobrazeny nové pozemky s novými listy vlastnictví, kde jsou vlastníci většinou v podílu 1/1. Proto je také v tomto konkrétním případě průměrná výměra pozemku na výstupu v ČR třikrát větší a v SR pouze dvakrát větší než na vstupu do PÚ.



Obr. 3: Ukázka vlastnické mapy v Slovenské republice – k. ú. Kanianka (vlevo na vstupu PÚ, vpravo na výstupu PÚ) [7]

1.2 Výměra nových pozemků

Snahou je v ČR logicky navrhovat pozemky o výměře vhodné pro hospodaření a nedrobit už tak rozdrobené vlastnictví jednotlivých LV. Toto není bohužel stanovené legislativou. Minimální výměra pozemku je omezena pouze hodnotou evidovanou v katastru nemovitostí (KN), a to je 1 m². Vznik nového LV není omezen výměrou. Zákon [1] v § 2 definuje návrh nových pozemků tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. Neukládá však dále povinnost snižování rozdrobenosti vlastnictví např. definováním minimální výměry nově navrženého pozemku zemědělské a lesní půdy. Mohou tedy vznikat i nesmyslně malé parcely, pokud budou splňovat podmínky pro racionální hospodaření, zmíněné v § 2 zákona [1]. Tato podmínka totiž není dále v zákoně [1] specifikována.

V SR je minimální výměra pozemku, která se vyčleňuje na nově navrhovaná LV, stanovena na zemědělské půdě 400 m² a na lesní půdě 2000 m². Pokud součet podílů (nárok) vlastníka vstupujících do PÚ překračuje 400 m² zemědělské půdy nebo 2000 m² lesní půdy, vytvoří se pro něj takový nový list vlastnictví, kde bude v podílu 1/1. Pokud nárok vlastníka nedosahuje minimálních výměr, půjde tento vlastník v návrhu do spoluvlastnictví tak, aby na novém LV byl pozemek s minimální výměrou 400 m² (resp. 2000 m²). Na těchto nových LV jsou, stejně jako v ČR, pozemky sloučené do větších celků, zpřístupněné z veřejných cest a jejich hranice jsou vyrovnané pro racionální hospodaření vlastníků s půdou.

1.3 Přiměřenost nových pozemků

Nově navržené pozemky jsou přiměřené svou výměrou a cenou, pokud se od původních nároků listů vlastnictví (v ČR) nebo vlastníků (v SR) neliší více než o 10 % ve výměře, 4 % v ceně v ČR a 5 % ve výměře, 10 % v ceně v SR. Vlastníci dávají důraz v ČR podobně jako v SR na dodržení výměry. Vysoké kritérium 10 % ve výměře v ČR není tedy ve většině případů ani z části využíváno. Zato

kritérium 4 % v ceně se zdá být až nesmyslně nízké a pro projektanty pozemkových úprav často těžko splnitelné. Zemědělská půda se v obou zemích hodnotí v procesu pozemkových úprav podle ceny polygonů bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). V případě značně rozdílné ceny sousedních BPEJ je návrh nových pozemků velice komplikovaný. Bylo by praktické kritérium přiměřenosti ceny původních a navrhovaných pozemků v ČR navýšit alespoň na 10 %, které platí v současné době v SR.

Překročení kritéria přiměřenosti výměry či ceny v neprospěch vlastníka je možné s jeho písemným souhlasem v ČR i SR bez nároku na vyrovnání v penězích. Zákon [1] v ČR řeší překročení ceny, výměry nebo vzdálenosti nad rámec stanovených kritérií v prospěch i neprospěch vlastníka (v praxi myšleno LV). V SR řeší zákon [5] překročení kritérií výměry či ceny nad rámec stavených kritérií pouze v neprospěch vlastníka. Bylo by určité vhodné v tomto směru legislativu v SR rozšířit. Je totiž logické, že když dojde ke snížení výměry se souhlasem vlastníka, musí přijít v rámci ObPÚ u jiného vlastníka (nebo vlastníků) ke zvýšení výměry.

1.4 Hospodaření jednotlivých vlastníků půdy

V obou zemích může stát prostřednictvím Slovenského pozemkového fondu v SR a prostřednictvím poboček krajských pozemkových úřadů v ČR vykupovat pozemky nebo spoluvlastnické podíly za základní cenu zemědělských pozemků, tzn. za cenu dle BPEJ. V SR se mohou vykupovat pozemky vlastníků do 400 m² zemědělské půdy anebo do 2 000 m² lesní půdy. V ČR není tato možnost, která je uvedená v § 9 odst. 16 zákona [1], bohužel využívána. V SR se vykupují pozemky také velice zřídka a malých výměr (většinou do výměry 400 m²). Toho mohou využívat hlavně vlastníci, kteří nemají zájem na svých pozemcích ani hospodařit a ani je pronajímat.

Žádný státní orgán bohužel ani v ČR ani v SR nezprostředkovává nákup a prodej půdy za jednotnou cenu v rámci pozemkových úprav. Vlastníci, kteří chtějí hospodařit na svých pozemcích, mohou pouze ze své iniciativy vyhledat další vlastníky v ObPÚ, kteří nemají zájem hospodařit ani pronajímat své pozemky, a od nich nakoupit zemědělské pozemky za tržní cenu. Těmto iniciativním vlastníkům budou jejich všechny pozemky v pozemkových úpravách sceleny a zpřístupněny z veřejných cest tak, aby pro ně byly vytvořeny podmínky pro účelné hospodaření. V případě existence státní instituce, která by podporovala nákup půdy od vlastníků, kteří nemají zájem hospodařit ani pronajímat, a prodej této půdy vlastníkům se zájmem hospodařit, by se postupně z pronajímané krajiny stávala krajina vlastníků a snižoval by se extrémní nesoulad mezi vlastnictvím půdy a jejím užíváním. V některých západních zemích tento proces pod vedením státu funguje (např. v Dánsku). Zkoumání v tomto směru bude nadále pokračovat.

Závěr

Základním rozdílem v procesu pozemkových úprav v ČR a SR je navrhování nových pozemků na listy vlastnictví (v ČR) nebo na vlastníky (v SR). Zákon o pozemkových úpravách v ČR [1] je vztažen na vlastníky a nikoli na listy vlastnictví. Návrhem na jednotlivé vlastníky namísto listů vlastnictví v ČR by se předešlo komplikacím při rozdělování spoluvlastnictví, které zákon [1] umožňuje, a zvýšil by se efekt snahy o snižování fragmentace vlastnických vztahů, kdy jeden vlastník má podílové spoluvlastnictví na větším počtu listů vlastnictví. Dalším výhodnějším postupem v SR je stanovení minimální výměry nových pozemků na nové listy vlastnictví, 400 m² na zemědělské a 2000 m² na lesní půdě, která brání fragmentaci vlastnických pozemků (s malou výměrou). V SR by bylo určité vhodné rozšířit legislativu o postup při překročení kritérií výměry a ceny původních a nových pozemků v prospěch vlastníka. Zjištěné rozdíly mají význam pro budoucí návrh změn současných postupů pozemkových úprav v České a Slovenské republice, jehož budou součástí.

Literatura

- [1] Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku ve znění dalších předpisů.
- [2] Vlasák J., Bartošková, K. *Pozemkové úpravy*, ČVUT v Praze, 2009.

- [3] Jusková, K., Muchová, Z. Opravné koeficienty v České republice vs. příspěvek na společná zařízení a opatření v Slovenské republice v pozemkových úpravách. In: *Geodetický a kartografický obzor*. 2014, roč. 60(102), č. 6, ISSN 1805-7446.
- [4] Jusková, K., Muchová, Z. Land consolidation as an instrument for land ownership defragmentation in the Czech Republic and Slovakia. In: *MendelNet 2013 - Proceedings of International PhD Students Conference*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, p. 444-448. ISBN 978-80-7375-908-7.
- [5] Zákon č. 330/1991 Zb., o pozemkových úpravách, usporiadání pozemkového vlastnictva, pozemkových úradoch, pozemkovom fonde a o pozemkových spoločenstvách, v platnom znení, In: Zbierka zákonov, Autor: Slovenská národná rada.
- [6] GB-geodezie. *Dokumentace návrhu pozemkových úprav v k. ú. Dlouhá Loučka*, Jihlava: KPÚ pro Pardubický kraj, PK Svitavy, 2013.
- [7] Muchová, Z. a kol. *Všeobecné zásady funkčného usporiadania územia – Kanianka*. Prievidza, 2008. 108 s.
- [8] Vyhláška č. 13/2014 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav.
- [9] Dumbrovský, M., Mezera, J., Střítecký, L. *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*, ČMKPÚ, 2004.

Abstract. Land consolidation has a great impact on the landscape and its functions. The goal of the current land consolidation is not to restore the landscape to the period before 1949, as it is impossible to stop the renting and usage of large agricultural units by land consolidation. The positive impact of land consolidation lies rather in an attempt to restore the relationship between the landowner and their real estate. The Czech Republic and Slovakia are neighbours by their geographical position. The authors of the paper ask whether both countries carry out land consolidation in the same way, and what can they learn from this experience. The paper compares some phases of land consolidation and evaluates more suitable methods for both countries. The results obtained will form a part of a proposal for changes of current methods of land consolidation in both countries.

Key words: land consolidation, ownership claims, proposal, acreage, price, landowner, owner's folio

Tento příspěvek byl podpořen projekty SGS ČVUT číslo SGS14/050/OHK1/1T/11, „Extrakce informací z dat dálkového průzkumu Země a analýza urbanistického a dopravního vývoje, využití území a procesů pozemkových úprav vybraných lokalit“ a VEGA č. 1/0656/12 s názvem "Vytvorenie dátového základu pre implementáciu informačného systému pozemkových úprav".

Road Traffic Development in Prague and Its Interaction With the Environment

Vitalii Kostin

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: vitalii.kostin@fsv.cvut.cz

Abstract. In this paper the analysis of road traffic development in Prague with using GIS technologies is carried out. The author pays attention to the relationship between the road traffic development and changes of urban classes. One of the biggest challenges of modern cities is maintaining spatial development and growth with support of ecological safety. Since the urbanization processes mostly affect natural areas like green spaces, forest, agricultural land etc. In this context it is also important to assess the environmental impacts of road traffic development. Using Prague land use plans and data of the Czech Statistical Office, the author analyzes the expansion of road traffic as well as emission of harmful substances into the atmosphere from transport. The software ArcGIS 10.2 was used for the analysis.

Key words: road traffic, development, GIS, emissions, Prague

Problem statement

Road transport is one of the main vectors of economic development not only the city but also the state as a whole. The level and quality of the road transport is a basic indicator for investors, and also shows the quality of life of the population. The road transport directly affects on the processes of land use changes in a scale of urban planning, as well as the processes of changes in functional areas are influence on the road transport system. Currently there are attempts to reduce the intensity of road transport in modern cities, but the number of cars in cities is growing, therefore the road transport remains one of the main factors in the planning process of small settlements as well as a large agglomerations [1, 2].

In the existing economic and trade relations between the states developed road transport system allows to increases the mobility of goods, movement of people for work, study, tourism etc., which has a positive impact on the economic performance of the state, city or region. However, against a background of the economic benefits, not worth to forget about the negative consequences for the environment, which carries the development of transport substructures. The factors such as undesirable excessive fragmentation of the landscape, emissions of harmful substances into the atmosphere, necessity of allotment of large areas of land fund, etc., are the negative impact on the environment. Therefore, in recent years the influence of the environmental component in the development of traffic areas of the city of Prague is increasingly amplified, that leads to the search for new ways and mechanisms for the development of road transport [2].

The overall objective of this work is to identify trends in the development of the road transport system of the city of Prague, as well as to assess the impact of the development of traffic areas on the environment.

1 Study area

Prague is the capital of Czech Republic and represents a major cultural and economic center of the country. The city covers an area of 496 km² from which more than 45 km² is traffic areas. Prague is situated practically in the center of the Czech Republic by the geographical position and is an important intersection of road network not only the Czech Republic but also the Europe as a whole. Historically, in Bohemia region was laid a radial structure of the major routes, which are lead from different destinations to Prague [2].

The highway network in the Czech Republic with the main directions leading to Prague is shown in Figure 1 [3].

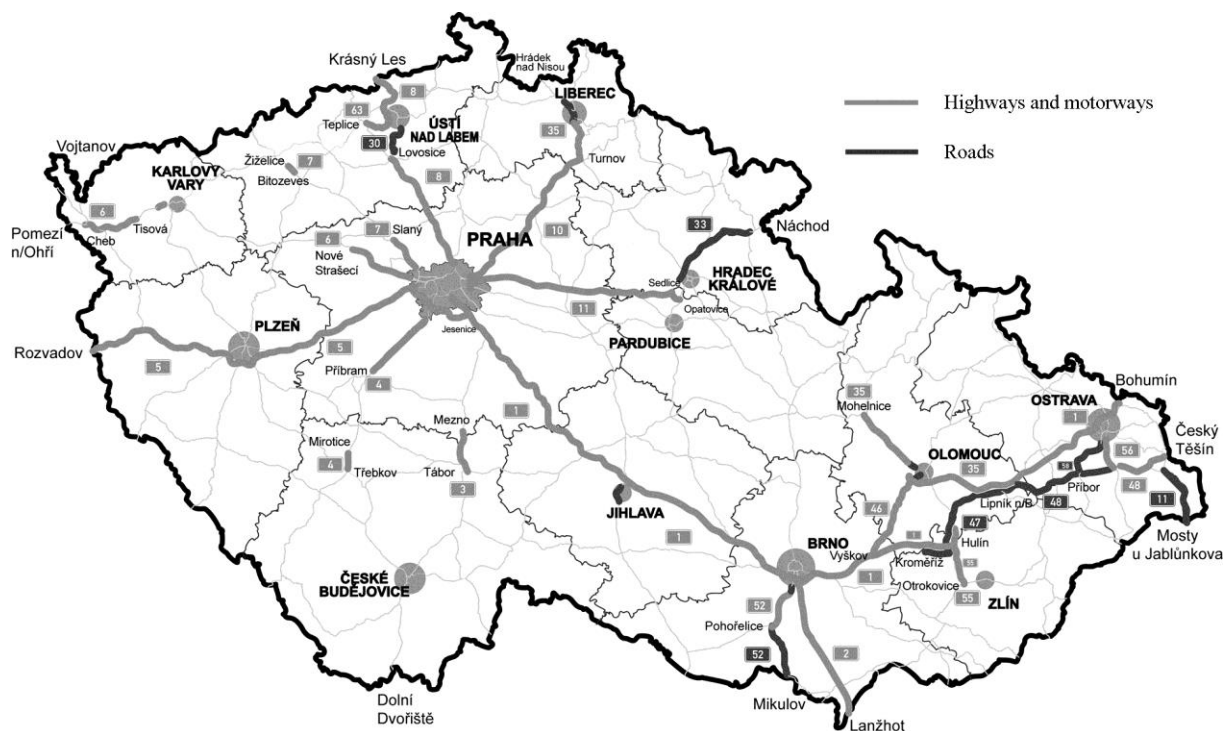


Fig. 1: Roads network in Czech Republic

The main highway which lead to Prague (Fig. 1) are D1 the busiest highway (Prague–Brno), D5 (Prague–Pilsen), D8 (Prague–Ústí nad Labem), D11 (Prague–Hradec Králové). This year is planned to put into operation the highway D3, which is situated outside the boundaries of Prague, but with connections to Prague Ring in Jesenice. There is a system of expressways directed to Prague, such as R4 (Prague–Příbram), R7 (Prague–Salty), R10 (Prague–Mladá Boleslav), R6 (Prague–Karlovy Vary). A few I. class roads are leading to Prague from region: I/2 (Prague–Kostelec nad Černými Lesy), I/9 (Prague–Mělník), which are connected to the D8 motorway [2].

Inner city highway network is mainly influenced by the situation caused of the historical development of Prague and is based on two rings, seven radial roads and two connecting roads. Currently in Prague in the existing road transport network is allocated two highway rings: Prague Ring, which is located mainly on the outskirts of the city and Prague City Ring, which is located inside Prague. In outlook the both rings will be connected seven major citywide radial roads [2].

2 Materials and methods

The spatial analysis with using software ArcGIS 10.2 was carried out to trace the development of traffic area over time, and also to establish a relationship with changes in land use of the city of Prague. The vector maps of the Land Use Plans of Prague for the years: 1986, 1994, 1999 and 2012 were used for the analysis. These maps were provided by the City Development Authority Prague in vector form, at scale 1:10 000. These land use plans are represent a document establishing the concept of city development. In other words it is «the law about the territorial use of Prague». These maps contain information about the land use in the city, which is presented in the form of polygonal objects. Each of these polygons represents a certain class of land use and contains attributes characterizing their color, type, name, area, geographic coordinates etc.

Because of different classification level of land use plans at four periods, the unified legend of land classification was created, which contains the following eight categories of land use: residential areas, production areas, recreation areas, traffic areas, other areas, forests, water bodies, agricultural land. Traffic area includes all areas of transport infrastructure, so the next transport systems were include to the class of traffic area: road transport network, rail transport, air transport, other transport infrastructure (includes facilities for public transport, water transport and parking) and transport

equipment (includes elements of transport infrastructure, which are not part of the citywide systems, such as garage, petrol station, parking, walkways, linking bridges, selected public spaces, etc.).

The analysis was performed with using tool «overlay» of the panel ArcToolbox in ArcGIS 10.2. Overlay analysis is one of the analytical methods which are using in GIS, and allows to combine attribute data with spatial information. On the basis of this operation, we can analyze data from different layers from the standpoint of their mutual positions. From the two layers – source and mask the third layer is formed, in which are combined polygons of both layers. Overlay analysis allows to identify at the expense of which land there was a development of traffic areas.

3 Analysis of the development of traffic areas

Increase of motor vehicles in Prague started in 60s of the 20th century. The first traffic problems began to appear because of the insufficient number of main intersections in the city center.

The significant growth of road transport was in the 90s of the last century, when the socioeconomic conditions changed, the development of a market economy started, the lifestyle has changed and became associated with greater mobility of the population and the car has become an affordable commodity. This in turn required a decision on further long term development of the transport network of the city. Increase of road traffic intensity and transport problems with specific conditions of Prague (relief of the city, housing density) indicated, that the situation in Prague road network does not help only the reconstruction or maintenance of existing roads [2,4].

Overlay analysis of land use plans are carried out consistent between periods: 1986–1994; 1994–1999; 1999–2012. Changes in traffic areas during the period from 1986 to 2012 are shown in Table 1.

Tab. 1: Development in traffic areas during the period 1986–2012

Year	Traffic area, ha	% of the year 1986
1986	3701	100
1994	4109	+10
1999	4113	+10
2012	4439	+17

In first period from 1986 to 1994, the increase of traffic areas amounts to 408 ha. In this period there was an increase in population of the city. The outer zone, lying between the border of compact city and the border of Prague, in this period represented land with a high share of undeveloped areas of natural or agricultural character. These land have offered the areas for building, that enabled the development of formerly independent settlements. The gradual development of these formerly small settlements have begun [4]. The outer city zone had the potential to not only development of residential areas but also the construction of shopping centers. This in turn required the development of transport infrastructure that would have linked these areas of outer zones with the city center. During 80s and 90s thanks to the implementation of separate plots of Prague City Ring and his connections with Prague Ring there is became possible to carry part of the inner city transport relations primarily in districts which located near Prague Ring.

During the second period from 1994 to 1999 there was a period of suburbanization and decrease of city population. It was the reason of minor changes in land use (Table 1). The area of transport infrastructure has remained practically unchanged.

The renewal of country transport networks and Prague especially has become even more relevant with the accession of the Czech Republic to the European Union. In the third period from 1999 to 2012 traffic areas have increased by 326 ha.

From 2002 the city population has started to increase. New residential locations have often implemented at the edges of compact urban core and different settlements on the developing areas. The most intensive development of residential areas occurred in the eastern part of the city. By the city

district the greatest development was in Prague 20, where the agricultural land has prevails. Therefore, on these part of the territory the construction of housing estates, which in turn has required appropriate transport accessibility. Figure 2 shows the current state of traffic areas in the city with parts of Prague Ring and Prague City ring.

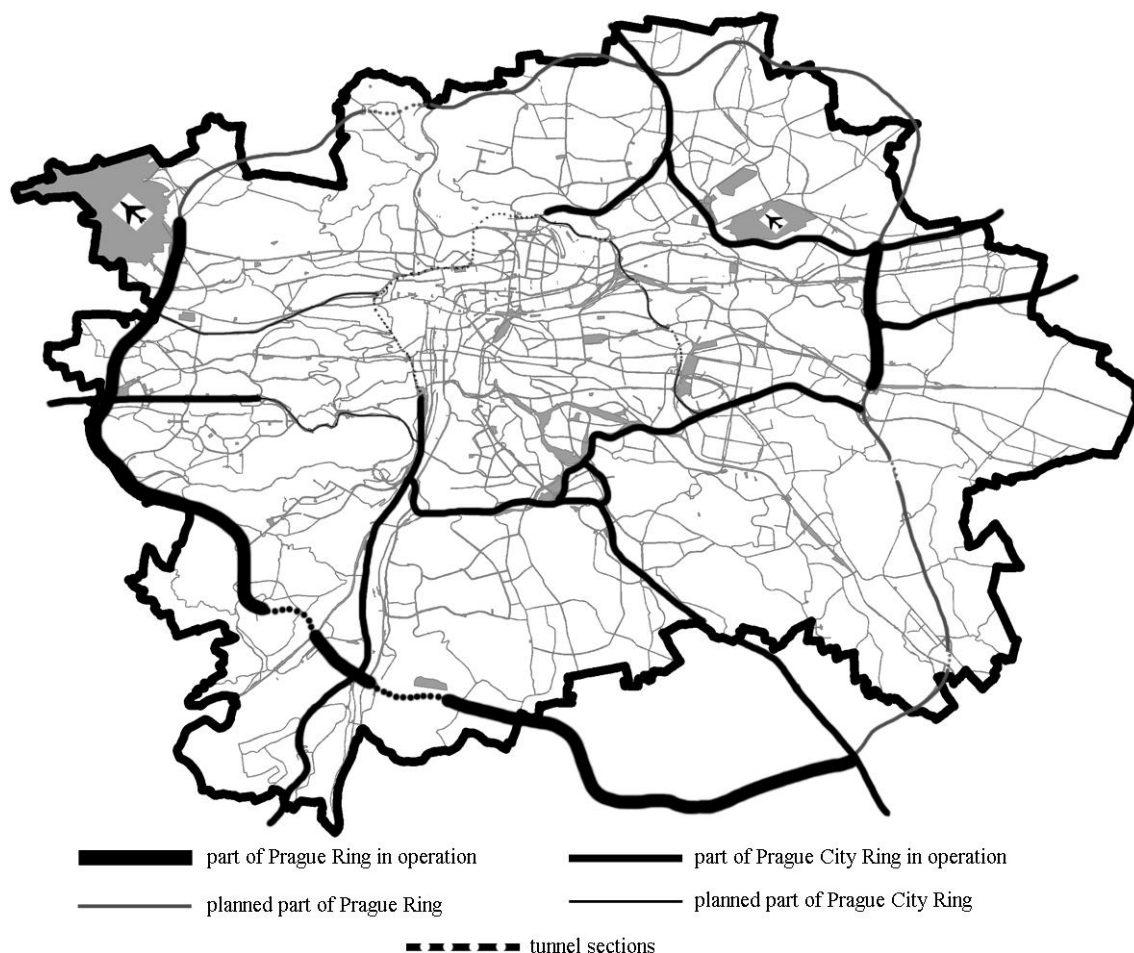


Fig. 2: The current state of traffic areas in Prague

It is also important to evaluate the development of the transport infrastructure not only in terms of the area size increasing in given class, but also to establish what changes in other classes of land use has led this development. The spatial overlay analysis was also used for these purposes. The transformation of land use classes was determined or in other words the major “sources” and “destinations” of appearing and disappearing land was identified [5].

ArcGIS 10.2 offers several overlay tools at working with polygons. In this paper the “union” tool is used, which computes a geometric intersection of the input features. All features will be written to the output feature class with the attributes from the input features, which it overlaps [6].

Table 2 shows the substitution in functional class of land use by traffic areas. This table shows only the increase of transport infrastructure area at the expense of certain classes of land use and does not displays the reduction which have been in the traffic areas class.

Because of insignificant changes in land use classes in the period from 1994 to 1999, only two periods was considered: 1986–1999 and 1999–2012.

Tab. 2: Substitution in functional classes of land use by traffic areas, ha

Period	Residential areas	Production areas	Recreation areas	Other areas	Forests	Water bodies	Agricultural land
1986–1999	112	102	57	747	82	11	349
1999–2012	76	18	9	268	18	3	116
Total	188	120	66	1015	100	14	465

During the period 1986–2012 as a negative result of the development of traffic areas is reducing of forest area on 100 ha and agricultural land on 465 ha (Table 2). This is mainly occurred due to the gradual urbanization and site development of agricultural land in the outer zone of the city. Large-scale construction of the Prague Ring has also affected on natural areas.

One of the main problems in Prague is shortage of parking spaces. This problem is caused by the historical structure of the city and compact planning, which practically does not allow to develop of new parking areas. This problem is partially solved by converting of unused production areas. As a whole the reduction of production areas is 120 ha (Table 2).

Reduction of other areas on 747 ha (Table 2) from 1999 to 2012 can be explain to the transition of these lands from other areas urban class to traffic areas. This was due to the fact that in urban plan from 1986 a military airport Kbely due to political reasons, was classified like other areas. In urban plan from 1994 the airport territory was classified like traffic areas. The similar situation was with airport Letnany which was used by Research and Testing Institute of Aviation and belonged to other areas class.

4 Influence of road traffic development on environment in Prague

Similarly as in other developed countries, the road transport in Czech Republic is one of the main factors which adversely affects the quality of the environment. The largest share in this regard has the road transport, which produces of air polluting emissions, generates high noise levels and requires significant land resources at the construction or reconstruction of road and motorway network [7].

Before the analysis of emissions of harmful substances into the atmosphere it is advisable to evaluate the development of the number of vehicles in Prague. Figure 3 shows the development of number of registered vehicles in Prague since 1981. Statistical data were taken on web page of the Czech Statistical Office [8].

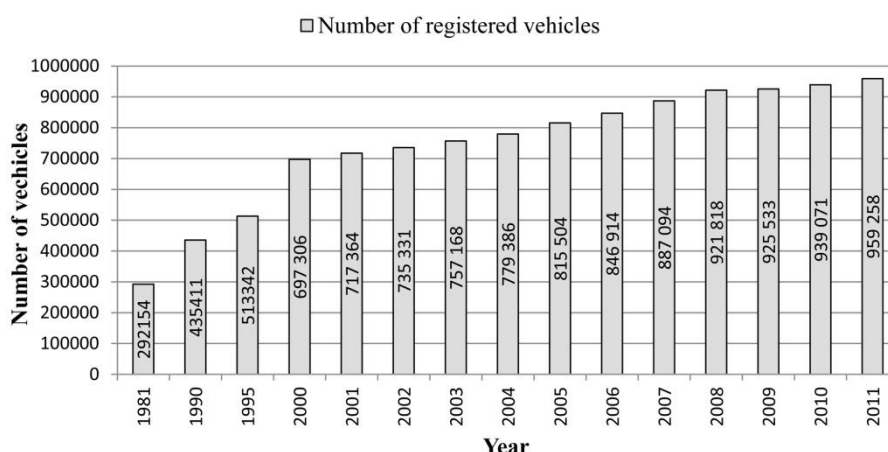


Fig. 3: Number of registered vehicles in Prague since 1981

As seen in Figure 3, the number of cars in Prague is steadily growing. This is due to the modern way of life, high mobility, the car has also ceased to be a luxury. Another reason is the rapid growth in city

population over the past 10 years. In general, the number of registered private cars in Prague has increased by 70% over the last 30 years (Fig. 3).

Emission of harmful substances into the atmosphere were analyzed to assess the effect of increase in the number of vehicles on the environment (Fig. 4). As the main pollutants are considered three substances: nitrogen oxides (NO_x) is released during the combustion of fossil fuels such as gasoline, fuel oil, natural gas, etc.; carbon monoxide (CO) is a common pollutant in the air, his amount depends on the road transport intensity; sulphur dioxide (SO₂) is highly toxic to plants [7].

The statistical data on amount of emissions considered substances from transport were used as initial data for the analysis [9]. Data on emissions of harmful substances in Prague are available only from 2000 to 2010.

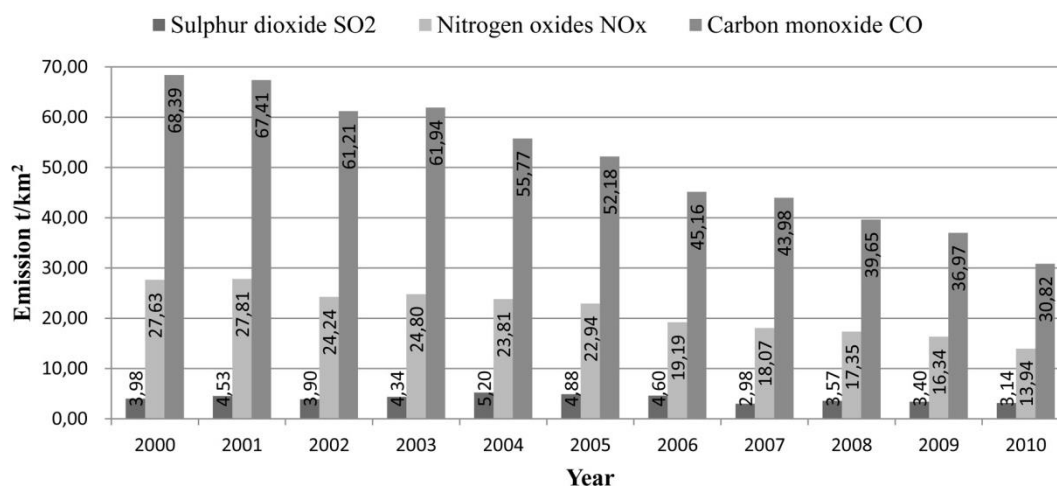


Fig. 4: Emission of harmful substances into the atmosphere from transport in Prague

As seen in Figure 4 the reducing of harmful emissions from road transport during the considered period is observed. Minor fluctuations occurred in the period from 2002 to 2004, but in general there is a tendency to reduce emissions. This is a paradoxical situation, there is a reduction of emissions of harmful substances into the atmosphere against the background of intensive growth of the number of vehicles in the city, which every year becomes more and more. However, this discrepancy can be explained by the following factor. First of all, the composition and quantity of transport emissions depends mainly on the condition of the vehicle fleet. Policies of the European Union which aimed at reducing of emissions tightens requirements for automobile companies. Mainly, due to technological improvements of engines and exhaust filtration systems. Therefore, analyzing on figure 4 increasing of number of cars in the city, it should be noted that about 70% of personal vehicles are comply with the standard EURO 3 or higher. More than 40% of personal vehicles are comply with the standard EURO 4 or higher. On the other hand, during the period from 2001 to 2009, the number of cars that do not even comply with the standard EURO 1 reduced from 25% to 4%.

5 Conclusion

The analysis which was carried out in this research work has revealed the trend of development of the traffic areas in Prague. Overlay analysis carried out in ArcGIS 10.2 software allowed to establish increase of traffic areas by 17% (738 ha) from 1986, including the uncompleted parts of the Prague Ring that were included in the urban plan of Prague, but not yet put into operation. The development of road network in Prague is primarily due to the construction of its main traffic arteries: outer Prague Ring and inner City Ring. Construction of these objects will reduce the transport load in the central parts of the city and also to improve transport accessibility in the developing residential areas located near the city border. The interest from investors in land lots which adjoining to Prague Ring will be increasing. Among the negative factors is reduction of forest area by 100 ha and agricultural land by

465 ha, fragmentation of natural areas, which violated the integrity of ecosystem. It was established that despite the increase in number of private cars by 70%, the overall trend of gradual reduction of harmful emissions into the atmosphere is observed. This is due to the improvement of condition of vehicle fleet and with the ever increasing requirements for automobile companies. But as the counterbalance of this positive trend may be the increasing road freight transport, which bear a greater load on the environment and in developing of trade relations between the countries will only increase.

References

- [1] Šindlerová, V. *Metody prognózy intenzit dopravy generované vybranými typy zástavby* / V. Šindlerová // Urbanismus a územní rozvoj. – Ústav územního rozvoje. – 2009. – Ročník 12, №5, P. 44–45.
- [2] Územně analytické podklady hl. m. Prahy. Doprava. Available from: http://uppraha.cz/uploads/assets/soubory/data/UAP2008/2_12_doprava.pdf. – 15.04.2013.
- [3] Aktuální přehled placených úseků k 1. červnu 2011. [vid 3. 10. 2014] Available from: <http://www.podnikatel.cz/clanky/zavedeni-myta-na-okreskach-2011>.
- [4] Szentesiová, K. *Úrbanistický vývoj Prahy za posledních 20 let* / K. Szentesiová // Urbanismus a územní rozvoj. – Ústav územního rozvoje. – 2010. – Ročník 13, №5, P. 129–147.
- [5] Delden, H. *Assessment and scenarios of land use change in Europe* / H. Delden, A. Hagen, P. Luja, Y. Shi, J. Vliet // Publication of Research Institute for Knowledge Systems / Maastricht Research Institute for Knowledge Systems. – 2008. – 82 p.
- [6] Pratt, M. ArcUser / M. Pratt // *Magazine for Esri Software Users* / ESRI. 2012. – 72 p.
- [7] Adamec, V. *Znečištění ovzduší z dopravy* / V. Adamec, J. Dufek, J. Jedlička, J. Huzlík, R. Cholava // Časopis Ochrana ovzduší / Ochrana kvality ovzduší. – 2005. – 28 p.
- [8] Časové řady s údaji za Prahu a její části. *Dlouhodobý vývoj Prahy* / Český statistický úřad [vid 29. 09. 2014]. Available from: http://www.czso.cz/xa/redakce.nsf/i/casove_rady.
- [9] Časové řady s údaji za Prahu a její části. *Životní prostředí* / Český statistický úřad [vid 29. 09. 2014]. Available from: http://www.czso.cz/xa/redakce.nsf/i/casove_rady.

Abstrakt. V tomto článku byla provedena analýza vývoje dopravních ploch hl. m. Prahy s využitím GIS. Autor klade důraz na vztah mezi vývojem dopravních ploch a změnami funkčního využití území. Jednou z největších výzev velkých měst je udržování prostorového rozvoje a růstu se zachováním ekologické bezpečnosti, vzhledem k tomu, že urbanizační procesy nejvíce ovlivňují přírodní plochy, jako jsou plochy zeleně, lesy, zemědělská půda atd. V tomto smyslu důležité je také posoudit vliv vývoje automobilové dopravy na životní prostředí. S použitím územních plánů hl. m. Prahy a dat Českého statistického úřadu, autor analyzuje rozvoj dopravních ploch a emise škodlivých látek do ovzduší z dopravy. Pro analýzu byl použit software ArcGIS 10.2.

Klíčová slova: dopravní plochy, vývoj, GIS, emise, Praha

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT 14/050/OHK1/1T/11 „Extrakce informací z dat dálkového průzkumu Země a analýza urbanistického a dopravního vývoje, využití území a procesů pozemkových úprav vybraných lokalit“.

Data dálkového průzkumu Země v katastru nemovitostí ČR

Jiří Kratochvíl

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: jiri.kratochvil.1@fsv.cvut.cz

Abstrakt. V posledních letech dochází k prudkému rozvoji dálkového průzkumu Země (DPZ) jak ve světě, tak i v České republice. Jeho produkty jsou čím dál přesnější a tím se rozšiřuje i jejich použitelnost v různých společenských odvětvích. Tento článek se zabývá představením dat DPZ, která se používají pro potřeby Katastru nemovitostí ČR. Podrobněji jsou popsány jednotlivé typy dat, jejich získávání, zpracování a výsledné produkty. V závěrečné části jsou nastíněny některé další možné výzkumy, které by se zakládaly právě na datech DPZ dostupných v ČR.

Klíčová slova: letecké laserové skenování, letecké snímky, ortofoto, katastr nemovitostí

Úvod

Daty dálkového průzkumu Země (DPZ) se označují taková data, která byla získána nepřímou metodou bez nutnosti přímého kontaktu se Zemí. Existuje široká škála možností získávání těchto dat jako například: letecké i pozemní snímkování, letecké i pozemní laserové skenování, družicové snímky nebo radarová interferometrie. Autorovo téma disertační práce úzce souvisí s Katastrem nemovitostí ČR. Z tohoto důvodu se tento článek věnuje ve své první části pouze datům DPZ, která svým rozsahem pokrývají celý katastr. Část druhá opět souvisí s katastrem nemovitostí. Konkrétně se věnuje zmapování některých spíše menších projektů a výzkumů, které využívají data DPZ pro potřeby katastru, a to nejen v České republice ale především ve světě. Rozvoj DPZ a jeho produktů souvisí nejen s neustálým zdokonalováním snímacích zařízení (skenery, fotografické komory, radary), ale také s rozvojem informačních technologií (vyšší výpočetní výkon počítačů, stále novější software na zpracování dat) a vědeckým bádáním, které vede ke zdokonalování dosavadních způsobů zpracování anebo ke způsobům novým. Rozvoj DPZ vede zároveň k výraznému zvyšování přesnosti jeho produktů (digitální modely reliéfu, terénu, ortofoto). Zvyšování přesnosti nastiňuje otázku využití dat DPZ v souvislosti s katastrem nemovitostí, kde právě vysoká přesnost je předpokládána.

1 Data DPZ v ČR a jejich využití

V následující kapitole budou představeny nejvýznamnější typy dat DPZ, která jsou pořizována na území České republiky. Mezi hlavní důvody pravidelného pořizování těchto dat patří především rychlost pořizování a zpracování velké části území. Za nevýhody lze považovat vysoké finanční náklady a nutnost dalšího zpracování. Právě zpracování pořízených dat může být v některých případech velmi náročné a nelze provádět automaticky bez lidského zásahu. Konkrétně budou následující podkapitoly věnovány leteckému snímkování, leteckému laserovému skenování (LLS) a produktům, které je využívají jako podkladová data.

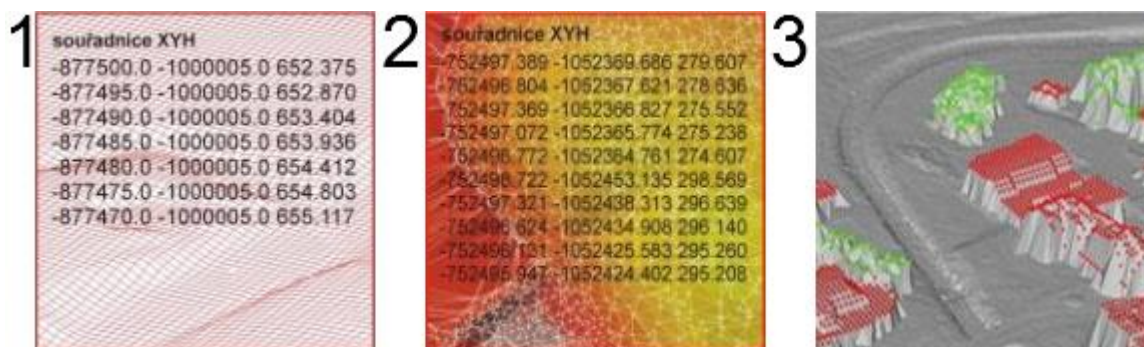
1.1 Letecké laserové skenování

V souladu s rozvojem vědy a techniky se otevřely nové možnosti tvorby geodetických a kartografických podkladů. V dobách před využíváním leteckého laserového skenování byly v České republice k dispozici digitální výškové modely ve formě například vrstevnic ze ZABAGED anebo gridu 10 × 10 metrů ze ZABAGED. Prvním výškopisným modelem označovaným jako digitální model reliéfu (DMR) byl tzv. DMR 2,5. generace. Jednalo se o grid s rozestupy bodů 100 × 100 metrů. Dalším modelem reliéfu byl DMR 3. generace, který vznikl stereofotogrammetrickou metodou. Střední chyba všech těchto modelů se pohybovala v řádu jednotek metrů v závislosti na typu terénu. Tyto výškopisné modely začaly být zastaralé a málo přesné. Proto vznikl projekt, jehož cílem bylo provést letecké laserové skenování celé republiky a pomocí těchto dat vytvořit nové výškopisné digitální modely. Postupně tak začaly vznikat digitální modely reliéfu 4. generace (DMR 4G), digitální

model reliéfu 5. generace (DMR 5G) a digitální model povrchu 1. generace (DMP 1G) [1] [2]. Garanty celého projektu jsou Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK), Ministerstvo zemědělství (MZe) a Ministerstvo obrany (MO).

Samotné letecké laserové skenování začalo v roce 2010 a postupně bylo prováděno ve 3 etapách v částech republiky střed, východ a západ. MO poskytlo pro skenování letoun typu L 410 FG. Letoun nese laserový skener RIEGL LMS – Q680, jehož příslušenství navíc obsahuje zařízení pro určování polohy skeneru a inerciální měřicí jednotku. Skenování bylo prováděno v průměrné výšce 1400 m nebo 1200 m nad střední rovinou terénu. Skenování probíhalo po blocích o rozměrech přibližně 10 × 60 km. Boční překryv skenovaných bloků se pohyboval v rozmezí od 30 % do 70 % v závislosti na členitosti terénu. Takto naskenované body jsou komplexně zpracovávány pomocí moderních geoinformačních technologií. Metoda zpracování je velmi časově náročná a to nejen z důvodu zpracování nadměrného množství naskenovaných bodů, ale také z důvodu nutnosti manuálních zásahů operátorů. Průměrná hustota bodů laserového skenování je cca 1,2 bodů na 1 m². V současnosti platí odhad dokončení jednotlivých výškových modelů do konce roku 2015 [3] [4].

Ze všech výše zmíněných výškových modelů jsou v současnosti v digitální podobě dostupné vrstevnice ZABAGED, grid ZABAGED 10 × 10 metrů, DMR 4G, DMR 5G a DMP 1G. Tyto produkty lze pořídit prostřednictvím geoportálu ČÚZK [1] po výdejních jednotkách (např. mapový list SM 5 2,5 × 2 km) za poplatek. Zdarma mohou produkty získat studenti pro závěrečné nebo semestrální práce, ovšem v omezeném množství. Dále pak orgány státní správy a územní samosprávy, státní pozemkový úřad [5]. V následujících odstavcích budou stručně charakterizovány nejnovější výškové modely vznikající z dat leteckého laserového skenování (obr. 1).



Obr. 1: Výškopisné modely v ČR: DMR 4G (1), DMR 5G (2), DMP 1G (3)

1.1.1 DMR 4G

Jedná se o nejrozšířenější produkt leteckého laserového skenování. V současnosti DMR 4G pokrývá již 100 % České republiky. Představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského reliéfu v digitální formě v podobě výšek diskrétních bodů v pravidelné čtvercové síti 5 × 5 m bodů o souřadnicích X, Y, H. H je nadmořská výška ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv). Úplná střední chyba výšky tohoto modelu je 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v terénu zalesněném [1] [3].

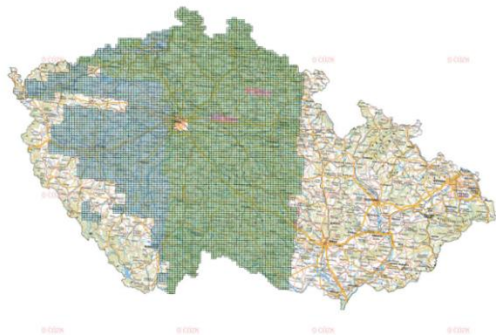
1.1.2 DMR 5G

Jedná se o výškově nejpřesnější model reliéfu, který bude vytvořen pro celé území České republiky. V současnosti stále probíhá vytváření DMR 5G. Jeho dokončení je plánováno do konce roku 2015. Aktuální stav aktualizace DMR 5G je zobrazen na obrázku č. 2. Detailněji se jedná o zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského reliéfu v digitální formě v podobě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H. H je nadmořská výška ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv). Úplná střední chyba výšky tohoto modelu je 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu [1] [4].

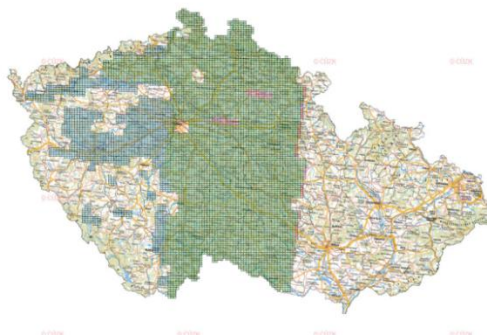
1.1.3 DMP 1G

Na rozdíl od předchozích zmiňovaných modelů, DMP 1G je unikátním modelem povrchu, který bude pokrývat celé území České republiky. Od modelů reliéfu se odlišuje tím, že zobrazuje území včetně staveb a rostlinného pokryvu. DMP 1G je podobně jako DMR 5G tvořen nepravidelnou sítí výškových bodů (TIN) avšak s vyšší úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (např. křoví, lesy, apod.) [1].

1)



2)



Obr. 2: Stav aktualizace DMR 5G (1) a DMP 1G (2) [1]

1.2 Letecké snímkování

Dalším produktem DPZ, který je dostupný pro celé území ČR je Ortofoto České republiky. Ortofotomapa (ortofoto) je digitální kartografické dílo, které jako hlavní podklad využívá polohově umístěný letecký měřický snímek, přičemž si zachovává další náležitosti mapy – měřítko, souřadnicový systém, a směrovou orientaci. Výhody ortofotomapy oproti dosavadním mapám jsou například úplnost, přehlednost, zapamatovatelnost a zobrazení ve skutečných barvách a s tím související lepší čitelnost. Zkráceně řečeno ortofotomapa přehledně odráží skutečný stav zemského povrchu vztahený k datu pořízení leteckých snímků [8]. Ortofoto ČR vzniká diferenciací (ortogonalizací) leteckých měřických snímků zemského povrchu, při kterém jsou odstraněny posuny obrazu vznikající perspektivním zobrazením území s výraznější výškovou členitostí. Ortofota jsou barevně vyrovnaná a zdánlivě bezešvá, protože švy jsou vedeny po přirozených liniích (Detailní popis tvorby ortofota a jednotlivých kroků je k dispozici v dokumentu [7]). Samotné letecké snímkování se provádí ve dvouleté periodě, kdy v každé periodě je nasnímkována polovina republiky (rozdělení na pásma Západ a Východ). Snímkování je prováděno digitální kamerou (od roku 2010), což má pozitivní vliv na přesnost výsledného produktu. Velikost pixelu výsledného ortofota je 0,25 cm (do roku 2008 0,5 cm). Tvorbu ortofota zajišťují Zeměměřičský úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. Výsledný produkt je vytvořen v rozměrech 2 × 2,5 km, tj. v kladu listů Státní mapy 1 : 5 000.

1.3 Využití nově vzniklých produktů z dat DPZ

Nově vzniklé výškové modely vykazují výrazně nižší hodnoty středních chyb výšky než modely předchozí. Z toho důvodu jsou v současnosti využívány k zpřesňování polohopisu dosavadních geodat. Například k zpřesňování polohopisu ZABAGED, kdy dochází ke zpřesňování průběhu silnic, železnic břehových čar, přehradních hrází. Mimoto dochází i k zpřesňování hranic prvků, které se nacházejí v zalesněném území (např. vodní toky), které nebylo možné přesně identifikovat z ortofota. V kartografii se nové modely využívají také k tvorbě stínovaných reliéfů, které často bývají součástí kartografických děl. Dále bývá stínovaný reliéf k dispozici jako vrstva v různých webových mapových aplikacích (například Geoportal ČÚZK [1]) anebo prostřednictvím WMS služeb. Jedním z nejdůležitějších účelů DMR 4G je jeho využití při ortogonalizaci v rámci tvorby ortofota. Výsledná střední polohová odchylka ortofota závisí mimo jiné i na střední výškové odchylce výškového modelu, který je použit pro jeho tvorbu. DMR 5G se v současnosti používá například k tvorbě nových přesnějších vrstevnic pro Základní mapy České republiky (1:10 000, 1:25 000, 1:100 000 a 1:200

000). Zajímavostí je budoucí potenciální využití dat leteckého laserového skenování ke zpřesnění kvazigeoidu⁴, kdy doposud jsou používány výškopisy ze ZABAGED [5] [6].

Ortofoto nalézá své využití v mnoha oborech. Je nedílnou součástí velkého množství mapových aplikací a geografických informačních systémů. Dále se hojně používá jako podklad pro potřeby mapování a katastru nemovitostí. ČÚZK poskytuje ortofoto i ve formě WMS a WMTS⁵. Důležitou roli hraje i při tvorbě aktuálních DMR a DMP. V neposlední řadě se využívá jako vstupní data pro další analýzy, např. analýzu zdravotního stavu vegetace apod.

2 Použití dat DPZ v souvislosti s katastrem nemovitostí

V souvislosti s celosvětovou urbanizací a rozvojem techniky se mnoho světových výzkumů zabývá tvorbou 3D katastrů nemovitostí. Dokonce se již objevují i výzkumy, které k dosavadním třem rozměrům přidávají ještě rozměr čtvrtý, a to čas. Tím je myšlena možnost zobrazení aktuálního stavu katastru pro jakýkoliv časový okamžik. V České republice jsou katastrální data obyvatelům online dostupná ve 2D pomocí služby „Nahlížení do katastru nemovitostí“. V 3D katastrech by měly být dostupné i 3D prohlížecké služby nemovitostí (např. Virtuální prohlídka). Jako data pro tvorbu 3D katastru se používají data stávajících 2D katastrů, geodetického měření, DPZ, GIS databází, fotogrammetrie. Z dat DPZ hrají velkou roli data leteckého laserového skenování. Současným problémem je uložení velkého množství dat 3D geometrií a jejich následné efektivní zpracování. Nicméně v blízké budoucnosti bude modernizace katastrů a tvorba 3D katastrů jistě hrát stále důležitější roli. V současnosti se tomuto výzkumu věnují v zemích s vysokou urbanizací a hustotou zalidnění. Jedná se například o asijské státy jako Čína a Jižní Korea. Z evropských zemí například Nizozemsko [9, 10, 11, 12].

Data DPZ jsou dnes již nedílnou součástí procesu tvorby katastrálních map. Při tvorbě katastrální mapy mohou data DPZ hrát různou úlohu. Od pouze pomocné, informativní až po přímý podklad pro tvorbu katastrální mapy. Například v Pákistánu se jako přímý podklad pro tvorbu digitální katastrální mapy používají barevná ortofota. Ortofoto jsou vytvořena z dostupných buď leteckých anebo satelitních snímků (družice QuickBird) s velikostí pixelů 0,6 a 2,4 m. Z dostupných stereo-satelitních snímků družice SPOT-5 byl vytvořen digitální model terénu, který se používá pro tvorbu ortofota. Digitální katastrální mapa je tvořena vektorizací z ortofota za dohledu vlastníků a zástupců státního pozemkového úřadu, kdy se nad ortofotem dohodnou na průběhu hranic. Jako pomocné podklady pro určení průběhu hranic se používají geodetická měření, náčrty anebo dosavadní katastrální mapy. V porovnání s vyspělejšími státy nemá smysl porovnávat přesnost výsledné mapy, avšak pro státy s méně vyspělým katastrálním operátem typu Pákistánu představuje zapojení metod DPZ do tvorby katastrálního operátu výrazný pokrok a především časovou i finanční úsporu [13].

Dokonce se objevují výzkumy, které popisují aktuální stavy katastrů po celém světě. Funkční a aktuální katastr není ve světě samozřejmostí. Podle dat z roku 2009 je funkční katastr nemovitostí zřízen v 30–50 zemích světa. V dalších 50 zemích právě probíhají práce pro vytvoření aktuálního katastru. Ve zbývajících cca 90 zemích aktuální katastr neexistuje vůbec. Tyto země v současnosti bohužel nemají dostatek finančních prostředků na jeho zřízení. Proto je kladen velký důraz na výzkum DPZ, aby bylo možné vytvořit katastrální operáty co možná nejefektivněji a nejlevněji [15].

Data LLS České republiky jsou hojně využívána při výzkumech souvisejících s katastrem nemovitostí. Důležitou roli hrají při výzkumu detekce hranic budov z dat DPZ a klasifikace leteckých snímků, který probíhá na ČVUT v Praze. Samotná objektově orientovaná klasifikace leteckých snímků nenabízí vždy přijatelné výsledky. Při zahrnutí dat LLS do klasifikace může dojít k výraznému zpřesnění metody. Ke správné klasifikaci objektu může být využita výšková informace z LLS, která může pomoci při rozhodování mezi různými třídami, například mezi budovami s rovnou střechou a parkovištěm. Nevýhodou je nízká hustota dat LLS (cca 1 bod/m²). Pro srovnání například v Německu jsou k dispozici data LLS s hustotou 4 body/m². S novým a hustším LLS celé České republiky se v nejbližší době nepočítá, neboť se jedná o velmi drahou záležitost. Proto se pro výzkumné účely

⁴ Referenční plocha v systému normálních výšek blízká geoidu, využívá se při transformaci mezi nadmořskou a elipsoidickou výškou (GPS).

⁵ Jde o WMS službu ve formě dlaždic (Tile) z důvodu optimalizace rychlosti odezvy služby.

někdy používají i „hrubá“ data LLS, které obsahují například neúplné odrazy. Pro výzkumné účely mohou mít i tato data určitou vypovídací hodnotu. Tato data jsou spravována a poskytována Zeměměřičským úřadem v Pardubicích.

Pro různé lokální projekty se často používají data LLS s daleko větší hustotou. Jedná se však o data pořízená na zakázku soukromou společností. Příkladem je například skenování části území Krkonošského národního parku s průměrnou hustotou okolo 8 bodů/m². Pro detekci budov z dat LLS existují již různé komerční software. Jejich nevýhodou pro použití v českých podmínkách je jejich vysoká náročnost na kvalitu vstupních dat LLS [16, 17].

Závěr

V článku byly představeny produkty DPZ, které jsou vytvářeny nebo pravidelně aktualizovány pro celé území České republiky. Byly popsány aktuální stavy i plány aktualizací těchto produktů. Hlavní rozdíly mezi dostupnými DMR 4G a DMR 5G spočívají v přesnosti modelů (vyšší přesnost DMR 5G) a odlišném rozmístění bodů v modelech. Zatímco v DMR 4G jsou body rozmístěny v pravidelné čtvercové síti (grid), tak v DMR 5G jsou body rozmístěny v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN). DMP České republiky je jedinečný model povrchu, který bude pokrývat území celé republiky a jistě bude hrát velkou roli v rozvoji moderních geoinformačních technologií v České republice.

V další části článku byly představeny některé výzkumy, které využívají dat DPZ, většinou v souvislosti s katastrem nemovitostí. Data DPZ se získávají a využívají pro výzkumy lokální i pro výzkumy, které zkoumají území celých států. S rozvojem získávacích i zpracovávacích metod v DPZ se začínají data DPZ využívat i v oborech, kde je vyžadována vysoká polohová i výšková přesnost (v řádu cm až desítek cm). Autor článku se věnuje výzkumu, který se týká oboru Katastru nemovitostí ČR. Konkrétně se jedná o využití dostupných dat DPZ k hledání chyb v katastrálních mapách. Součástí tohoto výzkumu je získat co nejvíce informací o hranicích objektů z dat DPZ a jejich následné porovnání s aktuální digitální verzí katastrální mapy v daném území. Potenciální problémy výzkumu spočívají například v intravilánu v místech, která jsou zastíněna hustou vegetací. I když už se ve světě objevují i výzkumy a metody, které dokáží vliv stínů i vegetace odstranit [14]. Efektivita těchto metod ale závisí především na kvalitě vstupních dat, a to přesnosti ortofota a hustotě dat a přesnosti výškových modelů. Dále pak především v extravilánu často hranice prvků katastrální mapy neodpovídají přesně hranicím užívání, které jsou patrné například z ortofota.

Zatím zřejmě těžko řešitelný je problém určování hranic v zalesněných územích, kde ortofoto bohužel nemá dostačující vypovídací hodnotu. Proto je jednou z možností výzkumu zaměření pouze na intravilán. V intravilánu existuje již dostatek metod například pro získávání hranic budov. Zde je opět efektivita metod závislá na kvalitě vstupních dat. Další možností je využívat data DPZ (především LLS) pouze k detekci změn budov, čímž by se daly detekovat potencionální „černé stavby“, které nejsou zapsány do katastru. Asi největší problém však představuje samotný katastrální zákon a jeho možný výklad, kdy často i na první pohled jasně vypadající chyba může být v souladu s katastrálním zákonem.

Literatura

- [1] ČÚZK: *Geoportál* [online]. 2010 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>
- [2] BRÁZDIL, Karel. *Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky* [online]. GIS Ostrava 2010 [cit. 2014-10-06]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2010/sbornik/Lists/Papers/CZ_5_2.pdf
- [3] BRÁZDIL, Karel. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace DMR 5G* [online]. 2012 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012012.pdf
- [4] BRÁZDIL, Karel. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace DMR 5G* [online]. 2012 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf

- [5] DVOŘÁČEK, Petr. *Prostorová data Zeměměřického úřadu pro veřejnou správu*. [online]. 2014 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: http://www.issz.cz/archiv/2014/download/prezentace/zu_dvoracek.pdf
- [6] DVOŘÁČEK, Petr. *Poskytování a užití dat z leteckého laserového skenování (LLS)*. [online]. 2013 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: http://www.gisat.cz/images/upload/15438_ecognition-day-2013-prezpdv.pdf
- [7] BRÁZDIL, Karel. *Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR Ortofoto České republiky* [online]. 2012 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(wgqcjez1plnqre0fiv4530er\)\)/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf](http://geoportal.cuzk.cz/(S(wgqcjez1plnqre0fiv4530er))/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf)
- [8] Hrdlička spol. s r.o. *Letecké snímkování od historie po současnost* [online]. 2013 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: <http://www.ortofotomapa.cz/>
- [9] QIAN Li; YONGMEI Liu; DONGLIANG Li, *3D Cadastre and urban stereoscopic development: A case study of Nanjing, China*, Geoinformatics, 2011 19th International, Pages: 1-5, 24-26.06. 2011.
- [10] SOYOUNG Park; JIYEONG Lee; HYO-SANG Li, *Data Model for 3D Cadastre in Korea*, Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services (GEOPROCESSING), 2010 Second International Conference, Pages: 68-73, 10-16.02 2010.
- [11] STOTER J., SALZMANN M. *Towards a 3D cadastre: where do cadastral needs and technical possibilities meet?*, Computers, Environment and Urban Systems, vol. 27, No. 4, pp. 395-410, 2003.
- [12] SIEJKA M., ŚLUSARSKI M., ZYGMUNT M., *3D+time Cadastre, possibility of implementation in Poland*, Survey Review 79-89, 2014.
- [13] ALI Zahir, TULANDAR Arbind, ZEVENBERGEN Jaap. *An integrated approach for updating cadastral maps in Pakistan using satellite remote sensing data*, International journal of applied earth observation and geoinformation, Volume: 18, Pages: 386-398, 2014.
- [14] WENG, Qihao. *Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends*, Remote sensing of environment, Volume: 117, Pages: 34-49, 2012.
- [15] KONECNY, GOTTFRIED. *Cadastral Mapping with Earth Observation Technology*, Geospatial Technology for Earth Observation, Pages 397-409, 2009.
- [16] GRIGILLO D, KANJIR U. *Urban object extraction from digital surface model and digital Aerial images*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-3, Pages 215-220, 2012 XXII ISPRS Congress, 25.08–01.09.2012, Melbourne, Australia.
- [17] HRON V., HALOUNOVÁ L. *Automatic generation of 3d building models from point cloud*. GIS Ostrava 2014 - Geoinformatics for Intelligent Transportation, 27.01.–29.01. 2014, Ostrava.

Abstract. In last years there is a rapid development of remote sensing in the world and in Czech Republic as well. The accuracy of remote sensing products increase, therefore it is possible to utilize it in many branches of science. This article presents the remote sensing data that are applicable in the cadaster of real estates of Czech Republic. Furthermore, the acquisition and processing of various data are described. The possible future researches that are based on the data available in Czech Republic are introduced in the last section.

Key words: airborne laser scanning, airborne photos, orthophoto, cadastre

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/050/OHK1/1T/11 „Extrakce informací z dat dálkového průzkumu Země a analýza urbanistického a dopravního vývoje, využití území a procesů pozemkových úprav vybraných lokalit“.

Použití dat družice FORMOSAT-2 pro dokumentaci archeologických lokalit v severovýchodní Mezopotámii

Eva Matoušková¹, Karel Pavelka², Karel Nováček³, Lenka Starková⁴

^{1,2}České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební, katedra geomatiky

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

¹eva.matouskova@fsv.cvut.cz

²pavelka@fsv.cvut.cz

^{3,4}Západočeská Univerzita v Plzni

Fakulta filozofická, katedra archeologie

Sedláčkova 15, 306 14 Plzeň

³knovacek@kar.zcu.cz

⁴lstarkov@kar.zcu.cz

Abstrakt. Data tchajwanské družice Formosat-2 byla získána pro projekt MULINEM (The Medieval Landscape in Northeast Mesopotamia). Tento projekt realizuje Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta filozofická, katedra archeologie ve spolupráci s Českým vysokým učení technickým v Praze, Fakultou stavební, katedrou geomatiky. Jejím úkolem je dokumentace středověkého osídlení v severozápadní Mezopotámii (nyní severní Irák). Tento článek seznámí čtenáře s předběžnými výsledky dat DPZ z několika archeologických lokalit. Mimo jiné i z pro projekt klíčové lokality Hazza (Kafar 'Azza) nacházející se jihovýchodně od regionálního centra Arbílu ve vzdálenosti přibližně patnácti kilometrů.

Klíčová slova: dálkový průzkum Země, archeologie, Irák, Formosat-2, Hazza

Úvod

Použití metod dálkového průzkumu Země je v dnešní době již běžnou součástí mnoha vědních oborů (meteorologie, lesnictví, mapování, zemědělství, ekologie apod.). Možnosti archeologické prospekce multispektrálními družicovými daty jsou známy již delší dobu [1]. Analýzou dat DPZ je možné získat detailní informace o lokalitě, aniž je nutné danou lokalitu osobně navštívit. Výhodou je také možnost porovnávat historické snímky z různých období a to jak mezi sebou, tak i s aktuálním stavem. Takto je možné získat zajímavá porovnání např. vývoje měst [2]. Katedra geomatiky, Fakulta stavební ČVUT v Praze se v minulosti zapojila do mnoha projektů dokumentující kulturní dědictví v různých lokalitách po celém světě. Jedná se např. o dokumentaci a mapování historických objektů v Peru [3], [4], [5] či v České republice [6] (hrady, zámky, pohřebiště).

1 Projekt MULINEM

Projekt se věnuje mimořádné koncentraci zaniklých středověkých měst z období 6. - 17. století po Kr., která byla identifikována v historické provincii Adiabene v severovýchodní Mezopotámii (obr. 1), v zázemí regionálního střediska Arbílu. Síť měst zanikala postupně až do osmanského období a pozůstatky většiny lokalit jsou ve velmi čitelném stavu, přístupném archeologickému průzkumu. Interpretace vychází z výsledku povrchové prospekce, analýzy dat dálkového průzkumu Země a rozboru historických pramenů a zaměřuje se na otázky kontinuity vývoje městské sítě, její odolnosti vůči politickým a ekonomickým změnám a sociální struktury odrážející se v morfologii jednotlivých měst. Posun od zkoumání jednotlivých "Islámských" měst k celým, geograficky definovaným urbánním sítím představuje zatím ojedinělý, velmi žádoucí přístup, který umožní revidovat některé obecně přijímané modely popisující vývoj a úlohu středověkých měst na Blízkém východě.

Porovnání starých a nových satelitních snímků umožnilo v neposlední řadě také předběžně posoudit rizika a míru ohrožení městských areálů jako archeologických památek. Většina lokalit nevykazuje během posledních čtyřiceti let zásadnějších změn, jsou však výjimky: např. areál neznámého města 2 na východním břehu Tigridu už prakticky celý zmizel pod rozšiřující se zástavbou a zemědělskými

plochami, intenzivní zemědělství značně pozměnilo také intravilán zaniklé lokality Tall cAli /Al Isma'iniyat na břehu Malého Zábu, zatímco zaniklé město Mahóze Da Aréwán je zřejmě vážně postiženo nelegálními archeologickými výkopy. Projekt je tedy rovněž motivován snahou o záchranu rychle mizějících informací a o ochranu iráckého archeologického dědictví, která je o to aktuálnější, že většina pojednávaných zaniklých měst zatím nemá oficiální statut archeologické památky.

1.1 Použité metody

1.1.1 Písemné prameny

Raně křesťanské kroniky a záznamy arabských zeměpisců jsou hlavními zdroji historických informací o jednotlivých lokalitách, které byly tou dobou velmi málo topograficky prozkoumány. O regionu se zmiňují také životopisné dokumenty sepsané islámskými historiky (jako jsou např. Ibn al-Mustawfi, Ibn Khallikān). Ty nám mohou poskytnout více informací o lokálních centrech vzdělanosti a společenském prostředí té doby.

1.1.2 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země hraje klíčovou roli v identifikaci lokalit a je hlavním nástrojem pro studium uspořádání nyní již opuštěných měst. Zkoumány jsou jak archivní historické snímky systému CORONA (mise CORONA KH4A,B) z šedesátých let tak i snímky pořízené v dnešní době (Formosat-2, QuickBird, World-View 2). Při pořizování snímků byl kladen důraz na termín pořízení. Vzhledem k vývoji vegetace byly preferovány snímky z podzimních či zimních měsíců.

Multispektrální data družic QuickBird a World-View 2 byla pomocí kanálu Pan zpřesněna a výsledné rozlišení je 0,6 resp. 0,5 metru. Parametry rozlišení jsou velmi důležitým kritériem z hlediska detekce a mapování jednotlivých objektů – zpravidla reliktů architektury. Využívána jsou také volně dostupná data (ESRI mapy, Bing maps atp.). Data jsou zpracována v softwarech ArcGIS (ESRI) a ENVI 5.1 (Exelis, Inc.). Zpřesňujícími datovými podklady jsou body měřené přímo v terénu pomocí GPS. U vybraných lokalit bylo plánováno i využití UAV což bohužel vzhledem k nepřehledné a nebezpečné situaci v severním Iráku není v dnešní době možné. Do budoucna je však s využitím UAV nadále počítáno.

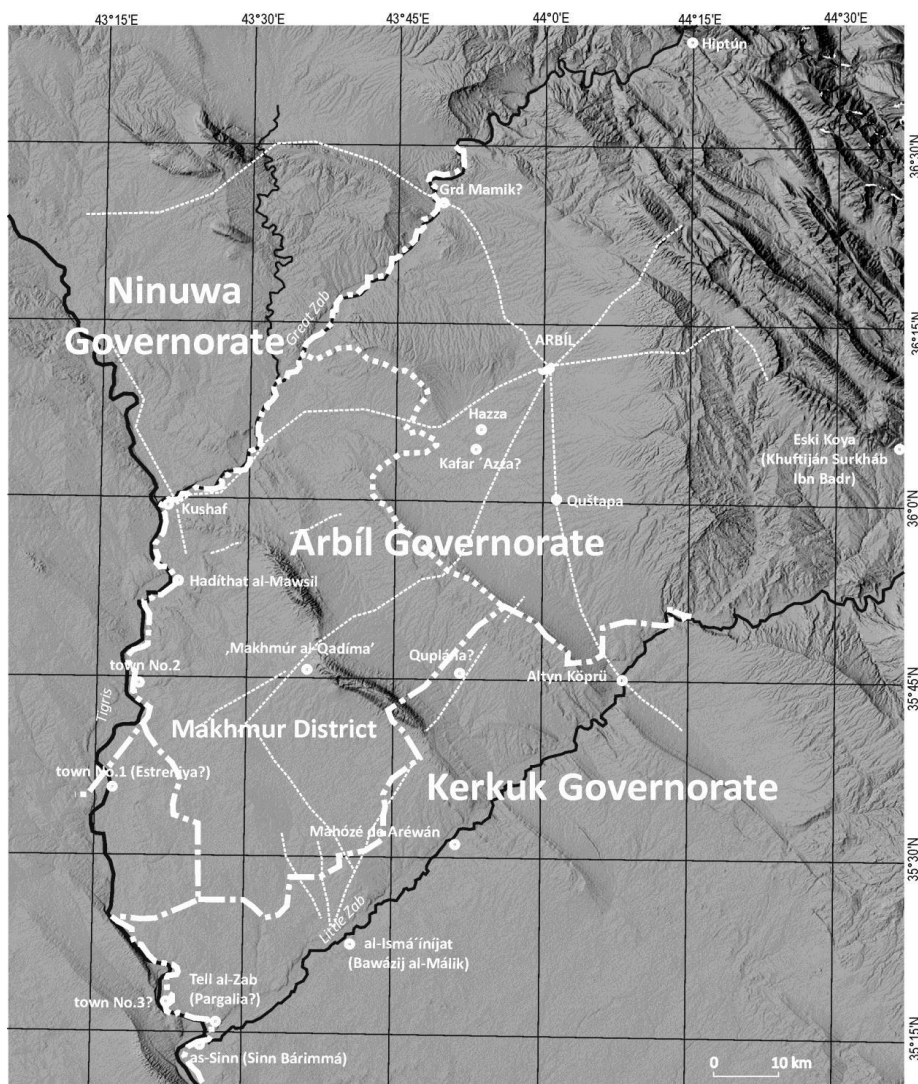
V letošním roce budou zkoumány možnosti využití historických měřických leteckých snímků z archivu TARA (The Aerial Reconnaissance Archives, Skotsko). Tyto snímky jsou neocenitelným zdrojem informací týkající se stavu památky v minulosti.

1.1.3 Práce v terénu

Konec městské středověké krajiny jak je zkoumána v projektu nastal v průběhu Otomanského období a jeho pozůstatky jsou ve velmi zchovalém stavu. Práce v terénu mají za úkol jak verifikaci plánů měst získaných ze satelitních dat tak i získat nové informace týkající se architektonických pozůstatků. Prostorové rozložení nálezů keramiky je použito jako odrazový můstek k úvahám o dynamice uspořádání stejně jako sociálnímu a ekonomickému členění městských oblastí. Kromě měst opuštěných je pozornost věnována také archeologickému průzkumu stále existujících měst.

2 Družice Formosat-2

Data tchajwanské družice Formosat-2 byla získána bezplatně pomocí soutěže Free Formosat satellite imagery na stránkách tchajwanské univerzity - Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University [7] vypsanou k výročí deseti let fungování družice. Název družice pochází z jiného názvu pro tento ostrov v jihovýchodní Asii – Formosa.



Obr. 1: Rozmístění zkoumavých lokalit v rámci projektu MULINEM s vyznačenými administrativními hranicemi



Obr. 2: Hlavní komponenty družice Formosat-2 [8]

2.1 Informace o družici

Formosat-2 je první družicí určenou k pozorování Země vyvinutou tchajwanskou NARLabs-NSPO (National Space Organization, National Applied Research Laboratories), která byla vyslána na oběžnou dráhu 21. 5. 2004. Senzor na její palubě pořizuje data v panchromatickém a čtyřech multispektrálních pásmech v rozmezí od viditelné do blízké infračervené části spektra. Její výhodou je možnost denního snímání konkrétního místa na zemském povrchu. Velikost jednoho snímku (nadir) je 24 x 24 km.

Tab. 1: Parametry družice Formosat-2

Orbit	Sun-synchronized at altitude of 891 km, inclination of 99.10°
Spectral bands	0.45~0.90μm (PAN)
	0.45~0.52μm (Blue)
	0.52~0.60μm (Green)
	0.63~0.69μm (Red)
	0.76~0.90μm (NIR)
Ground Sampling Distance (GSD)	2m (PAN); 8m (MS)
Swath	24 km (@nadir) ~ 62 km (@45 deg)

2.2 Data družice Formosat-2

Na základě veřejné soutěže [7] bylo získáno 10 snímků družice Formosat-2. Pro prozkoumání archivních dat bylo zjištěno, že pouze čtyři snímky splňují požadavky projektu (lokalita, datum pořízení, oblačnost). Tyto lokality společně s datem pořízení ukazuje Tab. 2. Dalších šest snímků bude pro účel projektu pořízeno do konce roku 2014 (Tab. 3). Data byla pořízena ve formátu L4 (ortorektifikovaný georeferencovaný snímek, viz kap. 2.1). Získaná data bylo před vlastní analýzou dále upravovat (LayerStacking, PanSharpening, Vhodná barevná syntéza, apod).

Tab. 2: Získané archivní snímky družice Formosat-2

Cíl	Zem. délka	Zem. šířka	Datum pořízení snímku	Lokalita
2	43.890276	36.056071	23. 12. 2013	Hazza + Kafar 'Azza + Minara
3	43.853154	35.485664	16. 11. 2012	Mahóze de Aréwán
4	43.707564	35.392505	16. 11. 2012	Bawázij al-Málik
5	43.707564	35.392505	30. 05. 2013	Bawázij al-Málik

Tab. 3: Objednané snímky družice Formosat-2

Cíl	Zem. délka	Zem. šířka	Datum pořízení snímku	Lokalita
1	43.351098	35.953634	15. 10 - 15. 11. 2014	Kushaf + al - Hadítha
6	43.272921	35.595658	15. 10 - 15. 11. 2014	town 1
7	43.317005	35.735491	15. 10 - 15. 11. 2014	town 2
8	43.594900	35.771213	15. 10 - 15. 11. 2014	Makhmúr al-Qadima + hřbitov
9	43.420710	35.229951	15. 10 - 15. 11. 2014	as-Sinn + Pargalia + town 3
10	43.707564	35.392505	15. 10 - 15. 11. 2014	Bawázij al-Málik

3 Předběžné výsledky projektu DPZ

V přípravné fázi projektu byl pokus o lokalizaci zaniklých měst v terénu za pomoci satelitních snímků historických (systém CORONA) i současných (aplikace Google Earth). Historické satelitní snímky byly navíc detailně prohledány za účelem nalezení dalších potenciálních zaniklých měst sásánovského až islámského období. Výsledek lze pokládat za velmi pozitivní, neboť bylo tímto způsobem nalezeno 14 zaniklých sídlištních areálů urbánního charakteru, z nichž 10 je možné spojit s konkrétními městy známými z historických pramenů – identifikace ovšem v několika případech zůstává na hypotetické úrovni. Čtyři objevené městské areály (město 2, město 3, Machmúr al-Qadíma a Tall ʿAlī /Al Ismaʿīniyat) zatím nelze spojit s žádnou historicky známou lokalitou.

Stav dochování pozůstatků měst a tím i jejich viditelnost na snímcích byly značně ovlivněny rozdíly v charakteru krajiny v různých částech Adiabene. Machmúrská rovina, břehy Tigridu a dolního povodí Velkého i Malého Zábu se nacházejí v klimatické oblasti vyznačující se průměrem ročních srážek kolem 200 mm nebo níže. Pod tímto limitem je provozování zemědělství závislého jen na srážkách (bez zavlažování) nemožné. Krajina, kdysi neobyčejně úrodná, má tedy po zániku velkých asyrských a jistě i středověkých zavlažovacích systémů [9] charakter neobdělávané suché stepi či polopouště a zaniklé sídelní areály jsou mimořádně dobře konzervované.

Machmúrská rovina je oddělena dvěma rovnoběžnými pásy vápencových hřebenů (Qara Čóch Dač a Awéna Dač) a suchým pásem mezi těmito hřebeny (Dašt Kandínawa) od severovýchodní, arbílské části Adiabene, která má mnohem příznivější srážkové poměry a je dodnes intenzivně obdělávána, přestože i sem musela být v minulosti voda přiváděna z hor četnými podzemními kanály. Pozůstatky sídlištních areálů jsou v důsledku intenzivního zemědělství dochované v mnohem menším rozsahu, obvykle se omezují jen na telly, popřípadě reliktů velkých lineárních struktur (valy, příkopy, systémy kanálů).

V horských pásmech přiléhajících k mezopotámským rovinám lokalizace zaniklých areálů na fotografiích zatím nebyla úspěšná, přestože hlavním stavebním materiálem zde byl kámen, na rozdíl od sušených, výjimečně pálených cihel v nížinných oblastech. Na „neviditelnosti“ lokalit se zde zřejmě podílí více vlivů (intenzivní využívání horských luk, opakované osidlování areálů zaniklých měst aj.).

V další fázi je pracováno se snímky družic QuickBird a WorldView 2. Tato data se vyznačují sub-pixelovým rozlišením leč vzhledem k intenzivnímu zemědělství a stavební činnosti posledních let není vždy možné zkoumané lokality dokumentovat lépe než na historických snímcích. Analýzy snímků těchto družic jsou předmětem dalšího zkoumání a výsledky tudíž nejsou k dispozici.

4 Snímky družice Formosat-2

4.1 Lokalita Hazza

Lokalita má v rámci projektu klíčové postavení. Je to jediné zaniklé město v bezprostředním zázemí města Arbíl, plnící navíc v raném středověku (přibližně ve 4. – 9. století po Kr.) pozoruhodnou úlohu alternativního regionálního centra, po níž získala celá oblast Adiabene dočasně i jméno. Dosavadní krátké terénní obhlídky potvrdily existenci většího sídlištního pahorku umístěného asi 1,15 km severovýchodně od vesnice Hezze, a v jeho okolí několik desítek nízkých reliktů. Plochu pokrývají shluky zlomků pozdně sásánovské a raně islámské keramiky a fragmenty pálených cihel. Stav dochování pozůstatků zástavby je velmi vhodný pro využití metod detailní 3D fotogrammetrické dokumentace. Detailní průzkum bude uskutečněn na podzim 2014 ve spolupráci s projektem EPAS (Erbil Plain Archaeological Survey).

Jižně od vsi Hezze, v blízkosti tellu ʿAbd al- Azíz bylo při průzkumu stejnojmenného islámského hřbitova nalezeno množství tesaných architektonických článků, druhotně použitých jako hrobové stély. Články prozrazují existenci neznámé monumentální architektury někde v okolí hřbitova, kterou bychom mohli dát do souvislosti s jedním z klášterů, jež jsou v této oblasti doloženy raně křesťanskými prameny. Topografie těchto klášterů ve vztahu k městu Hazza (Kafr ʿAzza) je však mimořádně složitá a vyžaduje důkladnou revizi všech dostupných písemných pramenů.



Obr. 3: Lokalita Hazza na RGB syntéze dat družice Formosat-2



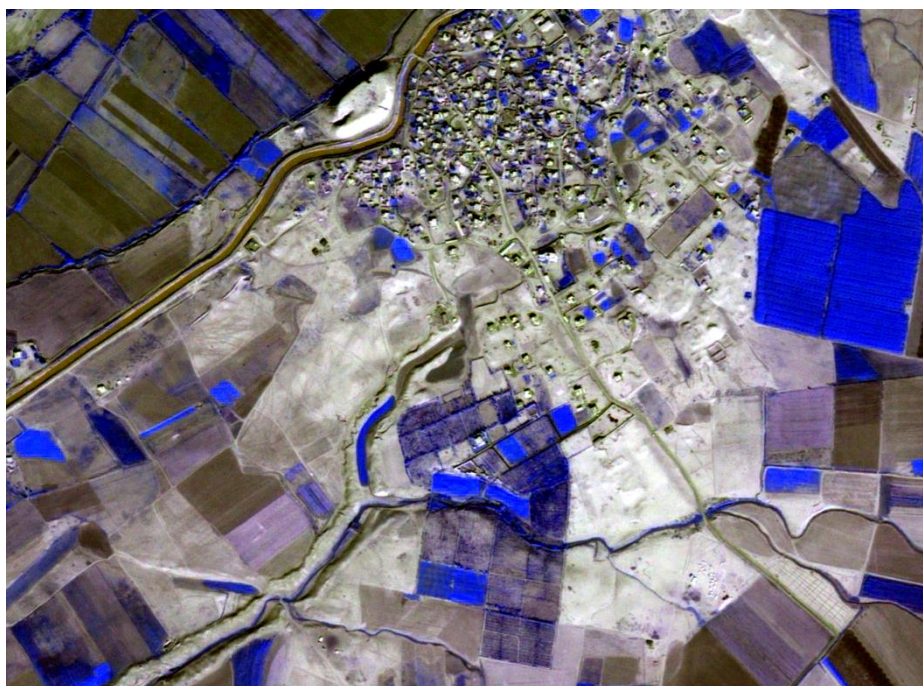
Obr. 4: Lokalita Hazza na RGNIR syntéze dat družice Formosat-2

4.3 Lokalita Mahózé de Aréwán

Mahózé de Aréwán v povodí Malého Zábu je zatím jediné středisko, u kterého lze na základě písemných pramenů téměř jistě předpokládat zánik už v raně islámském období (konkrétně na přelomu 8. a 9. století). Tato lokalita je zřejmě vážně postižena nelegálními archeologickými výkopy.



Obr. 5: Lokalita Mahózé de Aréwán na RGB syntéze dat družice Formosat-2



Obr. 6: Lokalita Mahózé de Aréwán na RGNIR syntéze dat družice Formosat-2

Závěr

Pro účel projektu MULINEM byly získány čtyři archivní snímky tchajwanské družice Formosat-2. Tyto snímky pokrývají čtyři archeologické lokality zaniklých měst v severním Iráku (dříve severovýchodní Mezopotámie). Snímky dalších zkoumaných lokalit jsou objednány a budou pořízeny právě pro potřeby projektu do konce roku 2014.

Také na podzim letošního roku (10/2014) se část týmu vydá do zkoumané lokality a bude provádět měření v terénu. Jedná se jak o měření polohy jednotlivých objektů, tak i o archeologickou prospekci. Bohužel vzhledem k situaci v severním Iráku nelze z bezpečnostního hlediska zaručit možnost návštěvy všech bodů zájmu. V plánu byla i dokumentace lokality Machmúr al-Qadíma pomocí UAV, která by obohatila projekt o přesná letecká data s přesností menší než jeden metr a umožnila by mimo jiné i tvorbu přesného digitálního modelu terénu. Od toho záměru se muselo z bezpečnostních důvodů ustoupit, jelikož nejen místní obyvatelstvo nemá s bezpilotními letouny dobré zkušenosti. Jsou používány americkou a iráckou armádou pro bombardování pozemních cílů (území, které ovládá teroristická organizace Islámský stát).

Ukázalo se, že při dokumentaci archeologických lokalit v politicky neklidných oblastech má dálkový průzkum Země nezastupitelnou úlohu. Jen díky družicovým datům je možné zkoumat historické dědictví dané lokality, aniž by bylo nezbytně nutné vystavovat se nebezpečí. Tento fakt je v dnešní době na středním východě, ale i v jiných částech světa důležitější než kdy jindy. Vzhledem ke krvavým konfliktům, které postihly velkou část této mimořádně historicky cenné lokality je více než kdy v minulosti potřeba dokumentovat kulturní dědictví pro budoucí generace. Může se stát, že během válek bude většina archeologických památek na vždy zničena a s nimi i poselství našich předků, kteří v těchto lokalitách žili již před mnoha tisíci lety.

Literatura

- [1] SCOLLAR, I. et al. *Archaeological prospecting and remote sensing*. Cambridge University Press, 1990.
- [2] Pavelka, K. Matoušková, E. From declassified satellite images to VHR data; temporal analysis of city growth. In *Proceedings of 1st Workshop on Temporal Analysis of Satellite Images*. Paris: Earsel, 2012, p. 150-158.
- [3] Matoušková, E. Hanzalová, K. Použití družicových dat pro dokumentaci geoglyfů na planině Nazca, Peru. In *Studentská konference Telč 2011*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2011, s. 21-29. ISBN 978-80-01-04903-7.
- [4] Pavelka, K. *Using of Remote Sensing and Photogrammetry for Documentation of Geoglyphs in Nazca/Peru Region*, 29th Asian Conference of Remote Sensing, Sri-Lanka, 10.-14.11.2008.
- [5] Pavelka, K., Svatušková, J., Bukovinský, M. *Using of VHR satellite data for potential digs localisation and their verification using geophysical methods*, "1st EARSeL International Workshop on "Advances in Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management", Rome, 30. 9. – 4. 10. 2008.
- [6] Pavelka, K., Faltýnová, M., Bílá, Z. Satellite and aerial data as a tool for digs localization and their verification using geophysical methods. In *European Geoscience Union General Assembly 2013*. 2013.
- [7] Research Announcement: Free FORMOSAT-2 Satellite Imagery. *Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University* [online]. Taiwan, 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.csr.sr.ncu.edu.tw/FS2CFP/>.
- [8] Formosat-2 Satellite. *CENTER FOR SPACE AND REMOTE SENSING RESEARCH, National Central University. Space Programs: Formosat 2* [online]. Taiwan, 2014 [cit. 2014-10-09]. Dostupné z: <http://www.nspo.org.tw/2008e/projects/project2/property.htm>

- [9] Mühl, S. 2012: Human Landscape: Site (Trans-) Formation in the Transtigris Area, In: *Hofmann, R., Moetz, F. K., Müller, J. (eds.), Tells: Social and Environmental Space*, Proceedings of the International Workshop in Kiel, Vol. 3, Bonn, 79–92.

Abstract. FORMOSAT-2 images for archaeological prospection of the medieval urban landscape in northeast Mesopotamia were acquired for MULINEM (The Medieval Landscape in Northeast Mesopotamia). The project will be performed in cooperation with two Czech universities (University of West Bohemia, Faculty of Philosophy and Arts, Department of Archaeology and the Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Geomatics). Project goal is to document medieval urban network in northeast Mesopotamia (nowadays an area of northern Iraq). This paper introduces first results derived from remote sensing data (especially Formosat-2) from several archaeological sites with special interest in Hazza. Hazza (Kafar 'Azza) is one the key sites located approximately 15km southeast from region capital Arbíl.

Key words: Remote sensing, Archaeology, northern Iraq, Formosat-2, Hazza

Tento příspěvek byl podpořen projektem GA ČR číslo GAP405/13/19266S „Středověká městská síť v severovýchodní Mezopotámii“.

Pozadí přípravy a publikace dat INSPIRE na ČÚZK

Michal Med

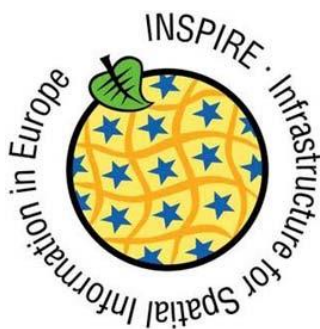
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: michal.med@fsv.cvut.cz

Abstrakt. Cesta mezi daty v databázích a publikací harmonizovaných INSPIRE dat prostřednictvím webových služeb je dlouhý a poměrně komplikovaný proces. Na příkladu dat právě připravovaného INSPIRE tématu Buildings (BU) - tedy Budovy - lze komplexně ukázat a přiblížit celý proces od analýzy specifikací a dat v místních databázích, přes transformace dat nejprve do tabulek publikační databáze, později do pohledů připravených k tvorbě GML souborů v podstatě v reálném čase, až po publikaci těchto dat prostřednictvím prohlížečích a stahovacích služeb v souladu se standardy OGC. Kromě samotného zpracování dat vyžaduje implementace směrnice INSPIRE mnoho dalších úkonů, jako je příprava metadatových záznamů k datům i službám, publikace těchto metadatových záznamů prostřednictvím katalogových služeb. Nad rámcem INSPIRE je informační dokumentace k datům a službám navrženými a napsanými přímo pro potřeby uživatelů těchto dat, která je navržena pro použití koncovými uživateli těchto dat, kteří nemusí být vždy GIS odborníky. Během procesu implementace bylo navíc potřeba řešit mnoho problémů, které se objevily nečekaně během implementace.

Klíčová slova: INSPIRE, Budovy, GML, transformace dat, ISKN, ISÚI, metadata, katastr nemovitostí

Úvod

Směrnice INSPIRE je v České republice postupně implementována již od roku 2009, kdy byl uveden v platnost předpis číslo 380/2009 Sb., který novelizuje zákon č.123/1998 Sb., o právu na informace o životní prostředí a zákon č.200/1994 Sb., o zeměměřictví. Tím vzniklá povinnost vytvořit a spravovat data a služby v souladu se směrnicí je od té doby na území České republiky naplňována především na Českém úřadě zeměměřickém a katastrálním. Od roku 2009 byly Sekcí centrální databáze připraveny a publikovány data a služby pro témata Parcely (CP), Adresy (AD) a Územní správní jednotky (AU). Zeměměřický úřad zpracoval, zpracovává nebo spolupracuje na přípravě dat a služeb témat Souřadnicové referenční systémy, Zeměpisné soustavy souřadnicových sítí, Zeměpisná jména (GN), Dopravní síť (TN), Vodstvo (HY), Chráněná území a Nadmořská výška.



Práce na přípravě dat se v Sekci centrální databáze účastním od konce roku 2012 a aktivně jsem pracoval na přípravě všech témat zpracovávaných oddělením. Během implementace se specifikace neustále vyvíjí, a proto je potřeba provádět průběžně revize dat, služeb i metadat. Poslední větší revize proběhla na podzim roku 2013, na jaře téhož roku byla provedena analýza Technických návodů a XSD schémat pro implementaci služeb tématu Budovy. V té době nebyla XSD schémata dokončená a Technický návod i schémata procházela revizí ze strany JRC. Revize byla ukončena na konci roku

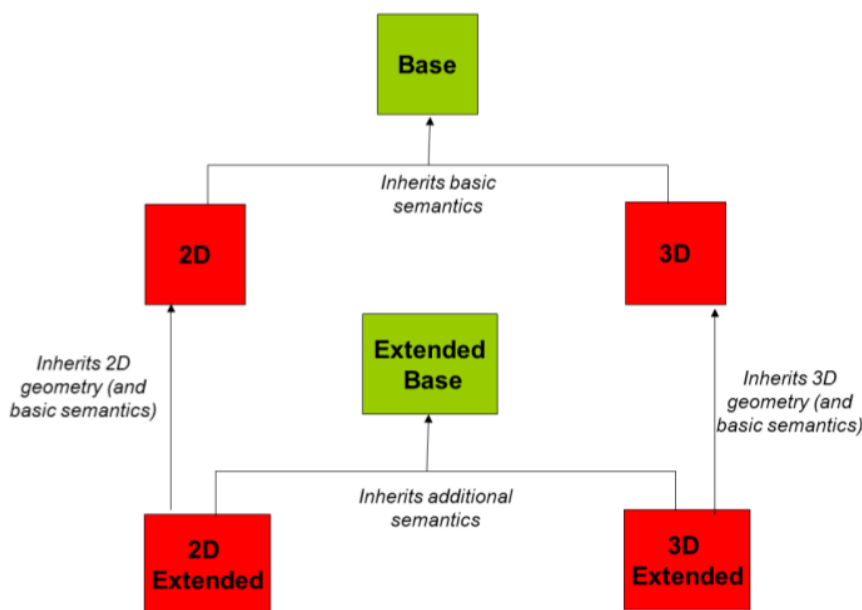
2013 a 10. prosince 2013 vyšla verze 3.0 Technických návodů pro téma Budovy, 25. března 2014 byly zveřejněny revidované XSD schémata pro základní aplikační schéma.

Během léta 2014 proběhla analýza nových XSD schémat a Technických návodů, analýza dat ve zdrojových databázích ČÚZK, příprava vzorových dokumentů s prostorovými daty ve formátu GML validních podle XSD schémat a návrh transformace dat nejprve mezi zdrojovými databázemi a tabulkami publikační databáze, poté návrh tvorby pohledů v publikační databázi a nakonec návrh transformace dat z pohledů publikační databáze do struktury jazyka GML tak, aby výsledná data byla validní proti INSPIRE schématům.

Současně s revizí tématu Budovy byly zrevidovány i Technické návody pro témata Přílohy I, mimo jiné i Adresy, Územní správní jednotky a Parcely. Řada změn byla zavedena plošně a poprvé budou testována při tvorbě dat tématu Budovy. Z toho jasně vyplývá, že bude v brzké době potřeba provést další velkou revizi již hotových témat a o chystaných změnách i o celém procesu přípravy dat dle směrnice INSPIRE pojednává tento příspěvek.

1 Analýza Technických návodů a dat

Téma Budovy je od základu složitější než tři témata, na kterých jsem doposud pracoval. Je to způsobeno tím, že technický návod od začátku nabízí jedno z několika aplikačních schémat. Aplikační schémata se liší způsobem ukládání geometrie a množstvím a hloubkou sémantických dat, která jsou u jednotlivých budov evidována. Kterékoli z těchto aplikačních schémat je dostačující pro splnění požadavků vycházejících z povinnosti implementace INSPIRE. Zdrojová data jsou vedena pouze ve dvou rozměrech a XSD schéma pro aplikační schémata ExtendedBase jsou pouze v draft verzi, proto jsou data připravována tak, aby splňovala požadavky aplikačního schématu Base2D. V základním aplikačním schématu chybí několik zásadních atributů, proto bylo při návrhu tabulek v publikační databázi počítáno s tím, že v budoucnu bude využíváno aplikační schéma Extended2D.



Obr. 1: Aplikační schéma pro téma Budovy

1.1 Původ dat

Další zvláštností tématu Budovy je to, že zdrojová data pochází ze dvou různých databází. Část dat je evidována v databázi ISKN (Informační systém katastru nemovitostí), část v ISÚI (Informační systém územní identifikace). Každá z databází pak obsahuje jiná sémantická data. Toto rozdělení je způsobeno tím, že to, co INSPIRE definuje jako Budovu, je v rámci českých dat evidováno jednak jako stavba v ISKN, tak jako stavební objekt v ISÚI.

Přestože většina staveb je zároveň stavebními objekty, existuje několik rozdílů. Jako stavební objekt je definována dokončená budova zapsaná v katastru nemovitostí České republiky, nebo jiná dokončená stavba, které bylo přiděleno číslo popisné nebo evidenční a která slouží k ubytování lidí nebo k podnikání nebo jiné ekonomické činnosti. Stavbou dle ISKN je budova s číslem popisným, evidenčním nebo i bez čísla nebo vodní dílo.

Sémantická data vedená o budovách v ISKN se týkají katastru nemovitostí a obsahují zpravidla plošnou geometrii, v ISÚI jsou vedena data o územní identifikaci včetně počtu podlaží a bytů a detailních technickoekonomických atributů a obsahují pouze bodovou geometrii. Data jsou propojena tzv. „můstkem“, který spojuje budovy a stavební objekty reprezentující stejný objekt v reálném světě. Důležité je i uvědomit si to, že databáze obsahují řadu chyb. Typy chyb je třeba předvídat a informace o chybách je potřeba pečlivě evidovat v rámci metadat.

1.2 Feature, featureType, codelist, nillable

Každý dokument technických návodů obsahuje mimo jiné kapitolu nazvanou *Feature catalogue*. Tato kapitola obsahuje seznam a podrobný popis všech typů *features* pro dané téma. Pro téma Budovy je *Feature catalogue* samostatný pro každé aplikační schéma. Přesnější označení by bylo *FeatureType catalogue*, katalog totiž nepopisuje jednotlivé *features*, tedy konkrétní instance, ale jejich typy – *featureTypes*.

Aplikační schéma obsahuje *featureTypes* Building a BuildingPart. Tyto typy jsou definovány i v jazyce XSD v souborech na stránkách <http://inspire.ec.europa.eu/schemas/>. V XSD souborech i v katalogu je nadefinováno jaké parametry a atributy mají *featureTypes* obsahovat, jaká je kardinalita jednotlivých elementů nebo jakého typu má být jejich obsah.

Building a BuildingPart obsahují stejné atributy s tím rozdílem, že každá instance BuildingPart je vždy součástí nějakého Building. Vzhledem k obsahu zdrojových dat bylo rozhodnuto, že BuildingPart bude ekvivalentem vchodu v ISÚI, tedy že se k němu budou vztahovat detailní technickoekonomické atributy zvlášť.

Hodnota atributů by měla být snadno čitelná všem uživatelům, k čemuž dochází prostřednictvím číselníků a codelistů. Jednou z novinek je databáze codelistů ze strany Joint Research Center. To zajišťuje jednoznačnost vyplněných hodnot.

Občas se stane, že některý z atributů není možné vyplnit a zůstane prázdný. To bývá označeno příznakem *nil* s atributem *nilReason*, který určuje důvod absence hodnoty. Dle INSPIRE jsou možné tři hodnoty atributu: *unpopulated*, *unknown* a *withheld*. Hodnota *unpopulated* značí to, že data nejsou součástí datové sady spravované poskytovatelem. Hodnota *unknown* značí to, že hodnota atributu u konkrétního objektu není známá, ale může existovat. Hodnota *withheld* značí utajení. Označování důvodu není povinné, ale je doporučené a v datech ČÚZK se poprvé objeví v rámci dat tématu Budovy.

2 Příprava vzorových GML souborů

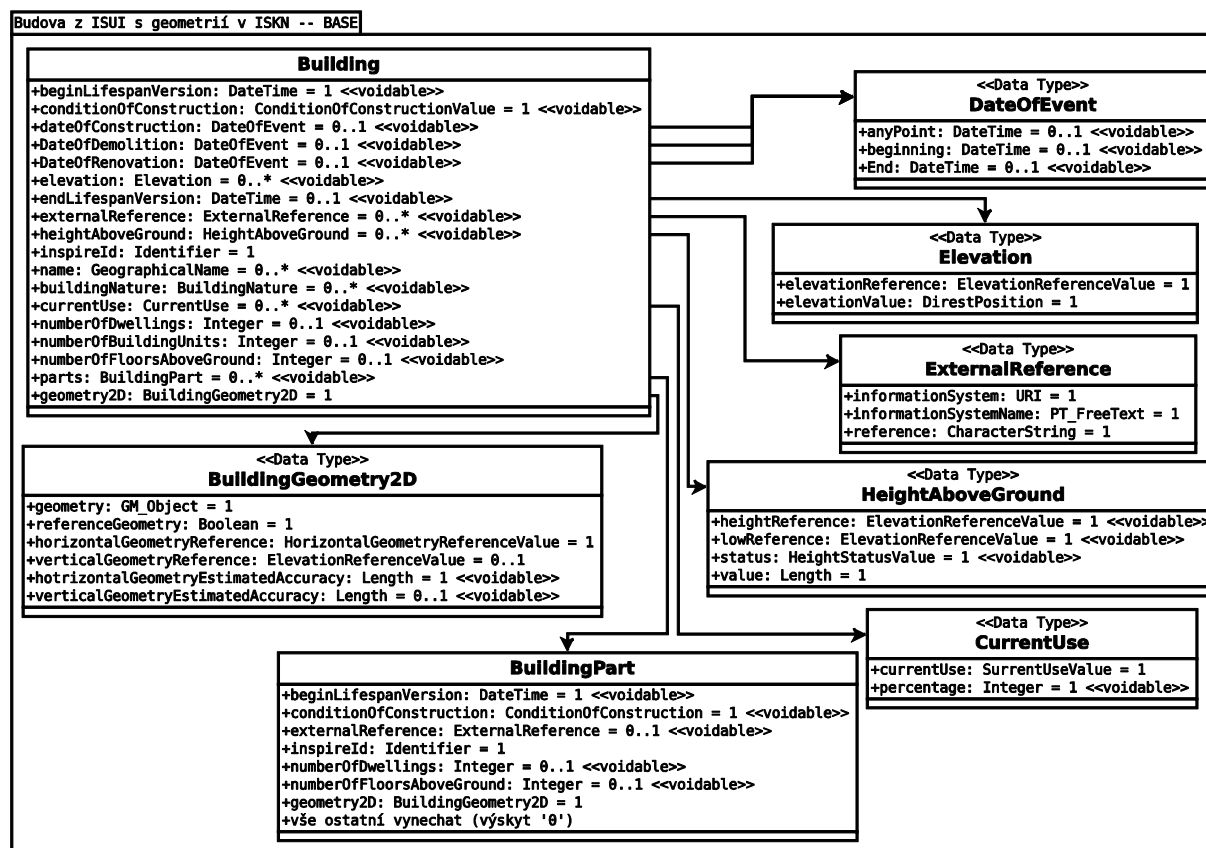
Na základě Technických návodů a analýzy dat v databázích bylo vytvořeno několik souborů v jazyce GML, které se snažily o pokrytí všech možných stavů, v jakém se data mohou nacházet tak, aby co nejméně atributů zůstalo nevyplněných.

Zkoumané stavy byly následující:

- budova se nachází v systémech ISKN i ISÚI a obsahuje plošnou geometrii i definiční bod,
- budova se nachází pouze v systému ISKN a má plošnou geometrii,
- budova se nachází pouze v systému ISKN a nemá plošnou geometrii,
- budova se nachází pouze v systému ISÚI.

Kromě toho se obsah bude lišit i v závislosti tom, zda stavební objekt evidovaný v ISÚI má evidované vchody nebo nikoliv.

Podle rozsahu dat a vlastností je určena i rozdílná povaha GML souboru. V případě, že v systému ISÚI budova neexistuje, nebudou u ní vedeny technickoekonomické atributy a nebude tedy obsahovat ani žádný feature typu BuildingPart. Dále může záležet na evidenci vchodů – pokud jsou vchody evidovány, bude ke každému feature typu Building přiřčeno tolik features typu BuildingPart, kolik vchodů budova má. Zároveň musel být vyřešen problém toho, že v ISÚI stavební objekt musí obsahovat alespoň dva vchody. V případě, že stavební objekt vchody nemá, bude v GML přesto vytvořen feature typu BuildingPart a bude mu vygenerován jedinečný identifikátor. Informace o technickoekonomických atributech budou vedeny v něm, přestože by teoreticky mohly být vedeny přímo u feature typu Building. V tom případě by technickoekonomické atributy byly pro každý stav vedeny v jiném featureType a to není dobré.

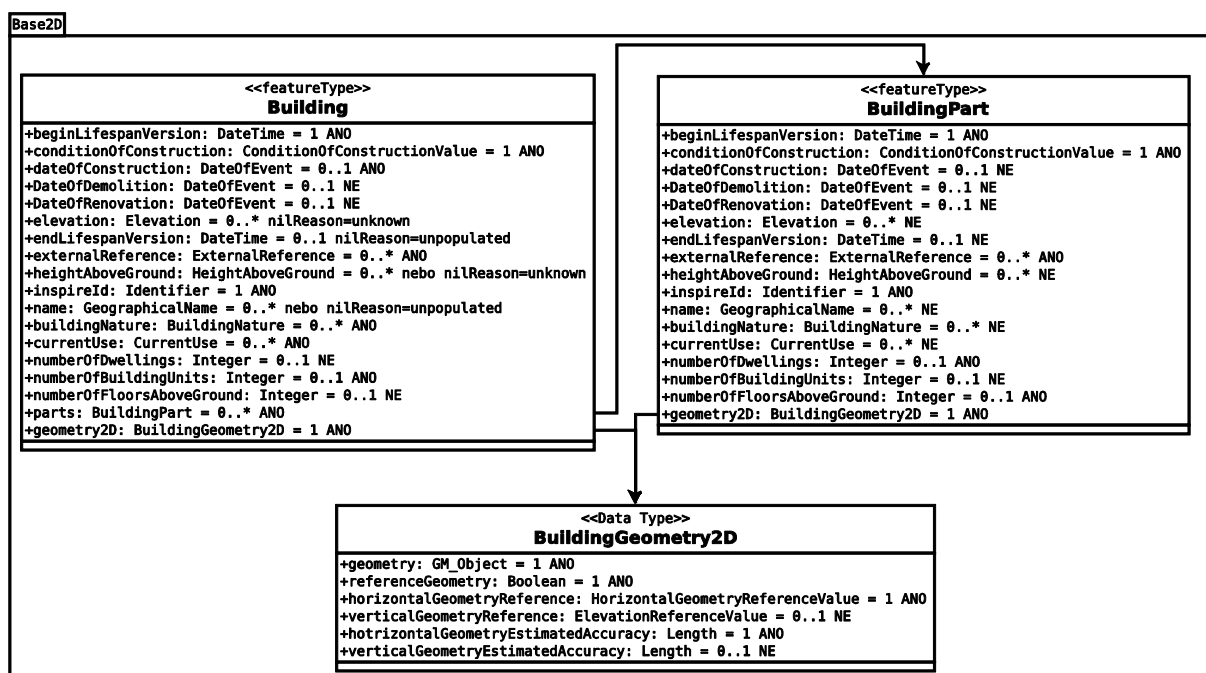


Obr. 2: Datový model GML pro INSPIRE téma Budovy

Napříč tématy INSPIRE má každý *featureType* zpravidla tři povinné parametry: *inspireId*, *geometry* a *beginLifespanVersion*. Stejně je tomu v případě tématu Budovy. V GML je hodnota atributu často vyjádřena specifickým datovým typem. Datové typy jsou definovány v XSD vedle *featureTypes*. Nejprve byl vytvořen model (obr. 2), ve kterém byla naznačena struktura GML dokumentu. Poté bylo vytvořeno „schéma použití“ (obr. 3), ve kterém jsou atributy popsány podle toho, zda se budou v GML struktuře vyskytovat nebo ne, případně proč ne. Pokud je u atributu vyplněno NE, je kardinalita prvku nastavena na hodnotu „0“ a atribut se v GML souboru vůbec neobjeví. Pokud je vyplněn *nilReason*, atribut se v dokumentu nacházet bude, ale bude prázdný s příznakem *nil* a s hodnotou *nilReason* podle schématu.

Schématy jsou rovnou připravena i pro aplikační schéma Extended2D, ale zde je nebudu uvádět. Jsou větší a složitější a také nejsou podepřeny platným XSD schématem. Nejzásadnější změnou oproti aplikačnímu schématu Base2D jsou odkazy prostřednictvím technologie XLink na konkrétní *features* z INSPIRE témat Adresy a Parcely.

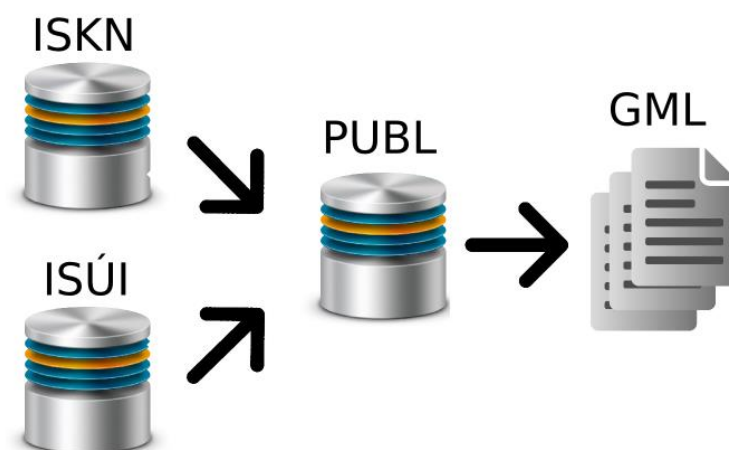
Dalším krokem na cestě k implementaci tématu Budovy bylo navrhnout způsob, jak provést transformaci dat z databázi ČÚZK do struktury GML v souladu s navrženým datovým modelem. Úkol složitější o to, že se na rozdíl od dříve zpracovávaných témat jednalo o transformaci ze dvou různých databází.



Obr. 3: Seznam atributů a datových typů pro aplikační schéma Base2D

3 Datová transformace

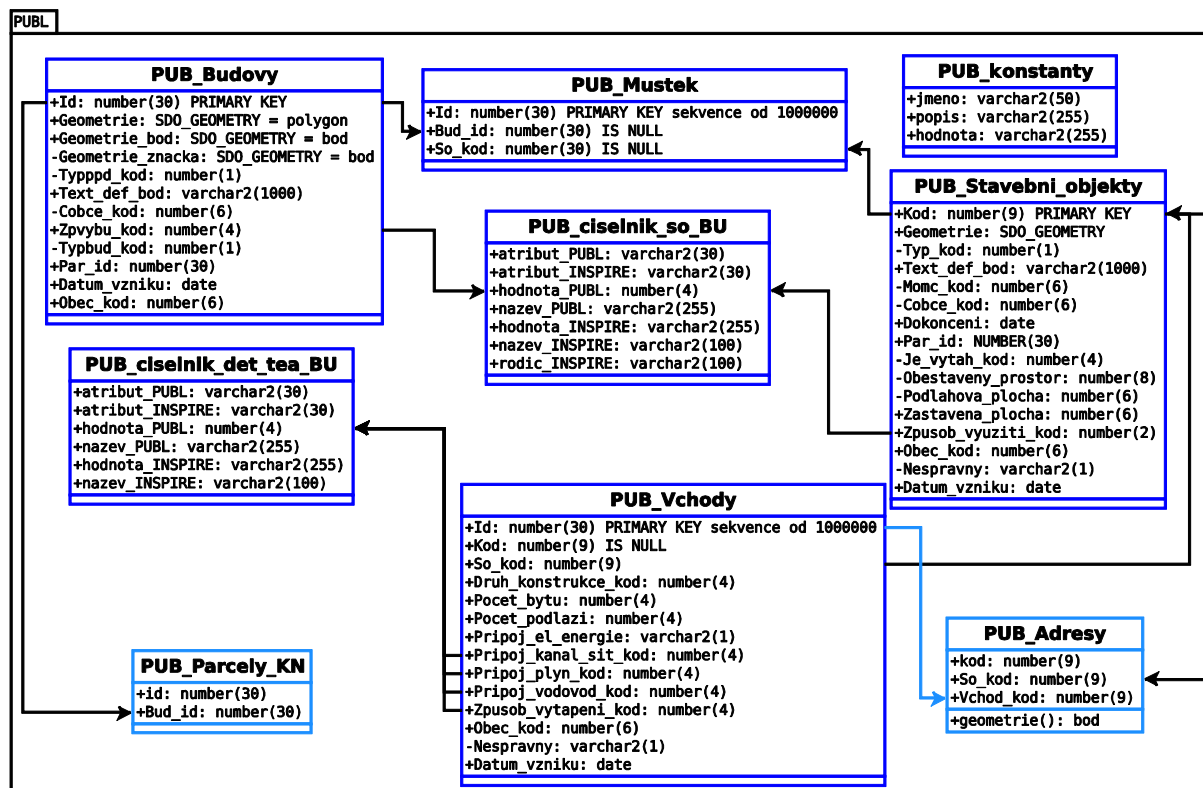
Samotná transformace dat je z výše uvedených důvodů rozdělena do dvou kroků. Prvním je transformace dat z databází ISÚI a ISKN do Publikáční databáze. Druhým krokem je potom transformace dat z Publikáční databáze přes připravené pohledy do GML (obr. 4). V praxi může být mezi Publikáční databází a GML ještě jeden mezikrok: data jsou převedena do WKB⁶ souborů, ze kterých jsou potom vytvářeny GML.



Obr. 4: Postup transformace dat

⁶ Jedná se o možnost procházení dat bez přímého přístupu do databáze.

Zatímco struktura zdrojových databází je předem daná, tabulky v Publikační databázi byly navrženy za účelem co nejefektivnější transformace INSPIRE dat do GML (obr. 5). V Publikační databázi je zachován původ dat – všechna data ze zdrojových databází jsou uložena v podobné struktuře jako původně. O propojení mezi daty se stará tabulka *PUB_Mustek*, která obsahuje nově vygenerované jedinečné ID pro každý záznam a identifikátor dané budovy jak z ISKN, tak z ISÚI.



Obr. 5: Schéma tabulek databáze PUBL pro téma Budovy

V tabulkách jsou některé atributy, které v INSPIRE nejsou – tabulky Publikační databáze neslouží pouze INSPIRE, přestože s tím záměrem byla Publikační databáze vybudována. Z pohledu INSPIRE je také irrelevantní, ze které zdrojové databáze daný atribut pochází. Za tím účelem byly navrženy pohledy, které z tabulek vybírají pouze ty atributy, které jsou použity v GML struktuře INSPIRE. Nevýhodou tohoto řešení je to, že standardní předpřipravené soubory budou poskytovány po obcích a export dat některých velkých obcí trvá z důvodu neustálých joinů mezi tabulkami neúměrně dlouhou dobu. Možnost optimalizace by mohla být v přidání obce do tabulky *PUB_Mustek*, čímž by se zamezilo prohledávání všech záznamů.

Již dříve zmiňované číselníky jsou v databázi vyřešeny tzv. převodníky. Převodník obsahuje informace o názvech atributů v Publikační databázi a v INSPIRE a hodnotu INSPIRE číselníku ekvivalentní hodnotě z tabulky v Publikační databázi. Hodnota INSPIRE číselníku je vždy ve formě URI odkazující na XML soubor s názvem hodnoty v definovaném jazyce.

Závěr

Návrhy transformací dat jsou zpracovány a odeslány dodavateli ke zpracování. Tím ovšem práce zdaleka nekončí. Směrnice INSPIRE kromě toho, co mají data obsahovat a jak mají vypadat, definuje i to, jak mají být data publikována. Publikace je prováděna prostřednictvím stahovacích (vektorových) a prohlížečích (rastrových) služeb. Forma poskytovaných služeb je dost přesně definována v Technických návodech pro služby, které se odkazují na standardy ISO a OGC o WMS 1.3.0 a WFS 2.0.0. Kromě toho definuje, které Conformance classes mají být podporovány k tomu, aby byla služba v souladu s INSPIRE.

Všechny datové sady i poskytované sady musí být opatřeny metadaty, také v souladu se standardy ISO a distribuované prostřednictvím Vyhledávacích služeb INSPIRE. Ty jsou realizovány pomocí katalogové služby CSW ve verzi 2.0.2.

Tím by povinnosti spojené s INSPIRE byly splněny. Pro doposud implementovaná témata byly vytvořeny Infostránky popisující data a služby uživatelům, kteří nejsou GIS odborníky. Infostránky budou vytvořeny i pro téma Budovy.

Literatura

- [1] D2.8.III.2_v3.0. *D2.8.III.2 INSPIRE Data Specification on Buildings - Technical Guidelines*. Version 3.0. European Commission Joint Research Center, 2013. Dostupné z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0.pdf
- [2] *Technical Guidance Download Services v3.1. Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services*. Version 3.1. Initial Operating Capability Task Force, 2013. Dostupné z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/Technical_Guidance_Download_Services_v3.1.pdf
- [3] *Technical Guidance View Services v3.11. Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services*. Version 3.11. IOS Task Force for Network Services, 2013. Dostupné z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.11.pdf
- [4] *Technical Guidance Discovery Services v3.1. Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Discovery Services*. Version 3.1. IOS Task Force for Network Services, 2011. Dost. z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_DiscoveryServices_v3.1.pdf
- [5] OGC 06-042. *OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification*. 1.3.0. Open Geospatial Consortium, 2006. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416
- [6] OGC 09-025r1. *OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard*. 2.0.0. Open Geospatial Consortium, 2010. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967
- [7] OGC 07-006r1. *OpenGIS Catalogue Service Implementation Specification*. 2.0.2. Open Geospatial Consortium, 2007. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555
- [8] OGC 09-026r1. *OpenGIS Filter Encoding 2.0 Encoding Standard*. 2.0.0. Open Geospatial Consortium, 2010. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39968

Abstract. There is a long and complicated journey between data in databases and harmonized INSPIRE data and INSPIRE network services. Nowadays, data of INSPIRE theme Buildings are prepared. On this example it is possible to show the whole process of implementation, from the analysis of specifications and data in a local databases, over the data transformations to the real time creation of GML files. Final step is publication of this data via INSPIRE harmonized View and Download services. Implementation of the Direction also includes preparation of metadata records for both data and services, publication of these documents via catalogue services. Above the frame of INSPIRE is creation of information documentation to the data and network services. Documentation was designed and written according to the needs of users, who are not always GIS experts. During the process of implementation, a lot of problems appeared and had to be solved, too.

Key words: INSPIRE, Buildings, GML, data transformation, ISKN, ISÚI, metadata, real estate

Změny krajiny povodí Olšového potoka od 18. století do současnosti a návrh jeho revitalizace

aneb

praktické využití GIS pro návrhy revitalizací toků

Dagmar Najmanová

Současného pracoviště: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6

Pracoviště, kde probíhal výzkum: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí
Králova výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem
dagmar.najmanova@cmelak.cz

Abstrakt. Příspěvek je z práce, která se zabývá sledováním a hodnocením časoprostorových změn ve vývoji toku Olšového potoka a rovněž tak krajiny v jeho povodí. Olšový potok teče v Krušných horách mezi obcemi Tisá a Petrovice. Vývoj krajiny povodí i samotného toku byl hodnocen pomocí geoinformačních technologií v časovém horizontu posledních zhruba 240 let. Na základě tohoto sledování byly nalezeny antropogenně nejpostiženější úseky toku a po detailnějším terénním průzkumu byl vytipován úsek, pro který byla navržena revitalizace z hlediska krajinné ekologie.

Úkolem revitalizace je navrátit technicky upravenou část toku a přilehlou nivu do přírodě blízkého stavu. V návrhu je řešena problematika nevhodného napřímení, zahloubení a opevnění toku. Je navržena nová trasa a kapacita koryta, dále příčný a podélný profil navrhovaného koryta tak, aby toku byla navrácena jeho ekologická hodnota a přirozený vzhled.

Klíčová slova: krajina, GIS, renaturace, revitalizace vodních toků, Olšový potok, vývoj

Úvod

Člověk neustále rozšiřuje prostor a nároky na krajinu, ve které žije. Při tomto rozpínání si podmaňuje stále nepřístupnější a méně vhodnou část přírody k obhospodařování a ke svému životu. Aby ji uzpůsobil pro své pohodlné žití, přetváří ji k obrazu svému, avšak často si neuvědomuje dlouhodobější následky svého konání.

Odvodňování zamokřených ploch, změna krajinného pokryvu či nevhodný způsob hospodaření vedou k negativním vlivům nejen na krajinu, ale i na člověka samotného. V krajině se jedná zejména o snížení její biodiverzity a mluvíme-li o člověku, pak je to především snížení retenční schopnosti krajiny a z toho vyplývající zvýšení rizik povodní.

Právě protipovodňová ochrana a snižování biodiverzity je žhavým tématem současnosti. Řešením tohoto problému je návrat k fungujícímu obrazu krajiny.

Jedním ze způsobů, kterým se toho dosahuje, je revitalizace krajiny a vodních toků. Pro správně provedenou revitalizaci je nutné znát minulost krajiny, v níž má být revitalizace realizována. K tomu poslouží moderní geoinformační technologie, pomocí níž se můžeme nejen lépe seznámit s historií krajiny, ale jejím prostřednictvím lze i analyzovat hlavní změny a trendy ve vývoji krajiny, identifikovat nejpoškozenější lokality a odhalit příčiny jejich poškození.

Tento příspěvek je zaměřen na výzkum vývoje trasy toku Olšovského potoka a změny jeho toku v důsledku antropogenních zásahů. Oproti původní plně verzi práce se tento příspěvek jen okrajově zabývá vývojem krajiny v povodí Olšového potoka a vlastním návrhem revitalizace jeho nejpoškozenější části.

1 Vymezení zájmové oblasti

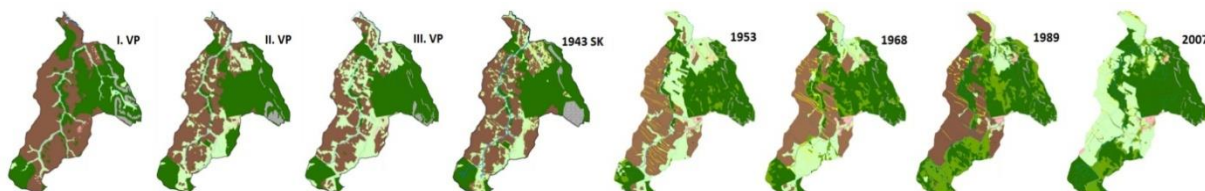
Povodí Olšového potoka se nachází v severních Čechách v Ústeckém kraji mezi Děčínskou vrchovinou a Krušnými horami (viz obr. 1). Olšový potok pramení u vojenského prostoru Tisá nad kopcem Holý vrch. Jeho povodí se rozprostírá mezi obcemi Tisá a Petrovice. Dolní část toku tvoří hranici mezi Českou republikou a Německem.



Obr. 1: Lokalizace zájmového území [1]

2 Data využitá pro hodnocení

Hodnoceno bylo území o rozloze 15 km² v horizontu posledních 240 let. Pro zhodnocení vývoje krajiny v povodí Olšového potoka byly použity mapy I., II. a III. vojenského mapování, mapy Stabilmního katastru z roku 1843, dále byly použity letecké snímky z 29. června 1953, 30. března 1968 a 23. května 1989. K zachycení současného stavu krajinného pokryvu bylo použito ortofoto z roku 2007 (obr. 2). Pomocí těchto dat byly hodnoceny prostorové změny krajiny, vývoj krajinných prvků a koeficient ekologické stability.



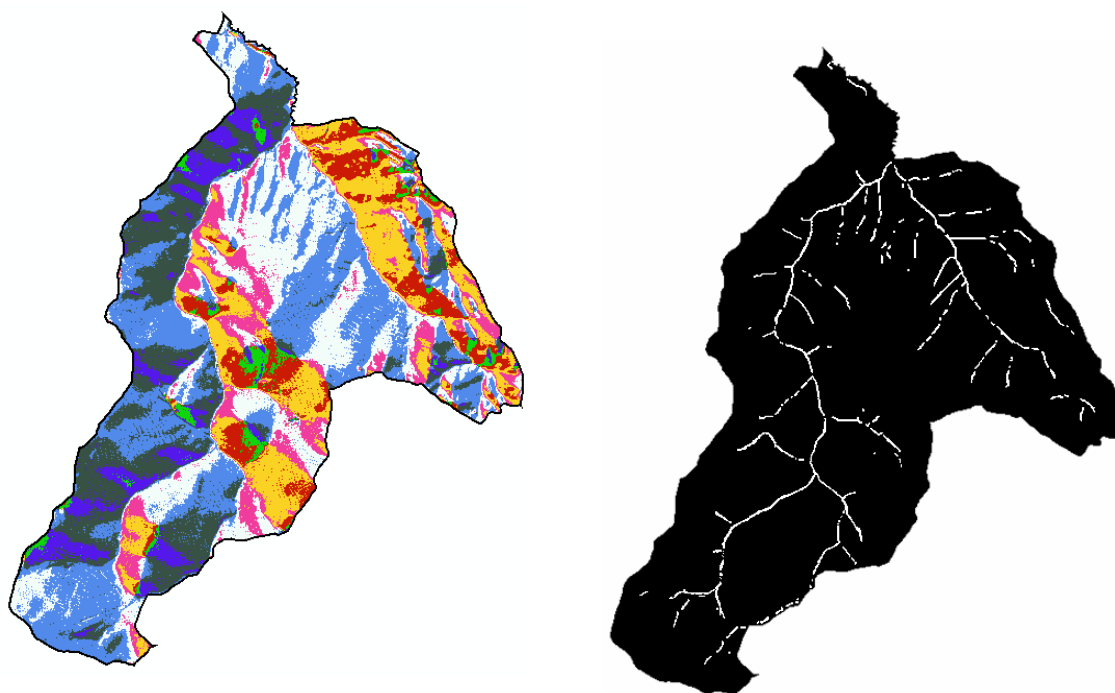
Obr. 2: Schéma vektorizovaných vrstev jednotlivých let povodí Olšového potoka

Samostatně byl hodnocen vývoj trasy toku Olšovského potoka a změna délky toku na vybraných úsecích během sledovaného období. K tomu byla použita data z Českého zeměměřičského úřadu v Praze - databáze ZABAGED - obsahující polohopisné a výškopisné údaje. Ke stanovení co nejpřesnější současné trasy Olšovského potoka byly využity snímky z LIDARu z roku 2005.

3 Metoda identifikace antropogenně narušených míst na toku

Pro identifikaci antropogenně narušených míst Olšovského potoka se nejprve vytvoří digitální model terénu. Z dat ZABAGED se použijí vrstevnice (hlavní, zesílené, vedlejší) a linie toku, pomocí interpolace Topo To Raster se vytvoří DTM s přesností na 5 metrů.

Pro hydrologické analýzy se využívá nadstavba programu ArcGIS Spatial Analyst Tools – nástroje Hydrology. Zde se pak nejprve použije funkce Flow Direction, která udává směr odtoku z každého metru území. (obr. 3 vlevo). Výsledek této analýzy se využije jako vstup do další funkce Flow Accumulation, která udává směr odtoku ze stejně orientovaných ploch (obr. 3 vpravo).



Obr. 3: Výstup z fce. Flow Direction (vlevo). Výstup z fce. Flow Accumulation (vpravo).

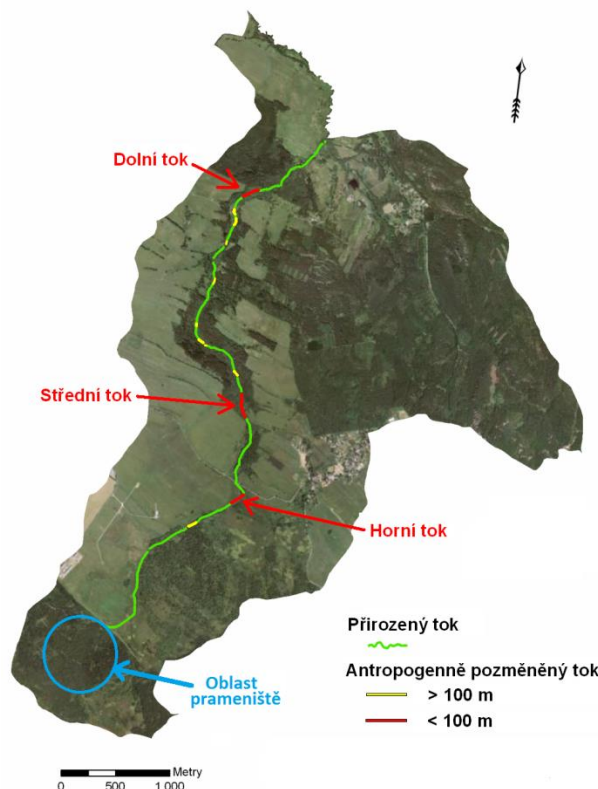
Následně je třeba reklasifikovat vytvořenou vrstvu Flow Accumulation. Pomocí funkce Stream to Feature se převede rastrový obrázek na vektorovou linii toku. Poté je třeba odstranit veškeré vedlejší linie a v místech, kde nedošlo ke spojení hlavní linie, ji napojit. Tímto vzniká linie přirozeného toku Olšovského potoka, která je dána terénem.

Hydrologická analýza nemohla být použita na dolním toku Olšovského potoka. Ten zde tvoří hranici mezi Českou republikou a Německem a pro německou stranu nebyla k dispozici data. Výsledek hydrologických analýz nebyl vhodný ani pro oblast prameniště v Horním lese, která je po lesnické melioraci až příliš pozměněná.

Pro vlastní identifikaci antropogenně narušených míst Olšovského potoka se použije překryvná analýza, pro kterou se využila upravená linie toku vzniklá z hydrologických analýz a linie současného toku z dat ZABAGED. Linie těchto toků se pomocí funkce Intersect položí přes sebe (se stranovou tolerancí do 5 metrů). Tam, kde nedojde ke sjednocení toků, došlo k jeho změně. Tato místa se vyberou pomocí funkce Erase. Na závěr se vyberou pouze pozměněné úseky delší jak 100 metrů.

4 Výsledky identifikace antropogenně narušených částí Olšového potoka

Na základě hydrologických analýz byly identifikovány úseky s antropogenně změněnou trasou toku. V rámci analýzy byly identifikovány tři oblasti, kde došlo ke změně toku v úseku delším než 100m (obr. 4). Tyto úseky byly podrobně zmapovány. Samostatně byla hodnocena oblast prameniště v Horním lese (obr. 5).



Obr. 4: Identifikace úseků s antropogenně pozměněnou trasou toku. Navíc je vyznačena oblast prameniště.

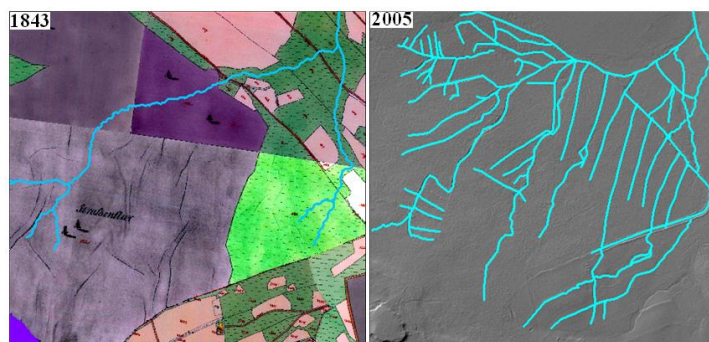
4.1 Ukázky narušených částí Olšového potoka

4.1.1 Změna v oblasti prameniště v Horním lese

V pramenné oblasti toku v Horním lese byl tok v minulosti upraven v rámci lesotechnických meliorací Státními lesy. Stav před úpravou a po ní lze vidět na obr. 5. V rámci lesotechnických meliorací byla upravována prameniště toků v lesních porostech z důvodu lepší využitelnosti pro pěstební účely lesních ploch. Státní lesy se snažily mít plochy co nejvíce osázené dřevinami pro hospodářské využití a les musel být přístupný pro těžkou techniku. Tyto úpravy byly prováděny buď jako síť lesních příkopů bez opevnění jen s vysvahováním, nebo se k opevnění používaly dřevěné plůtky.

4.1.2 Změna Olšového potoka na horním toku

Na obr. 6 je zachycen vývoj napřímení Olšového potoka na středním toku. Snímek z roku 1953 (vlevo nahoře) je sice prvním vizuálním dokladem o původní trase Olšového potoka, ale jeho vektorizace byla velmi náročná a ve většině případů založená pouze na sledování doprovodné vegetace toku. Identifikace menších toků, jako je pravobřehý přítok na obrázku, je téměř nemožná.



Obr. 5: Změna Olšového potoka v oblasti prameniště – srovnání SK, Lidar

Snímek z roku 1968 (vlevo dole) i přes svoji nižší kvalitu nejlépe zachycuje koryto Olšového potoka před jeho narovnáním, které proběhlo v 80. letech. Snímek byl pořízen koncem března, kdy vegetace ještě zcela nezahluje koryto, a tak byla možná poměrně přesná vektorizace toků.



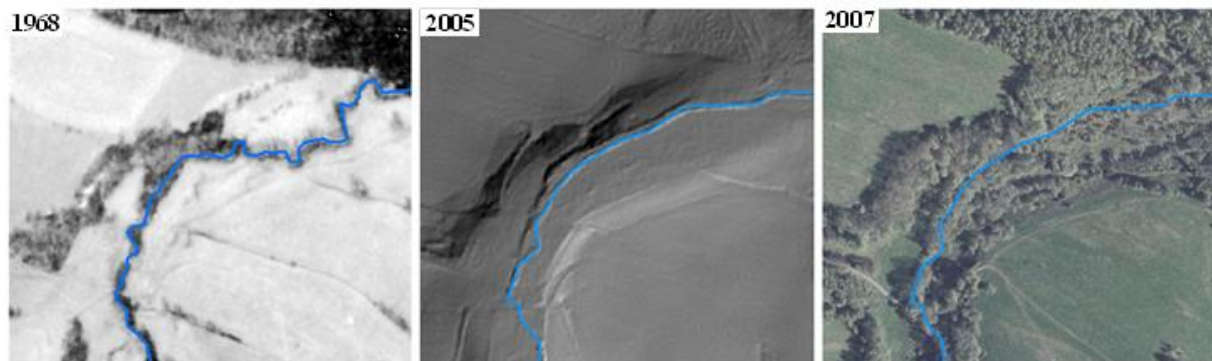
Obr. 6: Vývoj napřímění Olšového potoka na středním toku

Na snímku z roku 1989 (vpravo nahoře) je patrné napřímění Olšového potoka a jeho pravobřehého přítoku, které proběhlo v 80. letech. Původní koryto bylo zcela zlikvidováno a stalo se součástí zemědělsky obhospodařované půdy.

Na ortofotu z roku 2007 (vpravo dole) je kromě přechodu od orné půdy k TTP a zarůstání pozemků dřevinami dobře vidět přirozenou terénní depresi, která dokládá existenci původní trasy koryta.

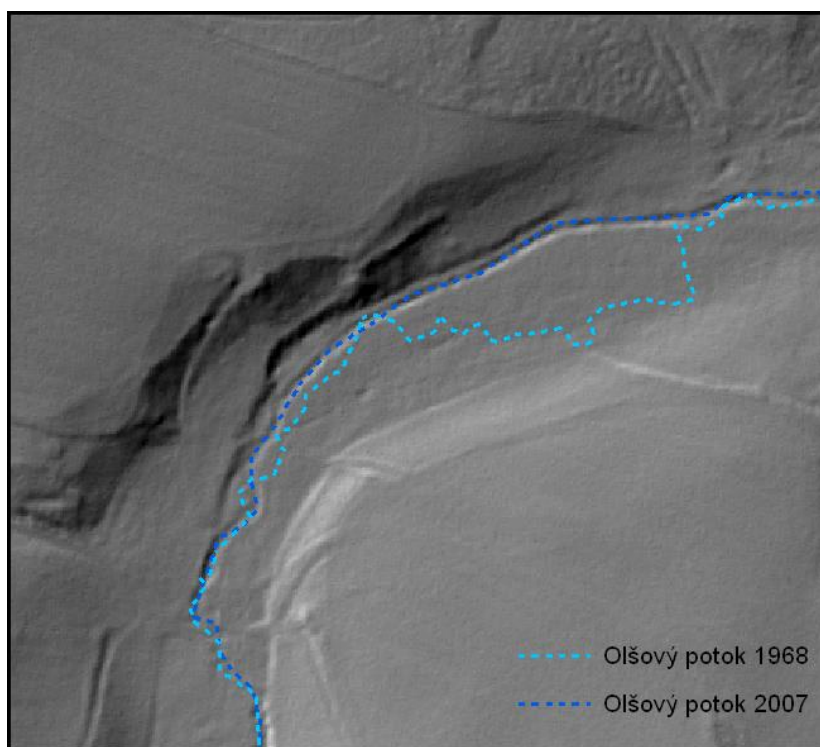
4.1.3 Napřímení Olšového potoka na středním toku

Na snímku z roku 1968 je vidět původní trasa Olšového potoka, ten byl v 80. letech 20. století napřímen za účelem obdělávání pravobřehého přilehlého pozemku. Napřímení je nejlépe patrné z lidarového snímku z roku 2005, linie toku pak byla zasazena do ortofota z roku 2007, aby bylo vidět i vývoj okolní krajiny, zde nárůst lesa. Změnu toku lze vidět na obr. 7.



Obr. 7: Změna trasy Olšového potoka na dolním středním toku – srovnání (letecký snímek 1968, Lidar 2005, ortofoto 2007)

Na obr. 8 je pro přesnější porovnání zřejmé změny zobrazena tmavomodře linie toku z roku 1968 a světlemodře linie toku pro současnost.

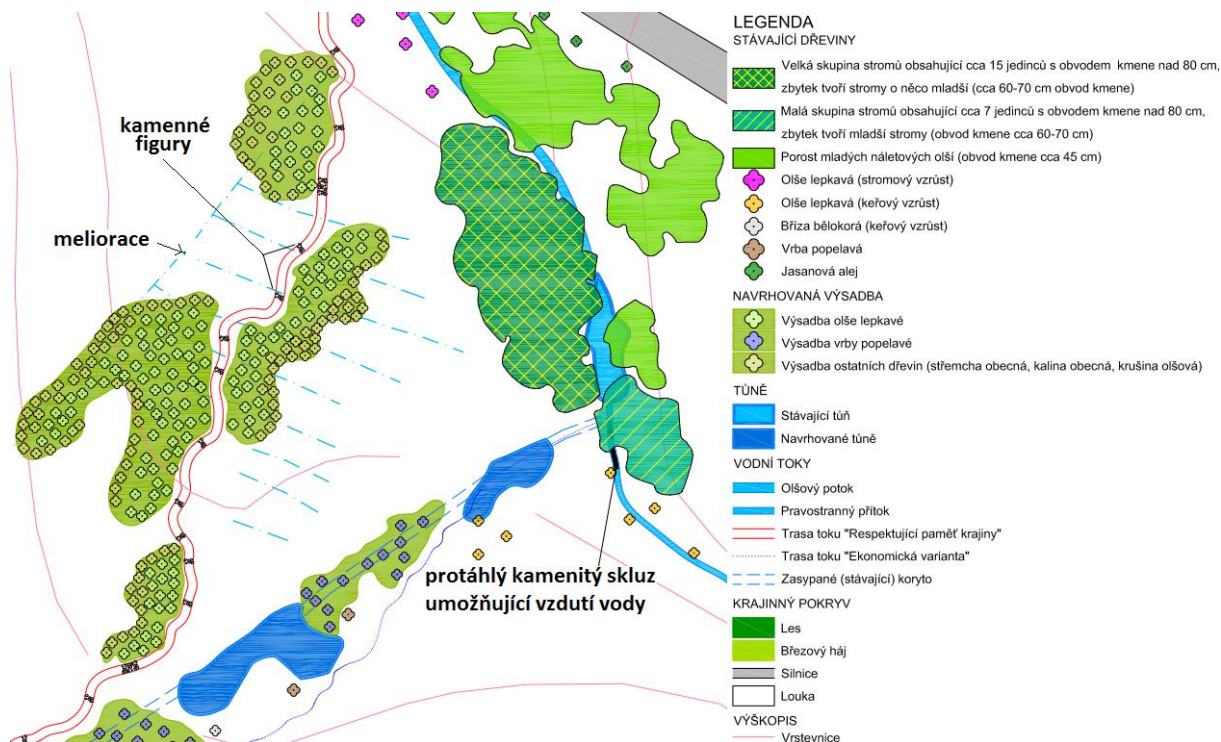


Obr. 8: Porovnání toku v roce 1968 s tokem v roce 2007

5 Návrh revitalizace Olšového potoka

Pro návrh revitalizace byl vybrán úsek na horním toku. Problém tohoto úseku je především v jeho nadměrném zahloubení opevněním polovegetačními dlaždicemi a v odchýlení trasy od přirozeného vedení údolnicí. Současně je toto prostředí ještě negativně ovlivněno odvodněním přilehlé louky.

V práci byly zvažovány tři varianty revitalizace vybraného toku. První z nich byla nulová varianta s názvem „Ať si příroda poradí sama“. Druhá „Ekonomická varianta“ byla řešena s ohledem na zachování stávajícího využití okolních pozemků. Třetí varianta vznikla na základě sledování toku v minulosti, a proto byla nazvána „Varianta respektující paměť krajiny“. Tato varianta byla v práci podrobně zpracována včetně nákresu situačního plánu (obr. 9).



Obr. 9: Detail návrhu trasy tůňek podle varianty respektující paměť krajiny

Více informací o provedených analýzách a návrhu revitalizace Olšovského potoka, včetně vývoje krajinného pokryvu celého povodí, lze nalézt v diplomové práci Najmanová (2012).

Závěr

Na základě hydrologických analýz byla (jak se říká od stolu) identifikována místa na Olšovém potoku, kde došlo ke změně jeho trasy. Přestože na celém toku proběhl terénní průzkum, tak mimo předpokládaných úseků vyšel i napřímený úsek pod Antonínovským přítokem (úsek na středním toku). Dodatečná kontrola tohoto místa v terénu potvrdila správnost analýz. Tento způsob hodnocení toku by tedy mohl být velmi užitečný pro vytipování postižených úseků u dlouhých a neprobádaných toků. Dále může sloužit ke kontrole částí toků, u kterých si nejsme jisti, zda se jedná o přirozenou, či pozměněnou trasu toku.

Z mapových podkladů se pro návrh revitalizace toku ukázaly jako nejužitečnější lidarové snímky. Po odfiltrování vegetace se z nich dá téměř přesně identifikovat trasa toku. V případě Olšovského potoka pomohly rozhodnout spor, zda neopevněný, ale zahluobený úsek na horním toku, je zahluoben přirozeně, či uměle. Z lidarových snímků se dají poměrně přesně zjistit nadmořské výšky i vzdálenosti. To umožňuje udělat prvotní návrh revitalizace toku bez geodetického zaměření. Lidarové snímky před odfiltrováním vegetace se dají využít (a v této práci byly využity) pro přesný situační plán stávajících dřevin. Dále do něj lze udělat předběžný návrh budoucí výsadby.

Chceme-li pochopit přírodní zákonitosti a na jejich základě správně navrhnout management krajiny, její revitalizaci, či revitalizaci jejích částí, je třeba se naučit v krajině správně číst. A k tomu nám pomáhá znalost její historie. Tato práce se zabývá historií krajiny v povodí Olšovského potoka a návrhem revitalizace jeho vybrané části. Na první pohled se může zdát, že zajímat se o krajinu celého

povodí je pro návrh revitalizace toku zbytečné, ale řekněme si, proč revitalizujeme toky. Sem tam nám jde o znovunavrácení života do míst, která jsou díky lidským zásahům pro život nevhodná, ale stále více se do popředí dostává také otázka protipovodňové ochrany.

Častější povodně zaznamenáme, ale řešíme více jejich následky než příčiny. Povodně přičteme globálnímu oteplování a lenost přemýšlet o jejich skutečných příčinách nás odpoutává od racionálního vysvětlení. A tak si často neuvedomíme, že častější povodně dole ve městě můžou být zapříčiněny vybudováním sídlišť v okolí horního toku. Vybetonovaná a vyasfaltovaná plocha způsobí změnu odtokových poměrů a chybějící plocha pro vsakování vody je příčinou jejího zrychleného a zvýšeného odtoku. Není divu, že poté vyplaví obydlí níže po toku, kde nikdy povodně nepamatovali.

Toto je jen malá ukázka toho, proč je vhodné zajímat se o historii krajiny a krajinného krytu v povodí.

Literatura

- [1] ArcČR500 – digitální vektorová geografická databáze pro území České republiky zpracovaná v měřítku 1 : 500 000, ARCDATA PRAHA, s.r.o., 2003.
- [2] NAJMANOVA, D. (2012) *Změny krajiny povodí Olšového potoka od 18. století do současnosti a návrh jeho revitalizace*. [Diplomová práce] Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, obor Revitalizace krajiny, 177s.

Abstract. This thesis deals with the monitoring and evaluation of spatio-temporal changes in the evolution of the flow of Olšový stream as well as landscapes in its catchment area. Olšový stream flows in the Ore mountains between the villages of Tisá and Petrovice. Both, the development of the country of catchment area and the actual flow was evaluated using geoinformational technologies in the last term about 240 years. At the basis of this monitoring have been found the anthropogenically most affected parts of flow. After more detailed field survey was selected one section, where was designed the revitalization in terms of the landscape ecology.

The task of restoration is to return the technically revised part of a stream and the neighbouring floodplain to the nearby state of nature. The proposal consist the problems of improper straightening, recess and fortification of the flow. The new route and new channel capacity is proposed, as well as transversal and longitudinal sections of this channel and it's done so that the flow was restored to its ecological value and natural look.

Key words: landscape, GIS, renaturation, revitalization of watercourses, Olšový stream, development

Vymezování funkčních regionů v GIS

Jan Šimbera

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie
Albertov 6, 128 43 Praha 2
e-mail: simberaj@natur.cuni.cz

Abstrakt. Vymezování funkčních regionů, tedy regionů vymezených na základě interakcí (toků) v území, je tradičním problémem v sociální geografii. Příspěvek se snaží poukázat na to, že použití geografických informačních systémů může vymezování výrazně usnadnit - a to jak integrací různých používaných metodik, které jsou v práci diskutovány, tak i zahrnutím prostorových aspektů, v nichž GIS otevírá široké možnosti inovací. Je navržena vlastní metoda vymezování funkčních regionů, založená na přístupu M. Hampla; tato metoda je implementována spolu s dalšími pomocnými nástroji v prostředí ArcPy jako ucelený toolbox pro ArcGIS 10. Výsledky metody a implementace jsou kriticky zhodnoceny.

Klíčová slova: funkční regiony, komplexní sociogeografické regiony, nodální regiony, problém vymezení funkčních regionů, regionalizace, GIS, ArcGIS, ArcPy, sousedství

Úvod

Funkční regiony jsou jedním ze základních konceptů sociální geografie. Jde o regiony vymezené na základě funkčních vztahů mezi jednotlivými částmi prostoru, tedy dynamických procesů (např. pohybů obyvatel), čímž se liší od regionů homogenních, vymezovaných staticky (např. dle převládajícího druhu průmyslové výroby). Snaží se v maximální míře odrážet přirozenou strukturu reality z hlediska člověka (spádovost), proto se také ve vzrůstající míře používají jako podkladové členění jak ve vědeckých studiích, tak ve státní správě (např. jako podklad pro návrh administrativního členění nebo alokaci zdrojů dekoncentrovaným pracovištím s určitou územní působností).

Řešení problému vymezení funkčních regionů (functional area delineation problem, FADP) existuje v sociogeografické literatuře celá řada – v Česku zaujímá dominantní postavení [8], z jehož přístupu kombinovaného se zahraničními [2, 4, 7, 10, 15] vychází i tento příspěvek.

Žádné z takových řešení však není zcela uspokojivé – buď jejich jednoduchost nedokáže vystihnout komplexitu reálných systémů, nebo je jejich aplikace velmi složitá. Složitost aplikace lze však výrazně snížit použitím geografických informačních systémů (GIS) – ty umožňují všechny potřebné kroky od zpracování dat po vizualizaci automatizovat a integrovat do jednoho prostředí, aniž by přitom byla omezena modularita a možnosti parametrizace celého postupu.

1 Teoretická východiska

K vymezení funkčních regionů jsou zapotřebí dva základní zdroje dat – soubor základních prostorových jednotek (*zón*, v Česku obce) a data o jejich vzájemných *interakcích* – nejčastěji používaná je denní dojíždka, zjišťovaná ve sčítání lidu. Tyto interakce (jednosměrné toky mezi zónami – tok ze zóny *i* do zóny *j* je značen f_{ij}) vykazují typický prostorový vzorec, jenž je teoreticky popsán *nodální formou* regionu. Nodální forma regionu předpokládá jeho dělení na *jádro*, představující koncentraci aktivit (typicky jedno město nebo více funkčně provázaných měst), a *zázemí* na jádru závislé (typicky venkovské a suburbánní oblasti). Síla vazby zón v zázemí na jádro přitom klesá se vzdáleností od něj.

1.1 Principy vymezování

Při vymezování je nutno dodržet několik základních *principů*:

- *Princip jednoznačnosti* určuje, že každá zóna musí být přiřazena právě jednomu regionu (regiony se nesmí překrývat a žádné území nesmí zůstat nepřifazeno); takový požadavek je

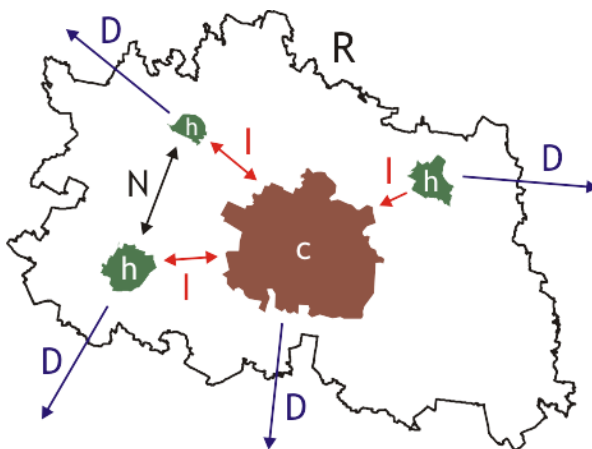
ovšem často v rozporu s realitou, kde se sféry vlivu sousedních jader téměř vždy překrývají. To se snaží reflektovat nově vznikající teorie *fuzzy regionů*, pracující na principu fuzzy množin, do nichž každý prvek patří jen do určité míry. U každé zóny i je tak uvažováno členství ve více regionech R , jehož míra je vyjádřena hodnotou členské funkce $d_i(R)$.

- *Princip souvislosti* stanovuje, že každý region má být prostorově souvislý. Do značné míry je dodržen díky přirozeně klesající intenzitě interakcí se vzdáleností; zejména v dynamicky se vyvíjejících oblastech bývá ovšem porušen a vznikají exklávy. Proto, pokud má být princip dodržen důsledně, je třeba do procesu vymezení zahrnout informaci o prostorových vztazích zón – typicky o jejich *sousedství*.
- *Princip autonomie* říká, že region by měl být co nejvíce samostatný co do interakcí svých zón – maximum toků by mělo probíhat v rámci něj (*vnitřní soudržnost*) a minimum mezi ním a okolím (*vnější uzavřenost*). Tento princip určuje vlastní postup vymezení. Vnitřní soudržnost se dosahuje agregací zón s maximální intenzitou interakce, jde tedy o maximalizaci určitého *agregačního kritéria* v průběhu přiřazování zón k regionům. Naopak zajistit vnější uzavřenost je větší problém, související s principem jednoty řádovosti.
- *Princip jednoty řádovosti* určuje, že vymezené regiony mají odpovídat stejné řádovostní úrovni, a tedy být přibližně velikostně porovnatelné (přičemž jedno jádro může mít na různých řádovostních úrovních různě rozsáhlé regiony). Toho se zpravidla dosahuje stanovením určitých minimálních požadavků na daný region (minimálního počtu obyvatel, vnější uzavřenosti) – tedy určitého *ověřovacího kritéria*.

Vymezovací metoda je tedy tvořena algoritmem propojujícím několik *kritérií*. Agregací a ověřovací kritéria jsou někdy doplněny kritériem *selekčním* (předem určuje, které zóny mohou být jádru regionů), *přeřazovacím* (optimalizuje regiony přeřazováním zón mezi nimi) nebo *slučovacím* (nahrazuje dva silně propojené regiony jedním *vícejaderným*, který má jádro složené z více zón – jader dvou původních regionů). Tento článek navrhuje metodu, v níž jsou zahrnuta všechna výše uvedená kritéria.

1.2 Model funkčního regionu

Jednou z hlavních otázek při vymezení funkčních regionů představuje rozhodnutí, které interakce region integrují (tedy zvyšují jeho autonomii) a které naopak dezintegrují. V tomto článku je použit model od M. Hampla, který předpokládá, že toky mezi jádrem a zázemím (I) region integrují, toky přesahující hranice regionu (D) jej dezintegrují a toky v zázemí regionu (N) nemají na autonomii žádný vliv (obr. 1). Právě v povaze toků v zázemí se liší od většiny zahraničních modelů, které předpokládají jejich integrující funkci. Lze však jednoduše namítnout, že v takovém případě tyto toky mohou integrovat i region s jakýmkoliv jiným jádrem.



Obr. 1: Hamplův model funkčního regionu

Míra členství zóny i v určitém regionu R (tedy *členská funkce* [7]) se pak určí jako

$$d_i(R) = e \frac{I_i(R)}{I_i(R) + D_i(R)} \quad (1)$$

kde e je korekční koeficient (po většinu běhu $e = 1$; viz část 2.2.6) a $D_i(R) = \sum_{k \notin R} f_{ik} + f_{ki}$ je součet síly interakcí zóny překračující hranice regionu.

$I_i(R)$ je stanoveno odlišně pro zónu zázemí ($I_i(R) = \sum_{k \in c(R)} f_{ik} + f_{ki}$, kde $c(R)$ je jádro regionu R – zahrnuje tedy všechny interakce mezi zónou a jádrem) a zónu jádra ($I_i(R) = \sum_{k \in R} f_{ik} + f_{ki}$, zahrnuje tedy interakce se všemi zónami zázemí). Použitý vzorec zajišťuje, že $d \in \{0; 1\}$, kde 0 odpovídá neexistující vazbě zóny na region a 1 plnou integraci bez interakcí s regiony ostatními.

1.3 Sousedství

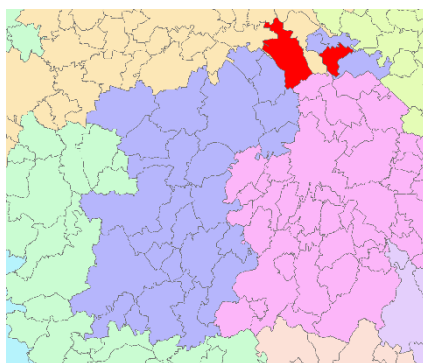
Jak bylo uvedeno v části 1.1, pro důsledné dodržení principu souvislosti musí být do vymezení metody zahrnuty také informace o sousedství zón (*podmínka sousedství*). Většina existujících metod ji používá jedním ze dvou přístupů:

- *Omezení agregčního kritéria* po celou dobu běhu metody na sousední regiony sice zajistí souvislost regionů, ovšem zároveň značně limituje vytváření regionů podle nejsilnějších interakcí [5].
- *Ex-post eliminace exkláv* je také spolehlivým způsobem zajištění souvislosti, kdy jsou exklávy na konci běhu metody přeraženy do regionů, s nimiž sousedí. Většinou však není prováděna podle přesných pravidel (často jde o ad-hoc rozhodnutí), což nepřispívá k důvěryhodnosti a v automatické implementaci je koneckonců nepoužitelné.

V tomto příspěvku je navržen jasný postup ex-post eliminace exkláv založený na členských funkcích (viz část 2.2.6).

GIS představuje pro práci se sousedstvím ideální prostředí – dokáže přímo přistupovat ke geometrickým datům o zónách a analyzovat je pomocí běžných funkcí.

Další otázkou je, které zóny považovat za sousední. Přírozně se nabízí použít *administrativního sousedství* – tehdy spolu sousedí ty zóny, jejichž polygony administrativního vymezení sdílejí společnou hranici. Tento přístup je jednoduchý a téměř spolehlivý. Jedinou slabinou trpí v případě neadekvátního administrativního vymezení zón, zejména v případě, kdy zóny samy jsou nespojitě (v Česku je takových obcí přibližně sto); tehdy mohou i při důsledné aplikaci podmínky sousedství vznikat nespojitě regiony (obráz. 2).



Obr. 2: Vznik nespojitých regionů při použití administrativního sousedství

Alternativou k administrativnímu sousedství mohou být např. vážené Thiessenovy polygony kolem centrálních bodů zón. Další možností je analyzovat situaci v sídelním systému z hlediska jeho reálného fungování, kdy jsou kontakty sídel zajištěny dopravními sítěmi. Za sousední pak lze považovat dvě zóny spojené dopravní komunikací, která neprochází zastavěnou oblastí jiné zóny

Obr. 3: Algoritmus vymezení metody

Vymezovací metoda, již představuje tento příspěvek a která je detailně popsána ve [13], se snaží o propojení teoretické báze, kterou nabízí [8], s matematickým aparátem, jež nabízí zahraniční metody [4, 5, 10, 12] a teorie fuzzy regionů [7, 15].

Algoritmus začíná se stavem, v němž je každá zóna jádrem svého vlastního regionu. Regiony jsou pak seřazeny podle ověřovacího kritéria a ty, které jej nesplňují, jsou postupně (od toho s nejmenší vahou)

eliminovány – jejich zóny jsou přiřazeny ostatním regionům nebo je celý region sloučen s jiným za vzniku regionu vícejaderného.

Na konci je potom provedena optimalizace výsledku přerazováním okrajových zón. Přesná podoba algoritmu je znázorněna v diagramu na obr. 3; níže jsou potom popsána použitá kritéria.

2.2 Použitá kritéria

2.2.1 Selekční kritérium

Selekční kritérium není aplikováno v souladu s myšlenkou, že regionální jádra by měla být vybírána na základě schopnosti udržet si dostatečné zázemí; lze jej pouze volitelně zahrnout ve formě prostého výběru potenciálních jader pro zvýšení výkonu.

2.2.2 AgregáčnÍ kritérium

Určuje, ke kterému regionu má být zóna *i* přiřazena, je-li její dosavadní region rozpuštěn. Je založeno na míře s_{ij3} z metody CURDS [4] upravené na vztah jednosměrné závislosti (jsou vypuštěny členy uvažující tok z regionu do agregované zóny; f_{ij} je síla interakce ze zóny *i* do zóny *j*):

$$a_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{(k)} f_{ik}} + \frac{f_{ij}}{\sum_{(k)} f_{kj}}$$

Je tak zohledněn význam interakce pro výchozí i cílovou zónu. Vícečlenná jádra regionů jsou z hlediska tohoto kritéria považována za jednu zónu (jako cíl i počátek interakce); při rozpouštění regionu jsou agregována společně.

Použitá forma agregáčnÍho kritéria preferuje interakce s menšími centry (díky druhému členu) tak, aby se v počátku běhu mohly vytvořit i menší regiony; selekci životaschopných regionů ponechává na ověřovacím kritériu a finální podobu hranic regionů (přiřazení okrajových zón) na přerazovacím kritériu.

Zóna je agregována k tomu regionu, do jehož jádra směřuje interakce, pro niž je agregáčnÍ kritérium maximální. V případě, že takto vybraný nejsilnější tok nesměřuje do jádra, ale do zóny zázemí *z*, je uplatněno *pravidlo nepřímé vazby* a hodnoty a_{ij} jsou přepočítány tak, že místo f_{ij} je dosazena hodnota

$$f'_{ij} = f_{ij} + \frac{f_{iz}}{\sum_{(k)} f_{ik}} f_{zj} \quad (2)$$

Je pak velmi pravděpodobné, že zóna *i* bude přiřazena ke stejnému regionu jako *z*, ovšem pokud má dostatečně silnou sekundární interakci, která se neshoduje s primární interakcí zóny *z*, mohou obě zóny skončit v různých regionech. Toto pravidlo je motivováno snahou, aby co možná nejvíce zón agregovaného regionu zůstalo pohromadě a byla tak zachována zásada skladebnosti nižších úrovní dle Hampla; region však není agregován jako celek a je tak umožněno zónám, které připadly původnímu agregovanému regionu jen těsně, aby byl místo ještě slabší vazby na nový region využit jejich sekundární tok.

2.2.3 Ověřovací kritérium

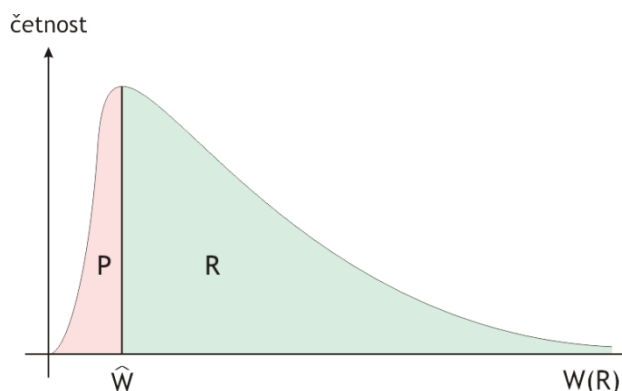
Ověřovací kritérium určuje, zda má region dostatečnou autonomii; pokud jeho hodnota nedosáhne stanovené hranice, je region rozpuštěn. Výpočet je založen na členské funkci uvedené v části 1.2. Z hodnot členských funkcí $d_i(R)$ zón tvořících region je potom spočítána členská váha regionu $W(R)$ (m_i je masa zóny – libovolný velikostní ukazatel, nejčastěji populační velikost):

$$W(R) = \sum_{i \in R} m_i d_i(R) \quad (3)$$

Takovéto stanovení váhy zahrnuje do jediného čísla dvě běžně používané míry – populační velikost regionu a jeho vnější uzavřenost, které se mohou vzájemně kompenzovat (malé regiony má smysl vymezovat pouze tehdy, jsou-li vysoce soudržné).

Minimální hranici pro váhu regionu je možné stanovit absolutně, což je i nejčastější postup v jiných pracích – děje se tak odborným odhadem na základě analýzy konkrétního sídelního systému, jehož regiony jsou vymezovány. Hampl [8] k tomu používá techniky generalizovaného modu, kdy je za hranici vzat modus vah všech regionů s nezanedbatelným zázemím (viz obr. 4). Pevné stanovení hranice ovšem značně snižuje přenositelnost celé metody na jiný sídelní systém.

Analýza sídelního systému je proto přímo zahrnuta do zde představené metody. Nejprve jsou eliminovány všechny regiony, jejichž zázemí je zanedbatelné (jeho příspěvek k $W(R) < W_0 = konst.$, pro Česko byla zvolena hodnota 2000). Ze zbylých regionů je spočítán generalizovaný modus a následně jsou všechny regiony s vahou menší než tento modus eliminovány.



Obr. 4: Hamplovo určení hodnoty generalizovaného modu $\hat{W}$. P označuje regiony s problematickou autonomií nedostatečně zapojené do sídelní hierarchie.

2.2.4 Přerazovací kritérium

Slouží především k optimalizaci hranic regionů v závěrečné fázi. Základním cílem je zvýšit součet vah regionů, mezi nimiž je zóna přerazována. Pro přerazení zóny i z regionu A do regionu B má hodnotu:

$$r_i(AB) = \frac{\Delta W(B)_i - \Delta W(A)_i}{m_i} > r_0 \quad (4)$$

kde $\Delta W(B)_i$ je změna váhy regionu B způsobená přerazením zóny. Zóna je přerazena v případě, že je relativní zisk vzhledem k její velikosti nezanedbatelný – r_0 je proto malé kladné číslo (v příkladu byla použita hodnota 20 %). Přerazovací kritérium obsahuje také podmínku sousedství (zónu tedy není možno přeradit do regionu, s nímž nesousedí), aby byl omezen počet prohledávaných variant.

Kritérium je inspirováno pracemi [2, 4], které jej používají analogicky, ovšem v jiné formě.

2.2.5 Slučovací kritérium

Vytváří vícejaderný region ze dvou regionů, jejichž vzájemné vazby jsou vzhledem k jejich váze velmi silné, a tak ve skutečnosti tvoří jeden funkční celek. To je zjišťováno ukazatelem relativního překryvu [15, upraveno]:

$$O_r(AB) = \frac{\sum_{i \in A} m_i d_i(B) + \sum_{i \in B} m_i d_i(A)}{W(A) + W(B)} > O_{r0} \quad (5)$$

kde O_{r0} je hraniční hodnota určující pravděpodobnost tvorby vícejaderných regionů (v příkladu byla použita hodnota 30 %).

2.2.6 Podmínka sousedství

Princip souvislosti je v metodě zajištěn skrz modifikaci členské funkce exkláv. V závěrečné fázi běhu je jejich korekční koeficient nastaven na hodnotu *tolerance exkláv* $k_{e0} \in \langle 0; 1 \rangle$. Hodnota $d_i(R)$ se tak pro exklávy příslušně sníží (pokud $k_{e0} = 0$ jako v příkladu, exkláva přestane jakkoliv přispívat k váze

svého regionu). Následně je na tyto exklávy aplikováno přerazovací kritérium, jímž jsou exklávy eliminovány, neboť každá byt jen trochu silná vazba do jiného regionu kritériu vyhoví.

2.3 Vizualizace

Členské funkce nabízejí jednoduchou možnost kvalitativně-quantitativní vizualizace regionální příslušnosti jednotlivých zón pomocí barvy.

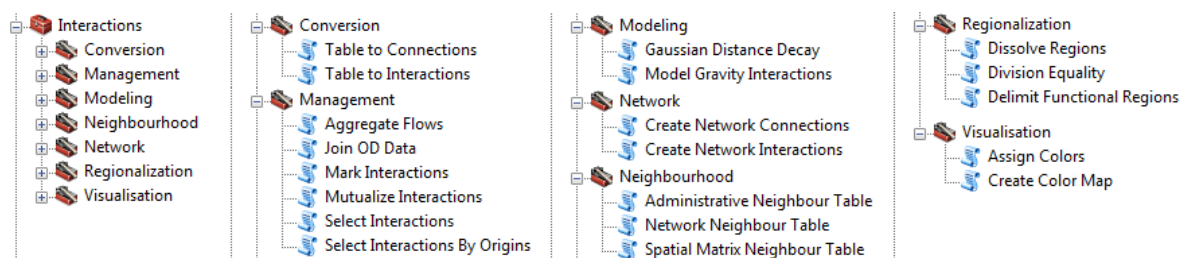
Každému regionu přiřadíme určitou sytou barvu $C(R)$ pomocí algoritmu barvení grafů [14] tak, aby žádné dva sousední regiony neměly stejnou barvu. Potom lze, díky tomu, že $\forall i; \sum_{(R)} d_i(R) = 1$, tyto barvy pro každou zónu smísit dle vzorce:

$$C_i = \sum_{(R)} C(R) \cdot d_i(R) \quad (6)$$

a zónu pomocí těchto barev vizualizovat. Pro svou jednoduchost byl pro směšování použit RGB model.

3 Implementace

Výše představená metoda byla implementována do podoby geoprocessingových nástrojů, které umožňují práci přímo v prostředí GIS. Pro své kvalitní GUI a širší funkcí i podporovaných datových formátů byl zvolen ArcGIS a jeho programovací rozhraní ArcPy, umožňující tvořit nástroje v jazyce Python – skripty vybavené jednoduchým uživatelským rozhraním umožňujícím interaktivní práci. Nástroje byly uspořádány do toolboxu s názvem Interactions, jehož obsah je zobrazen na obr. 5 a spolu s uživatelským manuálem popisujícím použití jednotlivých nástrojů je možné jej stáhnout z <http://geocite.ic.cz/interactions/>. Hlavní část – tedy samotnou vymežovací metodu – provádí nástroj Delimit Functional Regions. Základní postup použití jednotlivých nástrojů ukazuje diagram na obr. 6.



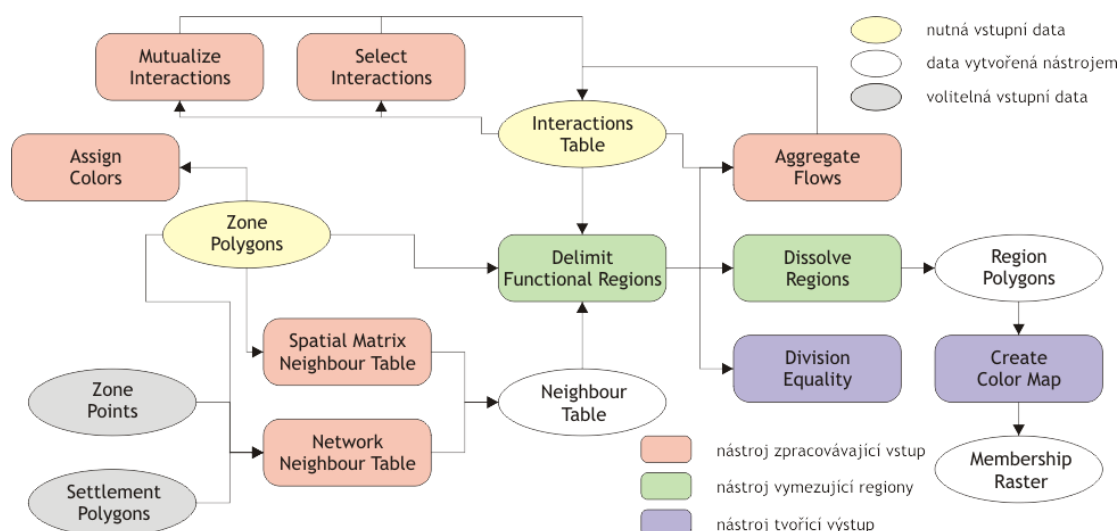
Obr. 5: Obsah vytvořeného toolboxu

Nástroje jsou navrženy tak, aby jednotlivé kroky bylo možné snadno opakovat a tak experimentovat s různými hodnotami parametrů; rovněž tvorba víceúrovňové regionalizace (tedy použití výsledných regionů jako zón pro vymezení regionů vyšší řádovostní úrovně) je výrazně usnadněna. Pro detaily o implementaci viz [13].

4 Aplikace: Regionalizace Česka

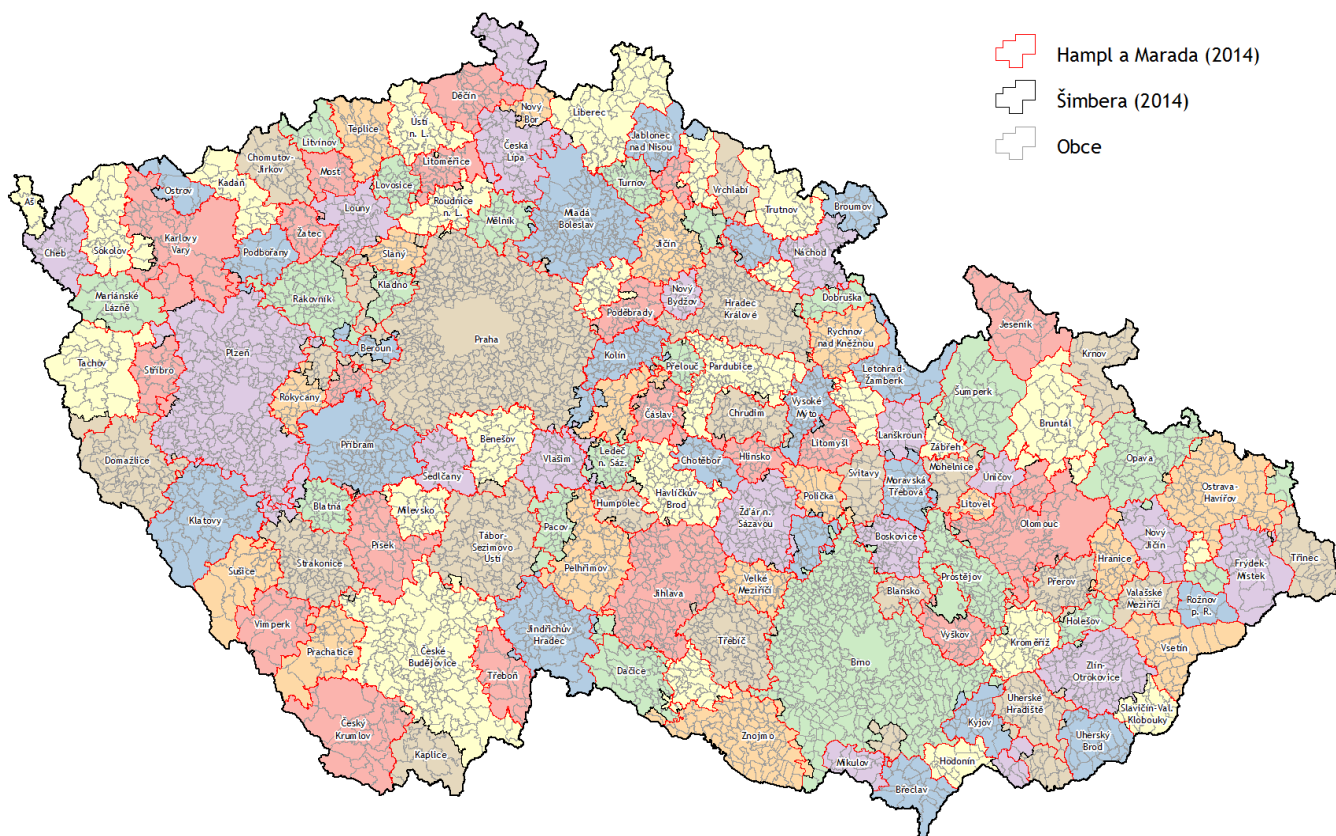
Představený toolbox byl pro demonstraci použit pro vymezení funkčních regionů Česka na základě dat o dojížděcí za prací a školami ze Sčítání lidu, domů a bytů (SLDB) 2011 [6]. Ta jsou dostupná na úrovni obcí, které tak tvoří zóny. Jejich prostorové vymezení a populační velikosti byly převzaty z volně dostupné databáze ArcČR [1].

Stejná data použili k vymezení též [9], s jejichž výsledky tak lze výstup toolboxu porovnat. Proto bylo také několik zón podle jejich použitého seznamu manuálně zařazeno do vícejaderného regionu pomocí pole Zone Cooperation/Agglomeration Field v nástroji Delimit Functional Regions. Ostatní parametry tohoto nástroje byly nastaveny na hodnoty uvedené v části 2 u jednotlivých kritérií.



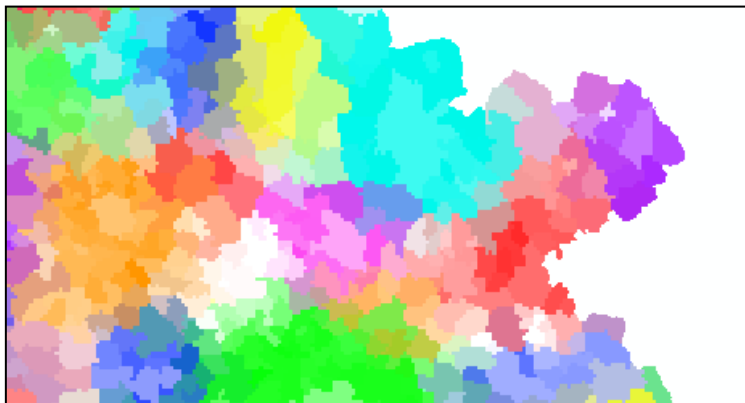
Obr. 6: Obsah vytvořeného toolboxu

Regiony vymezené na základě výše uvedených dat jsou zobrazeny na obr. 7. Jejich hranice se velmi dobře shodují s výsledky [9]; neshody panují zejména u malých venkovských obcí na hranicích regionů a u malých regionů splňujících ověřovací kritérium jen těsně. Hodnota minimální váhy regionu $\bar{W}$ byla programem stanovena na 4 178.



Obr. 7: Výsledné vymezení regionů

Na obr. 8 je představena ukázka vizualizace regionální příslušností zón dle postupu v části 2.3. V ukázce je dobře patrné, kde jsou hranice sfér vlivu sousedních jader ostře oddělené a kde se naopak plynule prolínají.



Obr. 8: Vizualizace regionální příslušností zón

Závěr

Navržená metoda vymezení funkčních regionů dosahuje vysoké shody s jinými v Česku použitými metodami a v okolí autora bydliště výsledek odpovídá autorově lokální znalosti. Hlavní výhoda metody tkví v jejích parametrech – zatímco většina klasických metod vyžaduje před jejich stanovením analyzovat konkrétní sídelní systém, je tato metoda určité analýzy schopna automaticky a místo toho tak obsahuje parametry umožňující výzkumníkovi stanovit prioritu jednotlivých principů vymezení (např. nakolik má být preferována souvislost před autonomií).

Určitým nedostatkem metody je citlivost na neúplnost datového souboru – není tak vhodné předávat ke zpracování pouze část interakcí s vyšší absolutní silou ve snaze snížit výpočetní náročnost. Také přecházovací a slučovací kritérium nejsou zcela bez vad; v jejich případě však jde především o pokus vnést do problematiky nové nápady. Metodu je nutno vnímat jen jako další krok na cestě k vystižení vysoce komplexní povahy sídelního systému, čehož žádná metoda nemůže dosáhnout úplně [3].

Použití toolboxu je relativně přímočaré a snadno opakovatelné pro různá data – pokud jsou připravena data v tabulkách a vrstvách, spouštění nástrojů je jednoduchým úkonem a následná vizualizace výsledků je záležitostí několika kliknutí, aniž by byla nutná jakákoli konverze dat. Rychlost některých nástrojů (zejména Delimit Functional Regions, jež velmi zpomaluje výpočetně náročné přecházovací kritérium) by zasloužila dále vylepšit nalezením efektivnější struktury tříd a metod.

Je zřejmé, že použitím GIS se navíc otvírají daleko širší možnosti – jednak při zpřesnění výsledku jednoduchou aplikací sousedství a vzdálenosti, jednak při vizualizaci. Vytvořený toolbox zpřístupňuje tyto možnosti v poměrně značném rozsahu a nabízí se k dalšímu rozšiřování.

Literatura

- [1] ArcČR 500 - *Digitální geografická databáze 1 : 500 000*. Verze 3.1. Praha: ARCDATA PRAHA, 2013. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/> [cit. 27. 4. 2014].
- [2] BEZÁK, A. *Funkčné mestské regióny na Slovensku*. Geographia Slovaca 15. Bratislava: Geografický ústav SAV, 2000. 90 s.
- [3] COOMBES, M. G., DIXON, J. S., GODDARD, J. B. a kol. *Daily urban systems in Britain: from theory to practice*. Environment and Planning A, 11, s. 565–574.
- [4] COOMBES, M. G., GREEN, A. E., OPENSHAW, S. *An efficient algorithm to generate official statistical reporting areas: the case of the 1984 travel-to-work areas revision in Britain*. Journal of the Operational Research Society, 37, č. 10, s. 943–953.

- [5] CASADO-DÍAZ, J. M., COOMBES, M. *The delineation of 21st century local labour market areas: a critical review and a research agenda*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 57, s. 7–32.
- [6] *Dojízďka do zaměstnání a škol dle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Česká republika*. Praha: Český statistický úřad, 2013. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/p/22000-13> [cit. 27. 4. 2014].
- [7] FENG, Z. *Fuzziness of Travel-to-Work Areas*. Regional Studies, 43, č. 5, s. 707–720.
- [8] HAMPL, M. *Geografická organizace společnosti v České republice: transformační procesy a jejich obecný kontext*. Praha: PřF UK, DemoArt, 2005. 147 s. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/geografie/vyzkumny-zamer-geograficke-sekce/publikace/geograficka-organizace-spolecnosti-v-ceske-republice> [cit. 20. 11. 2013]
- [9] HAMPL, M., MARADA, M. *Sociogeografická regionalizace Česka 2011*. Geografie, 44 [v recenzním řízení]. 2014.
- [10] VAN DER LAAN, L., SCHALKE, R. *Reality versus Policy: The Delineation and Testing of Local Labour Market and Spatial Policy Areas*. European Planning Studies, 9, č. 2, s. 201–221.
- [11] KLAPKA, P., HALÁS, M., TONEV, P. a kol. *Functional regions of the Czech Republic: Comparison of simpler and more advanced methods of regional taxonomy*. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis – Geographica, 44, č. 1, s. 45–57.
- [12] SÝKORA, L., MULÍČEK, O. *The micro-regional nature of functional urban areas (FUAs): lessons from the analysis of the Czech urban and regional system*. Urban Research & Practice, 2, č. 3, s. 287–307.
- [13] ŠIMBERA, J. *Vymezování funkčních regionů v prostředí GIS*. Praha: PřF UK, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.
- [14] VEČERKA, A. *Grafy a grafové algoritmy*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra informatiky, 2007. 106 s. Dostupné z: http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/Grafy_a_grafove_algoritmy.pdf [cit. 13. 5. 2014].
- [15] WATTS, M. *Rules versus Hierarchy: An Application of Fuzzy Set Theory to the Assessment of Spatial Grouping Techniques*. In: Kolehmainen, M., Toivanen, P., Beliczynski, B. (eds.): *Adaptive and Natural Computing Algorithms*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009. s. 517–526.

Abstract. The delimitation of functional regions based on spatial interactions (flows) is a common task in human geography. This article aims to show that using geographic information systems may ease it by a great deal – be it by integrating various discussed methods or by exploiting the direct access to spatial information it offers, where more progress can be made. A new delimitation method based on the approach by Hampl is proposed; it is also implemented together with other supplementary tools in the ArcPy scripting environment as a toolbox for ArcGIS 10. The results of both the method and the implementation are critically evaluated.

Key words: functional regions, functional areas delineation problem, local labour markets, nodal regions, regionalization, GIS, ArcGIS, ArcPy, neighbourhood

Tento příspěvek byl podpořen projektem GA ČR číslo P404-12-1035 „Prostorová dynamika dopravních vztahů v sídelním systému“.

Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému

Pavel Tobiaš

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební, katedra geomatiky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: pavel.tobias@fsv.cvut.cz

Abstrakt. Aplikace Trimble SketchUp je v současné době velmi populárním nástrojem pro 3D modelování. Jedním z možných využití této aplikace je tvorba 3D modelů stavebních objektů, například památkově chráněných staveb. Výsledné modely nemusí přibližovat pouze vzhled modelovaných objektů. Pokud rozšíříme funkčnost programu SketchUp pomocí vhodného zásuvného modulu, můžeme u jednotlivých částí objektu přidávat a zobrazovat i další doplňkové informace. Takové informace mohou mít textovou podobu (například informace o historii), může se ale jednat i o obrázky, odkazy na webové stránky a podobně.

Vhodným zásuvným modulem pro tento účel může být například modul TIS, který byl vytvořen v rámci diplomové práce „Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému“. Tento příspěvek stručně popisuje rozhraní SketchUp Ruby API, které lze využít právě pro tvorbu zásuvných modulů – doplňků pro aplikaci SketchUp s využitím objektově orientovaného skriptovacího jazyka Ruby. Uvedeny jsou také příklady zajímavých zásuvných modulů. Největší prostor je potom věnován vlastnímu zásuvnému modulu TIS.

Klíčová slova: SketchUp, 3D model, zásuvný modul, atributy

Úvod

3D modely vytvořené v aplikaci Trimble SketchUp slouží většinou pro prezentaci vzhledu modelovaných objektů. Příkladem mohou být výsledky diplomových a bakalářských prací, jako jsou například 3D modely Svaté Hory v Příbrami⁷, Anežského kláštera v Praze⁸ nebo Hernychovy vily v Ústí nad Orlicí⁹. Pro vyhledání dalších informací o modelovaných objektech musí uživatel využít jiných zdrojů. Zajímavé by ovšem bylo, kdyby mohl uživatel získat informace o jednotlivých objektech v rámci modelu přímo v prostředí aplikace SketchUp. Po kliknutí na vybraný objekt modelu by se mu zobrazily další informace o předloze, například údaje o historii, obrázky objektu ve skutečnosti nebo i odkazy na webové stránky, přičemž by byla možná i editace a vytváření nových popisných informací. Pro tento účel a s ohledem na využití zejména u modelů památkových objektů byl navržen zásuvný modul TIS.

1 SketchUp a možnosti jeho rozšíření

Aplikace SketchUp, která slouží pro tvorbu 3D modelů, byla poprvé představena v roce 2000. Od té doby dvakrát změnila majitele a v současné době je ve vlastnictví společnosti Trimble. K dispozici je nyní verze 2014 a to buď jako bezplatný SketchUp Make nebo jako pro komerční účely použitelný SketchUp Pro (v době psaní tohoto článku stojí jedna licence Pro verze programu s příplatkem za roční podporu 458 euro). Uživatel Pro verze získá například možnost exportu do více 3D formátů, plnou funkčnost rozšíření Dynamické komponenty a další aplikaci LayOut, která slouží pro tvorbu výkresů a podkladů pro prezentaci modelu. Jak SketchUp Pro, tak SketchUp Make jsou k dispozici pro operační systémy Windows (od Windows XP) a Mac OS X (verze 10.7 nebo novější) [1].

Vytváření uživatelských doplňků (zásuvných modulů, pluginů) je v aplikaci SketchUp podporováno. Proto je přímo s aplikací (i v neplacené verzi Make) distribuováno rozhraní SketchUp Ruby API

⁷ <http://peso.fsv.cvut.cz/sh/index.html>

⁸ <http://peso.fsv.cvut.cz/dp/cechurova/index.html>

⁹ http://peso.fsv.cvut.cz/vyuka/yvdd/projekt_prezentace/2013/tobias_pavel/historie.html

(Application Programmer's Interface). Jak je patrné z názvu, pro programování zásuvných modulů je používáno programovacího jazyka Ruby.

1.1 SketchUp Ruby API

Ruby (angl. rubín) je interpretovaný skriptovací, objektově orientovaný programovací jazyk. Jeho první verzi uveřejnil v roce 1995 Japonec Yukihiro Matsumoto [2]. Jeho výhodou by měla být mimo jiné jednoduchá a snadno naučitelná syntaxe, což lze potvrdit i z vlastní zkušenosti. Jednou z výhod pro začínajícího programátora může být například i dynamické typování. U každé proměnné tedy není nutno předem specifikovat datový typ. Protože se jedná o interpretovaný jazyk, je pro spuštění programu nutný interpret (např. u SketchUp Ruby API je zdrojový kód interpretován programem v rámci aplikace SketchUp).

Pro základní ovládání Ruby API je možno využít Ruby konzoli (Ruby Console). Pomocí té lze ovládat Ruby API interaktivně a může sloužit například pro zkoušení základních příkazů. Pro skutečnou tvorbu rozšíření se potom využívá vstupních souborů v textovém formátu, které mají příponu *.rb. Vytvořené vstupní soubory zásuvných modulů je vhodné umístit do složky *ShippedExtensions* (pro SketchUp 2014, *Plugins* pro starší verze) uvnitř instalačního adresáře programu SketchUp. Tak budou pluginy připraveny k použití hned po restartu aplikace. Většina větších rozšíření je potom distribuována jako soubory s příponou *.rbz. Jedná se o ZIP archivy se změněnou příponou, které obsahují několik vstupních souborů a další soubory pomocné (obrázky atd.). Taková rozšíření je možné instalovat (tedy rozbalit do instalačního adresáře) pomocí funkce v programu SketchUp [3]. Aby nebyli programátoři vystaveni nutnosti sdílet přímo zdrojový kód, jsou u většiny zásuvných modulů vstupní *.rb soubory zašifrovány pomocí programu Ruby Scrambler¹⁰. Výsledné soubory mají příponu *.rbs a fungují jako běžné vstupní soubory, jsou ale člověkem nečitelné.

1.2 Atributy objektů v modelu

Každému objektu v aplikaci SketchUp (jak jednoduchým entitám jako je hrana, tak složeným komponentám) lze přidávat popisné informace, tedy atributy. Pro správu, tj. pro vkládání a prohlížení atributů, není v základní verzi SketchUpu žádný standardní nástroj, a je proto nutno použít Ruby API. Atributy jsou ukládány ve dvojicích *Name/Value* ve slovnících (Attribute Dictionary). Pro nastavení atributů objektu je používána metoda `set_attribute`, např.:

```
entity.set_attribute "AttributeDictionary", "Name", "Value"
```

Pro prohlížení atributů potom slouží metoda `[]`.

```
attrdicts = entity.attribute_dictionaries  
attrdict = attrdicts["AttributeDictionary"]  
value = attrdict["Name"]
```

V příkazech výše byly nejprve nalezeny všechny slovníky dané entity. Dále byl vybrán slovník požadovaný. Hodnota atributu v proměnné `value` je potom ze slovníku získána metodou `[]` pro klíč `Name` [4]. Na základě atributů funguje většina zásuvných modulů, které budou popsány dále včetně oficiálního pluginu *Dynamic Components* (Dynamické komponenty).

2 Zajímavé zásuvné moduly pro aplikaci SketchUp

V současné době je již k dispozici velké množství pluginů pro aplikaci SketchUp. Většinu z nich lze nalézt na webu SketchUp Extension Warehouse¹¹. Pro účely diplomové práce byly proto nejen na tomto webu hledány zásuvné moduly, které umožňují propojení objektů modelu s dalšími informacemi. Nejzajímavější nalezené zásuvné moduly budou uvedeny dále.

¹⁰ <http://www.sketchup.com/intl/en/developer/docs/utilities.php>

¹¹ <https://extensions.sketchup.com/>

2.1 SketchUp Attribute Manager

SketchUp Attribute Manager¹² je plugin ulehčující nastavování atributů jednotlivých objektů, které by jinak bylo nutno nastavovat pomocí Ruby Console. Po nainstalování je plugin k dispozici z kontextového menu. Atributy lze nastavovat a poté prohlížet v přehledné tabulce. Nastavené atributy je možno dále využít i v jiných pluginech. Attribute Manager umožňuje vytvářet kategorie (Category), v rámci kterých jsou nastavovány jednotlivé atributy. Ukládání je ale řešeno běžným způsobem *Attribute Dictionary/Name/Value*, kategorie jsou tedy jen jinak nazvanými slovníky.

Tab. 1: Přehled nejzajímavějších zásuvných modulů

Název	Využití	Používá atributy
SketchUp Attribute Manager	Správa atributů tabulkově	ano
Links Manager	Přiřazení webové stránky nebo lokálního souboru	ano
GOSU	Nastavení různých akcí, které jsou spouštěny po kliknutí na komponentu	?
Dynamické komponenty	Smart scaling, akce po kliknutí, popisné informace	ano
Museum/Gallery HTML Reference	Propojení SketchUpu a externího HTML souboru	ano

2.2 Links Manager

Tento plugin¹³ neumožňuje nastavovat libovolné atributy jako v případě Attribute Manageru. Místo toho lze objektům přiřadit webovou stránku nebo lokálně uložený dokument. Adresa webové stránky nebo cesta k dokumentu se potom uloží jako atributy objektu. Po kliknutí na vybraný objekt se stisknutou klávesou *Ctrl* lze potom webovou stránku nebo dokument zobrazit.

2.3 GOSU

Plugin GOSU¹⁴ je možné využít pouze pro komponenty (Components – vznikají sloučením více objektů ve SketchUpu do jednoho celku). Komponentám je možno nastavit název, URL spojenou s komponentou, scénu, na kterou SketchUp přejde po kliknutí na komponentu, zvuk který bude přehráván po kliknutí na komponentu apod. Vzhledem k tomu, že se přiřazením údajů neplní atributy komponenty, lze předpokládat, že jsou informace ukládány jiným způsobem.

2.4 Dynamické komponenty

Plugin Dynamické komponenty¹⁵ byl vytvořen přímo vývojáři SketchUpu a je standardní součástí aplikace od verze 7. Plná funkčnost pluginu je ale k dispozici pouze v placené verzi Pro. Uživatelé neplacené verze Make mohou pouze využívat již nastavených vlastností komponent.

Dynamické komponenty využívají speciálních atributů k několika účelům. Lze pomocí nich například vytvářet komponenty, které „inteligentně“ reagují na změnu měřítka (*smart scaling* – při prodloužení plotu přibývá sloupků, u schodiště se se změnou výšky mění počet stupňů...). Dále je možno nastavit tzv. *onClick* vlastnosti, tedy akce, které se provedou při využití nového nástroje *Interact Tool* (po kliknutí na komponentu s aktivním nástrojem). Může se jednat např. o změnu barvy, otevírání a zavírání dveří, změnu polohy objektů a podobně.

¹² <https://code.google.com/p/sketchupattributemanager/>

¹³ <http://extensions.sketchup.com/en/content/links-manager>

¹⁴ <http://extensions.sketchup.com/en/content/gosu>

¹⁵ <http://extensions.sketchup.com/en/content/dynamic-components>

Z hlediska informačního systému je potom nejzajímavější vlastností dynamických komponent možnost ukládat a zobrazovat popisné informace. Jedná se o základní atributy jako je jméno a popis, přidávat lze ale i další vlastní atributy. Popis (Description) lze potom formátovat pomocí několika povolených HTML tagů [5]. Pro prohlížení atributů je k dispozici samostatný nástroj, kde se již popis zobrazí dle použitého formátování.

2.5 Museum/Gallery HTML Reference

Tento plugin¹⁶ využívá spolupráce externího HTML souboru a modelu ve SketchUpu. Informace o modelovaných objektech se neukládají do atributů objektů, ale jsou uloženy právě v HTML souboru. V attributech jsou potom uloženy pouze pomocné údaje. Z HTML souboru lze s využitím běžných hypertextových odkazů ovládat pozici kamery a viditelnost vrstev a také přecházet mezi scénami ve SketchUpu.

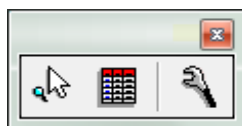
3 Zásuvný modul TIS

Zásuvný modul TIS¹⁷ vznikl po otestování výše zmíněných pluginů. Cílem bylo naprogramovat specializovanější modul, který by bylo možné použít zejména pro modely památkových objektů. Při programování bylo samozřejmě možno využít inspirace funkcemi testovaných pluginů. Většina těchto modulů ale byla bohužel k dispozici v zašifrovaných souborech *.rbs, takže bylo vždy nutno navrhnout vlastní programové řešení.

V následujících kapitolách budou popsány nástroje modulu a práce s modulem. Pro kompletní představení programového řešení není v tomto příspěvku místo, zájemci si mohou detailní popis přečíst v textu diplomové práce [6].

3.1 Nástroje modulu TIS

Modul TIS přináší do programu SketchUp tři základní nástroje a jeden nástroj pomocný. Tyto nástroje jsou dostupné z nového submenu *TIS* které se nachází v rámci menu *Plugins*. Hlavní nástroje *Nastavení*, *Výběr* a *Tabulka* je potom možno aktivovat z nového panelu nástrojů *TIS* (obr. 1).



Obr. 1: TIS – panel nástrojů

Pomocí nástroje *Nastavení* je možno libovolnému objektu modelu přiřadit název, obrázek, samostatný detailnější model¹⁸ a popis. V attributech dotyčného objektu je potom modulem uložen název a relativní cesty k souborům s popisem, obrázkem a samostatným modelem ve formě textových řetězců.

Nástroj *Výběr* umožňuje prohlížení nastavených atributů formou HTML stránky uvnitř nového okna ve SketchUpu. HTML stránka je vygenerována automaticky z nastavených atributů a obsahuje název, přiřazený obrázek, odkaz na samostatný model a popis, který se načte z textového souboru.

Přehledná tabulka, která se zobrazí po aktivaci nástroje *Tabulka*, je opět HTML stránkou, která obsahuje přehled všech objektů s přiřazenými atributy v rámci modelu.

Nástroj *Přehled atributů* může sloužit pro kontrolu nastavených atributů. Všechny nastavené atributy vybraného objektu (včetně atributů nastavených jiným způsobem/zásuvným modulem) se přehledně zobrazí v textové podobě.

¹⁶ <https://sites.google.com/site/morisdov/>

¹⁷ <http://peso.fsv.cvut.cz/dp/tobias/tis.html>

¹⁸ V rozsáhlém modelu mohou být některé objekty (např. sochy) reprezentovány zjednodušeně. Pomocí pluginu TIS lze odkazovat na detailnější reprezentaci objektu v samostatném souboru skp.

Tab. 2: Struktura ukládání atributů při použití modulu TIS

Attribute Dictionary: SlovníkTIS	
Name	Value (ukládáný údaj)
Nazev	Název objektu
Obrazek	Relativní cesta k souboru s obrázkem
Model	Relativní cesta k souboru s modelem
Popis	Relativní cesta k souboru s popisem
Kamera	Souřadnice kamery (výchozí pohled na objekt)

3.2 Práce s modulem TIS

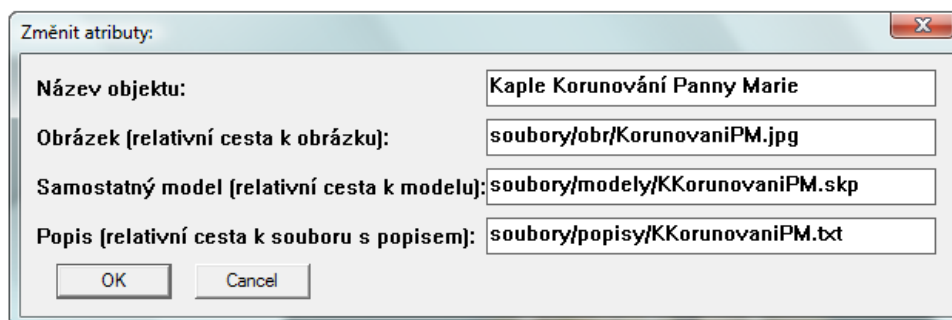
Zásuvný modul TIS je k dispozici ke stažení ve formě *.rbz souboru. Pro jeho instalaci do SketchUpu je tedy možno využít zabudované funkce *Install Extension*. Jak již bylo řečeno, jeho nástroje lze spouštět z vlastního panelu nástrojů TIS nebo ze stejnojmenného submenu v rámci menu *Plugins*. Dále bude stručně popsána práce s modulem TIS, podrobný návod je možno stáhnout spolu se souborem modulu, k dispozici je také jako příloha diplomové práce [6].

Tab. 3: Přehled nástrojů zásuvného modulu TIS

Název	Funkce	Dostupné z
Nastavení	Nastavení dalších informací (atributů)	Panelu nástrojů TIS, submenu
Výběr	Prohlížení dalších informací	Panelu nástrojů TIS, submenu
Tabulka	Souhrnný přehled objektů s atributy, prohlížení dalších informací	Panelu nástrojů TIS, submenu
Přehled atributů	Všechny atributy objektů textově	Submenu TIS

3.2.1 Nastavení dalších informací

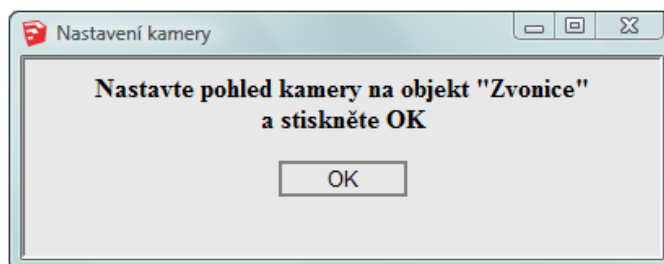
Před použitím nástroje *Nastavení* přímo ve SketchUpu je nutno připravit soubory, na které bude u vybraného objektu modelu odkazováno. Pro vytvoření souboru s popisem je třeba využít textový editor, popis lze formátovat pomocí HTML. Je tak možno měnit vzhled popisu, dále lze v popisu odkazovat na webové stránky a pomocí speciálního odkazu i na lokálně uložené dokumenty. Vytvořený soubor popisu, obrázek a samostatný model ve formátu skp je vhodné umístit do adresáře vedle souboru modelu, v němž atributy nastavujeme.



Obr. 2: Dialogové okno nástroje *Nastavení*

Vlastní přiřazení názvu a souborů se provádí pomocí jednoduchého dialogového okna (obr. 2) po kliknutí na vybraný objekt. Možná je samozřejmě i dodatečná editace a mazání atributů. Po nastavení

atributů je uživatel vyzván k nastavení výchozího pohledu kamery na objekt (obr. 3), který bude dále využit v nástroji *Tabulka*.



Obr. 3: Dialog pro nastavení výchozího pohledu na objekt

3.2.2 Zobrazení dalších informací

První možností, jak zobrazit nastavené další informace, je použití nástroje *Výběr*. Pokud je nástroj *Výběr* aktivní, objekty modelu s dalšími informacemi (tedy s atributy ve slovníku SlovníkTIS) se zvýrazňují pod kurzorem myši a uživatel je také upozorněn ve stavovém řádku. Při kliknutí na objekt se zobrazí okno *Podrobnosti o objektu* (obr. 4 vlevo). V tomto okně jsou další informace zobrazeny včetně formátování ve formě vygenerované HTML stránky. Pomocí odkazů lze zvětšit přiřazený obrázek, je možno otevřít samostatný model v novém okně aplikace SketchUp, prohlížet lze také webové stránky a lokální dokumenty, na které je odkazováno v popisu.

Druhou možnost potom představuje nástroj *Tabulka*. Po jeho aktivaci se zobrazí přehledná tabulka (obr. 4 vpravo), která obsahuje všechny objekty s přiřazenými dalšími informacemi. U každého objektu je zobrazeno, zda je mu přiřazen obrázek, model a popis. Názvy objektů jsou součástí hypertextových odkazů. Po kliknutí na odkaz se na vybraný objekt přesune pohled kamery (nastaven v rámci nástroje *Nastavení*). Dále se zobrazí okno *Podrobnosti o objektu* stejně jako při použití nástroje *Výběr*.



Obr. 4: Okno s podrobnostmi o objektu a souhrnná tabulka

Závěr

V práci byla představena možnost rozšířit funkce aplikace SketchUp s využitím rozhraní SketchUp Ruby API a také konkrétní příklady zásuvných modulů, které umožňují propojovat objekty modelu s dalšími informacemi. Poté byl popsán hlavní výsledek diplomové práce „Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému“ – zásuvný modul TIS. S využitím tohoto pluginu se program SketchUp stává základem jednoduchého informačního systému.

Plugin TIS umožňuje přiřazovat další informace objektům modelu. Tyto informace jsou ukládány v atributech objektů a zůstávají tedy součástí souboru skp. Pro prohlížení nastavených atributů je ale opět nutný SketchUp s instalovaným pluginem. Pro další práci, která se bude tímto tématem zabývat, by tedy mohlo být zajímavé prozkoumat možnosti exportu modelu i s atributy do formátu, který by byl použitelný pro přímou webovou prezentaci. Tak by pro zobrazení výsledku nebyl program SketchUp vůbec potřeba. Za tím účelem by bylo vhodné využít rozhraní SketchUp Importer/Exporter Interface¹⁹, které slouží právě pro programování zásuvných modulů pro export modelu z formátu skp.

Pro prezentaci výsledků diplomové práce byly vytvořeny jednoduché webové stránky na adrese <http://peso.fsv.cvut.cz/dp/tobias>. Na těchto stránkách je ke stažení zásuvný modul TIS včetně návodu.

Literatura

- [1] Home | SketchUp [online]. Trimble Navigation Limited, © 2013 [cit. 2013-11-13]. Dostupné z: <http://www.sketchup.com/>.
- [2] Ruby pro začátečníky. In: *AbcLinuxu.cz - Linux na stříbrném podnose* [online]. 2006 [cit. 2013-10-05]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/programovani/ruby-pro-zacatecniky-1>.
- [3] LININGER, S. RBZs in SketchUp 8M2: Distribute Your Plugin as One File!. In: *SketchUp API Blog: Tips and Tricks for SketchUp Ruby API Developers*. [online]. 2011 [cit. 2013-09-30]. Dostupné z: <http://sketchupapi.blogspot.cz/2011/12/rbzs-in-sketchup-8m2-distribute-your.html>.
- [4] SketchUp Ruby API: *Developer Docs*. Home | SketchUp [online]. [cit. 2013-09-22]. Dostupné z: <http://www.sketchup.com/intl/en/developer/index.php>.
- [5] Dynamic Components supported HTML tags | *SketchUp Knowledge Base*. Home | SketchUp [online]. [cit. 2013-09-23]. Dostupné z: <http://help.sketchup.com/en/article/115374>.
- [6] TOBIÁŠ, P. *Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému*. 2014. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2014/pavel-tobias-dp-2014.pdf>. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie.

Abstract. Trimble SketchUp application is currently a very popular tool for 3D modelling. The creation of 3D models of buildings, for example historical sights, is one of the possible use of this application. Resulting models do not have to only express the shape of modelled objects. If we extend the functionality of SketchUp with the help of an appropriate plug-in, we can also add other additional information to individual parts of the model and view it. This information can have a text form (for example information about the history) but it can also be a picture, a link to a website etc.

TIS plug-in, which was created within the diploma thesis “Utilization of the SketchUp Application to Create a Simple Information System”, can be the suitable plug-in for this purpose. This paper briefly describes SketchUp Ruby API (Application Programmer's Interface), which can be used to program plug-ins (add-ons) for SketchUp using the object-oriented, scripting language Ruby. The examples of interesting plug-ins are also presented. The largest space is dedicated to the own TIS plug-in.

Key words: SketchUp, 3D model, plug-in, attributes

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/051/OHK1/1T/11 „Užití technologií a vizualizací prostředky geografických informačních systémů v kartografii a geoinformatice“.

¹⁹ http://www.sketchup.com/intl/en/developer/sdk_start.html

Problematika znázornění vybraných částí dopravních sítí v objektových bázích České a Slovenské republiky

Eva Vacková

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie
Veveří 331/95, 602 00 Brno
e-mail: vackova.e@fce.vutbr.cz

Abstrakt. Znázornění dopravní infrastruktury každého státu tvoří významnou část geografických dat, jež jsou využívána pro tvorbu různých informačních systémů, a tak je nezbytné dbát na správnost samotného zobrazení a přesnost, s jakou jsou tyto prvky evidovány a následně publikovány v mapových portálech. Často využívanou datovou sadou v České republice je Základní báze geografických dat (dále jen ZABAGED®), jejíž slovenskou obdobou je Základná báza údajov pre geografický informačný systém (dále jen ZBGIS®). Předmětem předkládaného příspěvku je nejen seznámení s oběma objektovými bázemi a s rozdíly v prezentaci jejich dat, ale i analýza přesnosti znázornění železničních tunelů, jež je limitující v otázce přesnosti dat obou objektových bází. Tato analýza nabízí zajímavé výsledky především z pohledu koncového uživatele těchto dat a jejich interpretace.

Klíčová slova: ZABAGED®, ZBGIS®, národní infrastruktura prostorových informací, kategorizace objektů, dopravní stavby

Úvod

Znázornění dopravních sítí na kartografických produktech lze považovat za stěžejní obzvláště vzhledem k jejich celoplošnému rozsahu a liniové struktuře. V současné době uvažujeme kartografické produkty jak analogové, tak digitální v různých podobách. Samotná definice mapové plochy je u analogových mapových produktů jednoznačná, mapový produkt má autorem předem definované neměnné měřítko a tomu je přizpůsoben i obsah a přesnost znázornění jednotlivých prvků. U různorodých digitálních kartografických produktů nelze opomenout problémy vznikající s dynamickou změnou měřítka, resp. s přibližováním a oddalováním znázorněných prvků v mapové ploše, která je zprostředkovaně definována rozměrem a možnostmi výstupního zobrazovacího zařízení, ať už je jím monitor pevného či přenosného počítače, tablet nebo displej smartphonu. Tato základní operace patří k minimu, které očekáváme od digitálních mapových produktů uložených na pevných discích, od mapových portálů přístupných prostřednictvím internetových prohlížečů i od pokročilých geografických informačních systémů. Při vytváření mapových kompozic v geografickém informačním systému je autor často stavěn před otázku výběru vhodné „podkladové“ mapy, nad kterou jsou publikována vlastní, tematická data. V hojně míře používaným kartografickým produktem u nás jsou například Základní mapy České republiky (dále jen ZM ČR), ortofotomapy nebo vizualizace dat objektové báze ZABAGED®. Tyto podkladové mapové produkty jsou pak publikovány cestou WMS, v případě přenosu popisných údajů k objektům cestou WFS apod. Vzhledem k širokému využití těchto dat je nezbytné dbát na jejich aktuálnost, správnost a také na dodržení tvůrcem deklarované přesnosti.

1 Stručná historie, vývoj a aktuální stav ZABAGED® a ZBGIS®

Nejen z pohledu kartografické tvorby má za sebou Česká a Slovenská republika několik desítek let spolupráce, jejichž výsledkem byla mnohá kartografická díla, směrnice pro jejich vydávání i společný přístup ke kartografické tvorbě založený na podobných socio-ekonomických podmínkách obou států. Vzhledem ke vzájemné dlouhotrvající spolupráci lze předpokládat blízkost i novodobých digitálních kartografických produktů.

V České republice byla zpracována Koncepce Základní báze geografických dat na základě usnesení vlády č. 492 z 8. září 1993. Tento systém prodělal v průběhu svého trvání četné změny, kdy od své původní rastrové podoby byl přepracován do podoby vektorové, která byla postupně obohacována o další popisné atributy. Dnes tvoří obsah ZABAGED® 116 základních typů geografických objektů

členěných do osmi tematických kategorií a více než 350 typů popisných atributů. Objekty podléhají pravidelné celoplošné aktualizaci s využitím fotogrammetrických metod a místního šetření. Dalším zdrojem pro aktualizaci je výměna dat se správci jako jsou např. Ředitelství silnic a dálnic ČR (dále jen ŘSD) nebo Správa železniční dopravní cesty, s. o. (dále jen SŽDC) [1]. Přístup k této datové sadě pro veřejnost je zajištěn mj. Geoportálem ČÚZK dostupným z internetových stránek Úřadu.

Slovenský Geoportál ÚGKK SR a tvorba ZBGIS[®] byly v roce 2009 podpořeny Evropským fondem regionálního rozvoje jako součást budovaného eGovernmentu [2]. Podobně jako v ČR, byla v roce 1997 vytvořena digitální bežešvá rastrová mapa SR, na níž ale nenavázal z nedostatečných kapacitních důvodů proces vektorizace. V roce 2001 byla tedy jako hlavní metoda sběru dat ustanovena letecká fotogrammetrie a její digitální zpracování [3]. K aktualizaci referenčních zdrojových údajů se využívá především fotogrammetrických metod, laserového skenování, místního šetření či údajů z resortních systémů [4]. ZBGIS[®] je tvořena 68 třídami objektů a 98 typy atributů. Data ZBGIS[®] jsou veřejnosti zpřístupněna cestou Mapového klienta ZBGIS[®]. Český i slovenský katalog objektů používá standardizovanou identifikaci tříd a v nich obsažených objektů mezinárodní normou DIGEST.

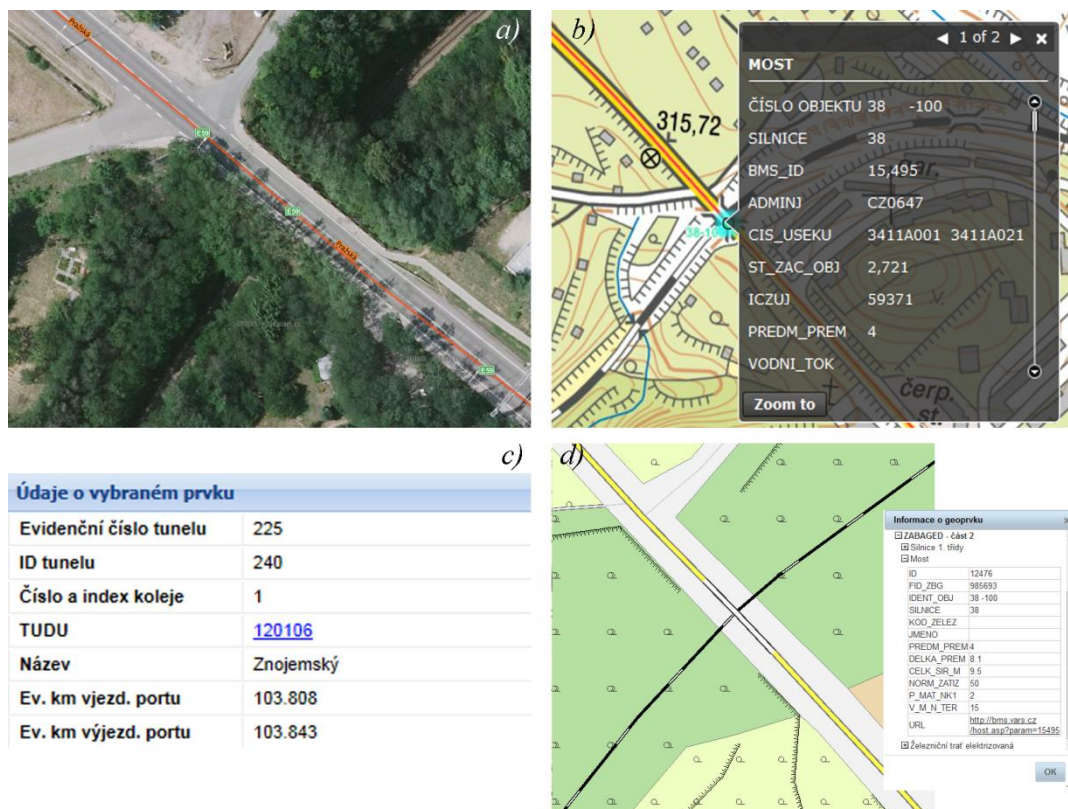
Navzdory snaze o správný popis dopravních sítí a souvisejících dopravních staveb se může stát, že data jsou evidována nepřesně a následně mohou být i chybně interpretována. Chyby objektové báze lze rozdělit do dvou skupin, obsahové chyby a chyby vizualizace báze dat. Příkladem chybného obsahu objektové báze je například znázornění kolejiště před východními portály železničních tunelů Lamačský I a II, které jsou součástí dráhy Bratislava – Břeclav (obr. 1).



Obr. 1: Kolejiště před východními portály železničních tunelů Lamačský I a II: šikmý snímek portálů [5] (a), vizualizace ZBGIS[®] [6] (b), výřez jednotné železniční mapy (c)

Dalším příkladem obsahové nepřesnosti je znázornění dopravní stavby, jež tvoří mimoúrovňové křížení silnice první třídy a celostátní dráhy ve Znojmě. V evidenci správce silnic a dálnic ŘSD je tato dopravní stavba evidována jako most a v informačním systému správce drah SŽDC je tatáž stavba evidována jako tunel. V evidenci ZABAGED[®] je tato dopravní konstrukce kategorizována jako most s příslušným číselným identifikátorem.

Norma ČSN 73 6200 Mostní názvosloví definuje most jako mostní objekt, popř. jeho část s kolmou světlostí alespoň jednoho mostního otvoru rovnou nejméně 2,01 m, sloužící k převádění dopravních cest, vodních koryt atd. [7]. Norma TNŽ 01 0101-1 Provozování dráhy - Názvosloví - Část 1: Železniční stavebnictví definuje tunel jako liniový podzemní objekt, jehož výrubní průřez je roven nebo je větší než 16 m² [8]. Z titulu těchto dvou definic nelze bohužel rozhodnout, o jaký typ dopravní stavby se jedná, jelikož zmiňovaná stavba vyhovuje oběma uvedeným definicím. Tento příklad (obr. 2) by měl apelovat především na komunikaci mezi jednotlivými správci dat a na harmonizaci jimi spravovaných dat.



Obr. 2: Znojemský železniční tunel a silniční most v jedné stavební konstrukci: ortofotomapa [9] (a), výstup z webové mapové aplikace ŘSD [10] (b), výstup z informačního systému SŽDC (c), vizualizace ZABAGED® (d) [11]

Za chybu vizualizace objektové báze ZBGIS® lze považovat např. znázornění železničního tunelu nedaleko obce Poriadie, který je vizualizován pouze v měřítkách 1 : 50 000 a 1 : 100 000. Ve větších měřítkách znázornění této dopravní stavby chybí (obr. 3).



Obr. 3: Vizualizace železničního tunelu u obce Poriadie v měřítku 1 : 25 000 (a) a 1 : 50 000 (b) (zvětšeno) [6]

2 Využití dat v aplikačních mapových portálech

Obě výše uvedené objektové báze tvoří množinu prostorových dat pokrývající celé území obou států. Zatímco data ZABAGED® jsou využívána k tvorbě ZM ČR, tak Základní mapy Slovenské republiky jsou vyhotovovány původní technologií a jejich digitální podoba vzniká pouze skenováním tiskových předloh jednotlivých měřítek. Obzvláště digitální forma ZM ČR, jako sekundární produkt dat ZABAGED® a Geonames, je častou podkladovou mapou v různých mapových portálech počínaje mapovými aplikacemi vybraných krajů, přes Webovou mapovou aplikaci ŘSD, Mapové aplikace České geologické služby, Portál Informačního systému ochrany přírody apod. Obě vizualizace spojuje také využití jejich dat ve specializovaných mapových portálech cestou WMS, WFS apod. Z českých

mapových portálů zaměřených na dopravní tematiku lze uvést např. Mapový portál manažera infrastruktury - MAPZEL, což je jeden z Informačních systémů Českých drah, nebo Geoportál PREVLEC, který byl vytvořen za účelem popisu přejezdů na vlečkových drahách. Tento geoportál využívá kromě standardní podkladové mapy ZM ČR také datové vrstvy železnic a pozemních komunikací ze ZABAGED[®], které promítá nad ortofotomapu a vytváří tak spolu s vlastními tematickými daty zajímavou dopravní kompozici (obr. 4).



Obr. 4: Soutisk ortofotomapy s vybranými datovými vrstvami ZABAGED[®] a tematickými daty o přejezdech na vlečkových drahách [12]

Nejen z výše uvedených příkladů vyplývá, jak je důležité, aby data spravovaná v objektových bázích byla správně kategorizována, aby byla skutečně evidována s deklarovanou přesností a také aby byla odpovídajícím způsobem vizualizována. Velké množství mapových portálů využívá vlastní vizualizace objektových bází dat, a proto je nezbytné dbát již na správnost zdrojových dat.

3 Hodnocení geometrické přesnosti znázornění dopravních staveb

Přesnost jednotlivých prvků evidovaných v objektových bázích je stanovena jejich katalogy objektů. Při správě bází jsou v obou státech ve velké míře využívána data pořízená metodou letecké fotogrammetrie. Zatímco v ČR slouží tato data pouze k aktualizaci a vedení objektové báze, ve SR byla letecká fotogrammetrie ustanovena jako hlavní zdroj dat při samotné tvorbě báze dat. Vzhledem k této skutečnosti je zřejmé, že limitujícími prvky pro přesnost znázornění dopravních staveb jsou především shora neviditelné železniční a silniční tunely.

Již dříve byly publikovány příspěvky na téma analýzy přesnosti znázornění vybraných železničních tunelů v Jihomoravském kraji na ZM ČR [13], resp. v objektové bázi ZABAGED[®], z níž jsou ZM ČR tvořeny. Jelikož tato analýza poskytla velice zajímavé výsledky, byly obdobné analýze podrobeny nejen další železniční tunely v České republice, ale také znázornění železničních tunelů ve slovenské objektové bázi ZBGIS[®] [14]. V tomto příspěvku budou představeny nejzajímavější železniční stavby a přesnost jejich znázornění jak z českého, tak slovenského prostředí.

3.1 Analyzovaná data

Předmětem analýzy bylo několik železničních tunelů na území České i Slovenské republiky. Náročný horský terén, který překonávají slovenské železnice, dal vzniknout dopravním stavbám s velice odvážným technickým řešením, kterým se v českých poměrech velice obtížně hledá ekvivalent. Telgártský tunel, tzv. "Telgártská smyčka", je bezkonkurenčně nejzajímavější dopravní stavbou mezi všemi analyzovanými, jelikož překonává na délce 2,3 km výškový rozdíl 31 m a její část se rozkládá na území Národního parku Nízke Tatry. Další dopravně i stavebně zajímavou stavbou jsou železniční tunely Japeňský I a II, které nesou společné označení železničního tunelu Dr. Milana Hodži. Tyto stavby se nacházejí v náročném horském terénu Velké Fatry. Důvodem, proč jeden železniční tunel nese dvě jména, je, že tato stavba byla přibližně ve dvou třetinách své délky přerušena, aby železnice mohla překonat po mostní konstrukci pozemní komunikaci a vodní tok, čímž vznikly dvě větve jednoho železničního tunelu označované samostatně. Tento tunel je nejzajímavějším železničním

tunelem z mnoha dalších na trase Banská Bystrica - Vrútky. Jediná stavba na území České republiky, která může alespoň částečně konkurovat dvěma zmíněným je v současnosti nejdelší železniční tunel na území ČR, železniční tunel Brezenský, 1758 m dlouhý. Znázornění těchto dopravních staveb poskytlo nejzajímavější výsledky, více informací např. [14].

3.2 Metodický postup

K určení geometrické přesnosti zákresu osy dráhy v železničním tunelu v objektových bázích byly jako testovací data použity vybrané vrstvy z objektovýchází a jako referenční data byly použity Jednotné železniční mapy (dále jen JŽM), popřípadě Jednotné železniční plány (dále jen JŽP) vyhotovované na území obou států dle obdobných předpisů.

Vektorové soubory dat ZABAGED[®] poskytl Zeměměřický úřad, soubory objektové báze ZBGIS[®] ke studijním účelům poskytl Topografický ústav plukovníka Jána Lipského v Banské Bystrici. K hodnocení přesnosti zákresu byla použita data poskytnutá státní organizací Správa železniční dopravní cesty, s. o. a Železnice Slovenskej republiky, Střediskem železniční geodézie. Obdobně jako v ČR, tak i ve SR je v gesci Střediska železniční geodézie především správa prostorové polohy koleje a vedení mapového díla Jednotné železniční mapy. Tvorba dnes již historických JŽP podléhala dikci předpisu S120 Smluvené značky a zkratky v jednotných železničních plánech, platným od roku 1952 a později S122 Jednotný železniční plán, Instrukce pro vypracování železniční technické dokumentace stanic a tratí, platným od roku 1965. Tvorba JŽM se řídí předpisem M20/1 pro Jednotnou železniční mapu stanic a tratí již od roku 1987. V současné době je tvorba JŽM v ČR upravena opatřením ředitele, které je průběžně aktualizováno dle potřeb správce dat. Samotné JŽM mohou být nahrazeny Dokumentací skutečného provedení (dále jen DSP), jež je vyhotovována v téměř shodném rozsahu (v některých případech i v bohatším rozsahu) než JŽM. Z Tab. 1 vyplývá, jaké mapové podklady byly v analyzovaných lokalitách dostupné. Záměrně jsou zde zastoupeny všechny typy mapových podkladů.

Tab. 1: Analyzované železniční tunely

Železniční tunel	Stát	Dráha	Délka	Mapový podklad
Březenský	ČR	Březno u Chomutova - Chomutov	1758 m	DSP vektor.
Telgártský	SR	Červená Skala - Margecany	1239 m	JŽM rastr.
Dr. Milana Hodži	SR	Banská Bystrica - Vrútky	1889 m	JŽP rastr.

Matematický aparát použitý pro analýzu kružnicového oblouku byl již popsán např. v [13, 14], proto zde nebude uveden.

4 Výsledky a jejich diskuze

Číselné charakteristiky, sloužící pro popis geometrické přesnosti znázornění osy dráhy v železničním tunelu, představují hodnoty poloměrů oblouků, které byly použity k jejímu znázornění, a radiální nebo příčné odchylky od správného zobrazení daného JŽM (DSP) nebo JŽP.

Tab. 2: Porovnání zjištěných hodnot z objektovýchází s hodnotami z JŽM, resp. JŽP

Železniční tunel	$R_{JŽM/JŽP}$ [m]	$R_{ZABAGED®/ZBGIS®}$ [m]	Rozdíl [m]
Březenský	550	526	24
Telgártský	402	419	-17
Dr. Milana Hodži	300	316	-16

Jak plyne z tab. 2, rozdíly mezi hodnotami zjištěnými z objektovýchází a z JŽM nebo JŽP nejsou až tak veliké, jako tomu bylo např. u železničního tunelu Kralovanského II (o délce 498 m), kdy chyba poloměru v jeho pravé koleji nabyla 129 m, což činilo 21 % z jeho referenční hodnoty [14] nebo u železničního tunelu Blanenského I (o délce 88 m), kdy rozdíl mezi hodnotou referenční a zjištěnou činil 196 m, tj. 65 % z jeho referenční hodnoty [13]. Z výsledků doposud analyzovaných železničních tunelů lze usoudit, že hodnoty poloměrů oblouků jsou lépe aproximovány u delších dopravních staveb než u kratších.

Na druhé straně hodnoty radiálních a příčných odchylek rostou s délkou železničního tunelu. Radiální odchylka byla pro tyto účely definována jako vzdálenost mezi osou evidovanou v JŽM a osou evidovanou v objektové bází, měřená po spojnici středu kružnicového oblouku dle JŽM a lomového bodu v JŽM (zpravidla na osu dráhy promítnutého hektometru). Příčná odchylka je pro tyto účely definována jako vzdálenost mezi osou evidovanou v JŽM a osou evidovanou v objektové bází, měřená po kolmici k ose dle JŽM spuštěné z lomového bodu JŽM (zpravidla na osu dráhy promítnutého hektometru). Hodnoty obou odchylek nabývají kladných hodnot v případě, že osa dráhy evidovaná v objektové bází leží vpravo od osy dráhy evidované v JŽM ve směru rostoucího staničení dráhy, a záporných hodnot v případě, že leží vlevo od této osy. Hodnoty radiálních a příčných odchylek shrnují číselně tab. 3 až tab. 5 a názorně graf 1.

Tab. 3: Radiální a příčné odchylky Březenského železničního tunelu

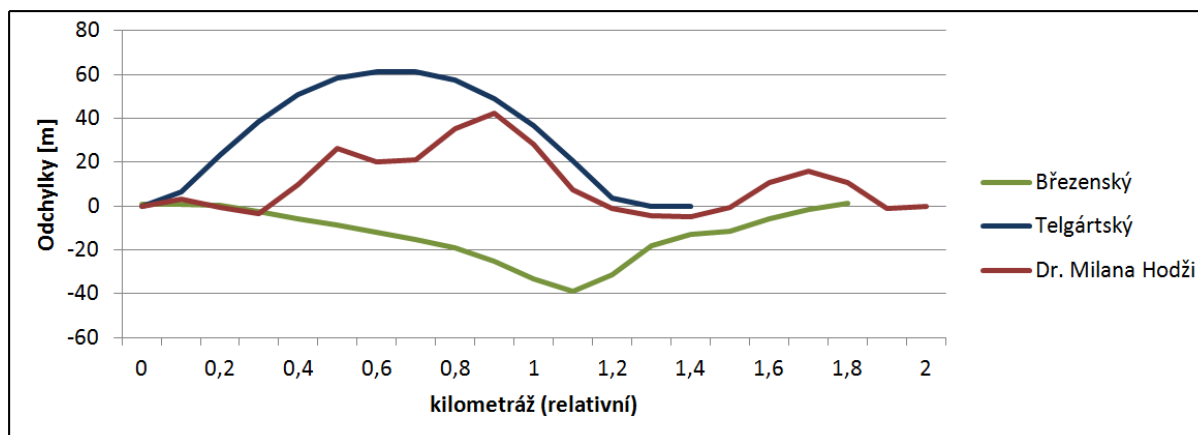
Březenský	příčné								
km (lokální)	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Odchylka [m]	+0,6	+0,9	+0,1	-2,7	-5,8	-8,5	-11,9	-15,4	-19,0
	příčné			radiální					
km (lokální)	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Odchylka [m]	-25,4	-33,4	-38,8	-31,4	-18,3	-12,8	-11,6	-5,7	-1,8

Tab. 4: Radiální a příčné odchylky Telgártského železničního tunelu

Telgártský	radiální								
km	84,1	84,2	84,3	84,4	84,5	84,6	84,7	84,8	84,9
Odchylka [m]	0,0	+6,3	+23,6	+38,8	+50,8	+58,3	+61,2	+61,2	+57,3
	radiální			příčné					
km	85,0	85,1	85,2	85,3	85,4	85,5			
Odchylka [m]	+48,8	+36,6	+20,8	+3,8	0,0	0,0			

Tab. 5: Radiální a příčné odchylky železničního tunelu Dr. Milana Hodži

Dr. Milana Hodži	příčné					radiální			
km	22,0	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5	22,6	22,7	22,8
Odchylka [m]	0,0	+2,9	-0,8	-3,5	+9,7	+26,2	+20,1	+21,1	+35,3
	radiální					příčné			
km	22,9	23,0	23,1	23,2	23,3	23,4	23,5	23,6	23,7
Odchylka [m]	+42,2	+28,3	+7,2	-1,1	-4,5	-4,7	-0,6	+10,7	+16,0
	příčné					radiální			
km	23,8	23,9	24,0						
Odchylka [m]	+10,7	-1,0	0,0						



Graf 1: Radiální a příčné odchylky

Velikost radiálních a příčných odchylek dosahuje v extrémních případech až 61 m (SR) a necelých 39 m (ČR), což je několikanásobně více než u analyzovaných železničních tunelů Jihomoravského kraje, z nichž maximální odchylky necelých 6 m dosáhlo znázornění železničního tunelu Blanenského 2, který byl pouze 165 m dlouhý.

K interpretaci výsledků radiálních a příčných odchylek je nutné poznamenat, že za téměř nulovými odchylkami ve znázornění železničního tunelu Dr. Milana Hodži přibližně ve dvou třetinách jeho délky stojí skutečnost, která byla již uvedena dříve, tj. vystoupení osy dráhy z železničního tunelu na mostní konstrukci, která je shora viditelná a tudíž zaznamenaná na snímku letecké fotogrammetrie.

Závěr

Hodnoty, jež jsou shrnuty v tab. 3–5 několikanásobně překračují deklarovanou přesnost tohoto digitálního kartografického produktu, jež je zveřejněna v katalogu objektů jednotlivých objektových bází. Oprava těmito příklady podobných objektů je v budoucnosti nevyhnutelná, obzvláště tehdy, mají-li data ZABAGED[®] sloužit mj. pro tvorbu vybraných částí státního mapového díla a mají-li data ZBGIS[®] dle [2] plnit funkci referenčních zdrojových údajů národní infrastruktury pro prostorové informace. Jak již ukázaly doposud publikované výsledky, správné znázornění železničních a pravděpodobně i silničních tunelů nebude nikdy možné bez alespoň částečného využití geodeticky zaměřených dat (terestrickými nebo družicovými metodami) v kombinaci s často využívanými snímky pořízenými metodou letecké fotogrammetrie.

Literatura

- [1] *Katalog objektů ZABAGED[®]*. Praha: Zeměměřický úřad, 2014. 160 s.
- [2] DEÁK, P. Geoportál ÚGKK SR. *Geodetický a kartografický obzor*, duben 2014, roč. 60/102, č. 4, s. 69-80. ISSN 1805-7446.
- [3] OFÚKANÝ, M. Koordinačná činnosť rezortu ÚGKK SR v oblasti GIS. In *Aktuálny stav vo využívaní geoinformatiky, Fórum mladých geoinformatikov*. Zvolen: Technická univerzita Zvolen.
- [4] *Katalóg tried objektov - KTO ZBGIS[®]*. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, 2013. 77 s.
- [5] *Mapa.sk* [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: < <http://mapa.zoznam.sk/> >.
- [6] *Mapový klient ZBGIS[®]* [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: < <https://zbgis.skgeodesy.sk/tkgis/> >.
- [7] ČSN 73 6200 *Mostní názvosloví*. Praha: Český normalizační institut.
- [8] TNŽ 01 0101-1 Provozování dráhy - Názvosloví - Část 1: Železniční stavebnictví. Správa železniční dopravní cesty, 2011.

- [9] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: <<http://www.mapy.cz/>>.
- [10] *Webová mapová aplikace ŘSD* [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: <http://geoportal.jsdi.cz/flexviewers/Silnicni_a_dalnicni_sit_CR/>.
- [11] *Geoprohlížeč ČÚZK* [online]. [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: <<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.
- [12] *Geoportál prevlec.cz* [online]. [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: <<http://geoportal.prevlac.cz/>>.
- [13] VACKOVÁ, E. Analýza přesnosti znázornění železničních tunelů na Základní mapě České republiky 1 : 10 000. In: *Juniorstav 2014 Sborník příspěvků*. VUT v Brně, Fakulta stavební. Brno: 2014. ISBN 978-80-214-4851-3.
- [14] VACKOVÁ, E. Porovnání znázornění železnic v ZABAGED[®] a ZBGIS[®]. In: *Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2014, Zborník príspevkov*. Technická Univerzita v Košociach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií. Košice: 2014. ISBN 978-80-553-1781-6.

Abstract. Visualization of transport infrastructure of every state is very important part of geographic data, that are used for various information systems creation and therefore is right visualization and precision of the register and publication of data in map portals very necessary. Fundamental Base of Geographic Data of the Czech Republic and Fundamental base for geographic information system in Slovak Republic are often used like data sets. The aim of this contribution is not only the description of both these basis, but also precision analysis of railway tunnel representation in them. This analysis offers very interesting results, especially from the perspective of the users and the data interpretation.

Key words: ZABAGED[®], ZBGIS[®], national spatial data infrastructure, categorization of objects, transport construction

Název **Digitální technologie v geoinformatice, kartografii a dálkovém průzkumu Země**

Sborník referátů studentské vědecké konference 2014,
grant ČVUT SVK 15/14/F1

Editoři Ing. Růžena Zimová, Ph.D., Ing. Petr Soukup, Ph.D.

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta stavební

Kontaktní adresa: Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel. +420 22435 3881

Tisk (elektronicky): Katedra geomatiky, ČVUT v Praze – Fakulta stavební

Adresa tiskárny: Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Počet stran: 158

Náklad: 50

Vydání 1.

Neprošlo jazykovou úpravou.

Autoři příspěvků odpovídají za jejich obsahovou a jazykovou stránku.

Žádná část této publikace nesmí být publikována a šířena žádným způsobem a v žádné podobě bez souhlasu vydavatele.

ISBN 978-80-01-05598-4