

GEODETIKÝ a KARTOGRAFIKÝ

obzor

obzor

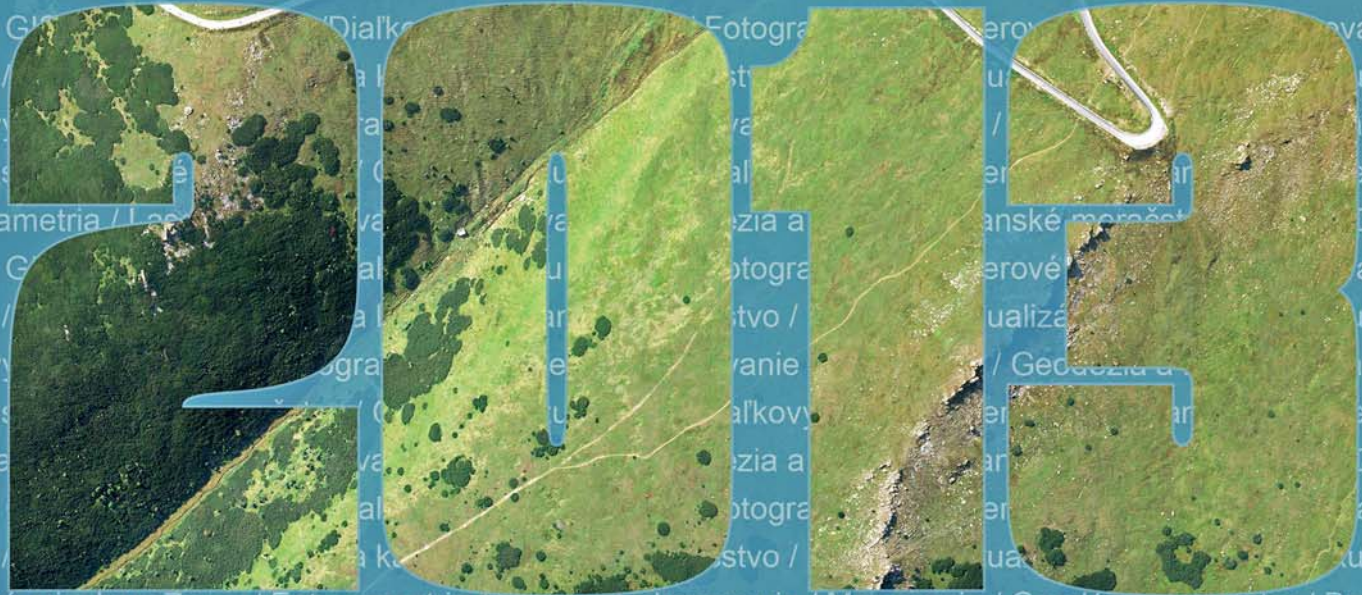
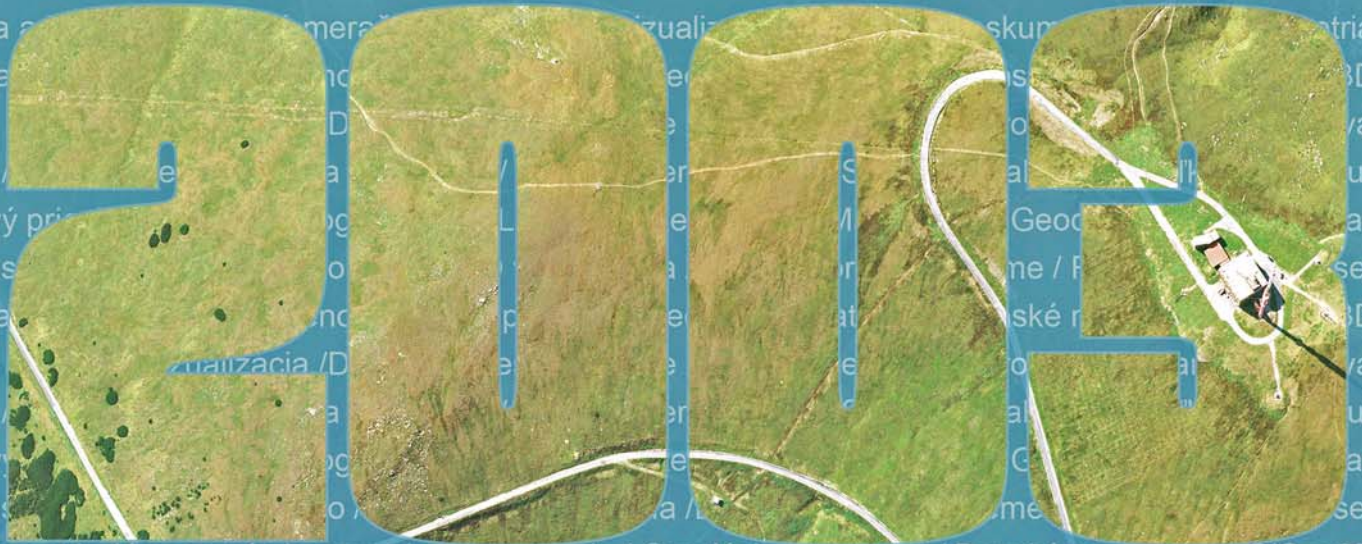
VĚNOVÁNO 20. KARTOGRAFICKÉ KONFERENCI

Plzeň 5. a 6. 9. 2013

Český úřad zeměměřický a katastrální
Úřad geodézie, kartografie a katastra
Slovenskej republiky

8/2013

Praha, srpen 2013
Roč. 59 (101) ● Číslo 8 ● str. 173–220



Obsah

Doc. Ing. Václav Čada, CSc., Ing. Jakub Šilhavý
**Porovnání přesnosti produktu ZABAGED®
výškopis – vrstevnice 3D s daty leteckého
laserového skenování celého území
České republiky** 173

Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.,
RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.,
Mgr. Alžběta Brychtová
**Koncept formalizovaného způsobu zápisu
vizualizace dat GIS při tvorbě mapy** 182

Mgr. Iveta Skalická
**Nové zpracování výškopisu základních
map České republiky** 186

RNDr. Luboš Bělka, Ph.D.,
prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
**Obrazová a znaková složka v konceptu
ortofotomapy** 192

RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.
**Význam netechnologických aspektů
mapové tvorby** 204

Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
**Tvorba souvislé mapy I. vojenského mapování
Habsburské monarchie – testovací oblast
Ústecký kraj** 212

Porovnání přesnosti produktu ZABAGED® výškopis – vrstevnice 3D s daty leteckého laserového skenování celého území České republiky

Doc. Ing. Václav Čada, CSc.,
Ing. Jakub Šilhavý,
oddělení geomatiky,
Fakulta aplikovaných věd,
Západočeská univerzita v Plzni

Abstrakt

Porovnání přesnosti datové sady ZABAGED® výškopis – vrstevnice 3D (výškopis ZABAGED®) s výškopisem vzniklým z dat leteckého laserového skenování celého území České republiky (2010-2013) ve dvou vybraných testovacích oblastech v Plzeňském kraji. Byla použita ověřená metoda robustní kontroly přesnosti digitálního modelu reliéfu vyvinutá na Západočeské univerzitě v Plzni. Hlavním záměrem byla identifikace, lokalizace a klasifikace hrubých chyb výškopisu ZABAGED®. Metoda s vysokým stupněm automatizace byla aplikována na 250 testovacích plochách s celkovou rozlohou 85 km². Výsledná přesnost výškopisu ZABAGED® zjištěná na těchto testovacích plochách je charakterizována úplnou střední výškovou chybou 0,86 m, systematickou chybou -0,23 m a výskytem hrubých chyb (větších než 2,6 m) na 3,1 % rozlohy testovacích ploch.

Accuracy Comparison of the ZABAGED® Altimetry – Contour Lines 3D Product with Data Gained by Aerial Laser Scanning of the Entire Territory of the Czech Republic

Summary

Accuracy comparison of the altimetry data from ZABAGED® and data from airborne laser scanning of the Czech Republic (2010-2013). The comparison was realized in two selected test areas in the Pilsner Region. The robust method of digital terrain model (DTM) accuracy evaluation developed at the University of West Bohemia in Plzen was used in this project. Its main focus was to identify, localize and classify gross errors of DTM ZABAGED®. Highly automated implementation of the robust method was applied to 250 test sites (total area of 85 km²). The final accuracy of DTM ZABAGED® in 250 test areas is characterized by total standard deviation of 0,86 m, systematic error of -0,23 m and with occurrence of gross errors (exceeding 2,6 m) on 3,1 % of the total area of all test sites.

Keywords: digital terrain model, accuracy evaluation, automated processing, ArcGIS tools, gross error visualization, Pilsen Region

1. Úvod

Testování přesnosti digitálních modelů reliéfu (DMR) má na Západočeské univerzitě v Plzni (ZČU) delší tradici. Metodu robustní kontroly DMR popisovali a využívali autoři [1], [2], [3], [4] a [5]. Článek na tyto práce navazuje a s využitím dat

leteckého laserového skenování (LLS) celého území České republiky (ČR) – dále jen „DMR z LLS“¹⁾ – a ověřené metodiky přináší nové možnosti objektivního hodnocení přes-

1) Pojem DMR z LLS je zaveden jako pracovní k odlišení skutečnosti, že v době provádění této studie ještě nebyl k dispozici produkt DMR 5. generace (DMR 5G).

nosti. Hlavním cílem bylo nalézt a posoudit příčiny výskytu hrubých chyb produktu ZABAGED® výškopis – vrstevnice 3D (výškopis ZABAGED®). Dílčí cíl práce byl zaměřen na porovnání přesnosti výškopisu v různých typech reliéfu, kdy byl posuzován faktor sklonitosti a typ půdního krytu.

V reprezentativním vzorku 2 testovacích oblastí bylo testováno 9 typů reliéfu na 250 testovacích plochách o celkové rozloze 85 km². Výsledná souhrnná přesnost výškopisu ZABAGED® zjištěná na těchto testovacích plochách je charakterizována úplnou střední výškovou chybou 0,86 m. Výsledky jsou prezentovány formou tabulek a grafického vyjádření na mapách hodnocených oblastí a testovacích ploch.

Dalším výsledkem studie jsou programové prostředky jako technická podpora ověřené jednotné technologie hodnocení přesnosti datové sady výškopis ZABAGED®, která je k dispozici pro obdobné testování i ostatním uživatelům tohoto produktu.

2. Charakteristiky výškových modelů

Základní báze geografických dat (ZABAGED®) obsahuje dosud jako jediná souvislý výškopis území celé ČR v digitální (vektorové) formě. Proto je využívána v mnoha aplikacích a různých oborech lidské činnosti. Pro její správné použití je však nutné si uvědomit rizika spojená s její výškovou přesností, která vykazuje v různých typech reliéfu (sklonitosti a typu půdního krytu) výrazně jiné hodnoty. Úkol zpracovat projekt ZABAGED® pro státní informační systém (SIS) uložila bývalá Komise vlády ČR pro SIS svým usnesením č. 4/1992 ze dne 28. 5. 1992 tehdejšímu Českému úřadu geodetickému a kartografickému, který se také stal garantem tohoto projektu. Tím, že byla ZABAGED® prohlášena integrální součástí SIS, byl položen základ pro vytvoření referenční datové báze prostorových informačních systémů v ČR. Podkladem pro naplnění vektorové ZABAGED® byla **kartometrická digitalizace** v S-JTSK (Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální) lokalizovaných rastrových ekvivalentů **tiskových podkladů polohopisu, vodstva, výškopisu, porostu a popisu** na 4 555 mapových listech **Základní mapy ČR²⁾ 1 : 10 000** (ZM 10).

ZM 10 je státním mapovým dílem ve smyslu zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, a zobrazuje pouze území ČR. Vznikala od roku 1970 ve dvou verzích s rozdílným obsahem a sloužila potřebám plánování a hospodářské výstavbě, i jako mapový podklad pro tvorbu tematických map a map menších měřítek [6]. První verze obsahovala polohopis (sídla, průmyslové, zemědělské a sociálně kulturní objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy a hranice), výškopis (reliéf) a popis (druhové označení znázorňovaných objektů, geografické názvosloví, rámové a mimorámové údaje). Druhá verze obsahovala navíc body geodetických základů, kilometrovou souřadnicovou síť v S-JTSK a obraz geografické sítě.

ZM 10 první verze byla určena pro vnitřní potřebu státních orgánů a socialistických organizací a nemohla být veřejně šířena. ZM 10 druhé verze byla tajná.

Číselným polohopisným podkladem ZM 10 byly rovinné souřadnice v S-JTSK bodů geodetických základů, rohy vnitřních rámců mapových listů ZM a topografických map 1 : 10 000 a průsečíky jejich sekčních rámců. Tiskové podklady původní topografické mapy 1 : 10 000³⁾ byly hlavním grafickým zdrojem pro tvorbu ZM 10, která vznikla reambulací a kartografickým přepracováním těchto tiskových podkladů a pouze výjimečně novým mapováním. Výsledná přesnost podrobného polohového bodu zobrazeného na tiskových podkladech byla stanovena střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 8$ m. Mezní odchylka mezi přímo měřenou délkou a odpovídající vzdáleností na tiskových podkladech pro jednoznačně identifikovatelné podrobné body byla stanovena na 33 m (§ 6 [6]).

Číselným výškopisným podkladem byly nadmořské výšky bodů výškových a polohových geodetických základů ve Výškovém systému baltském – po vyrovnání (Bpv). Výškopis zobrazoval terén vrstevnicemi se základním intervalem 2 m (v rovinatém terénu 1 m, ve svažitém terénu 5 m), šrafiemi a dalšími značkami pro vyjádření reliéfu. Přesnost výškopisu nebyla v původní instrukci pro tvorbu a obnovování ZM 10 vůbec řešena. Podle [7] výškopis původních topografických map byl převzat prakticky bez znehodnocení, ale kvalita a důslednost následné údržby výrazně závisela na odborné úrovni a iniciativě topografů, fotogrammetrů a kartografů.

ZM 10 byla vydávána od roku 1971 a její první vydání bylo ukončeno v roce 1988. Od roku 1981 byla současně s její tvorbou zajišťována také postupná obnova a aktualizace vybraných mapových listů s průměrným intervalem obnovy 8,7 roku, u mapových listů s vysokou frekvencí změn (silně urbanizované oblasti s vysokou dynamikou rozvoje území) byl interval zkrácen až na 3 roky.

Výškopis ZABAGED® vznikl v letech 1994 až 2000 digitalizací tiskových podkladů výškopisu ZM 10 na celém území ČR a má formu 3D vrstevnic se základním intervalem 2 m, který je v rovinných partiích doplněn jednodetnými vrstevnicemi nebo sítí výškových kót, v horském terénu je interval 5 m. Přesnost takto vyjádřeného výškopisu byla charakterizována střední chybou v určení výšky při sklonu terénu 0° $m_H = 1$ m, při sklonu 10° $m_H = 1,5$ m a v terénu se sklonem 25° $m_H = 2,5$ m.

V rámci aktualizace v letech 2006 až 2009 byl výškopis ZABAGED® zpřesněn stereofotogrammetrickým vyhodnocením terénních hran (břehovek, náspů, výkopů, terénních stupňů apod.) a hustší sítí výškových kót v rovinatém území s malou hustotou vrstevnic [1]. Tento produkt byl označen jako **ZABAGED® – zdokonalený výškopis**. Přesnost původního i zdokonaleného výškopisu ZABAGED® byla předmětem řady publikovaných testování, jejichž výsledky shrnuje **tab. 1**.

Pro analýzu přesnosti DMR výškopisu ZABAGED® a DMR z LLS území ČR byl v prostředí ArcGIS Desktop (3D Analyst) ze sady výškopis ZABAGED® vytvořen DMR ZABAGED®, který byl následně ještě optimalizován, např. eliminací výškopisu pod bloky budov.

DMR 5. generace (DMR 5G) je součástí Projektu tvorby nového výškopisu území ČR, který využívá technologii LLS a jehož plánované dokončení je v roce 2015 [8].

2) Původní název této mapové sady byl Základní mapy ČSSR (do roku 1990), později Základní mapy ČSFR (1990-1992).

3) Topografické mapy v měřítku 1 : 10 000 byly vyhotoveny v letech 1957-1972 na celém území státu v souladu s usnesením vlády ČSR č. 1391 z 1. 6. 1955 převážně leteckou stereofotogrammetrickou metodou (80 % mapových listů), v rovinatých územích byla použita metoda kombinovaná s tachymetrickým zaměřením výškopisu nad fotoplány (10 % mapových listů) a zbývající mapové listy byly odvozeny z výsledků předchozích mapování v obdobném nebo větším měřítku. Tyto topografické mapy byly vyhotoveny v souřadnicovém systému S-42.

Tab. 1 Známé charakteristiky přesnosti výškových modelů ZABAGED® a DMR 5G v různých typech reliéfu a půdního krytu

| Výškový model | Úplná střední výšková chyba | Zdroj | Typ testovaného reliéfu |
|---------------|-----------------------------|-------|--|
| ZABAGED® | 0,74 m | [1] | všechny typy nezalesněného terénu |
| | 0,72 m | [5] | všechny typy nezalesněného terénu |
| | 1,80 m | [10] | zalesněný terén |
| DMR 5G | 0,18 m | [8] | odkrytý terén (pro celou ČR) |
| | 0,30 m | [8] | zalesněný terén (pro celou ČR) |
| | 0,13 m | [10] | odkrytý terén (konkrétní lokalita) |
| | 0,28 m | [10] | zalesněný terén (konkrétní lokalita) |
| | 0,09 m | [2] | testovací základny LLS 2010 (fotbalová hřiště) |

Výškopis typu DMR 5G je poskytován ve formě sítě nepravidelně účelově rozmístěných bodů (TIN – Triangular Irregular Network). Očekávaná úplná střední výšková chyba podle [8] je uvedena v tab. 1, spolu s výsledky dosud provedených ověření.

V době práce na této stati nebyla ještě k dispozici data **finální verze** DMR 5G pro testovací oblasti v Plzeňském kraji, později pak přístupná na Geoportálu ČÚZK. Díky spolupráci ZČU se Zeměměřickým úřadem se podařilo pro realizaci prvního testování získat data z počáteční etapy zpracování (po automatické klasifikaci odrazu laserového paprsku od rostlého terénu, ale i od podrostu, vzrostlé vegetace a staveb či nadzemních konstrukcí). Takto použitý výškopis je dále označován jako **DMR z LLS**. Více o problematice výškopisných dat získaných LLS lze nalézt v [8] a [9].

3. Metodika testování

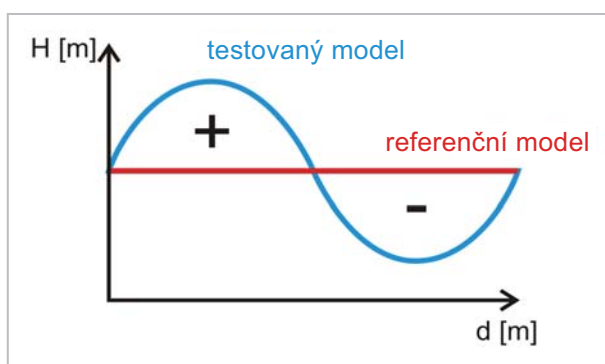
Z dostupných způsobů testování přesnosti DMR byla vybrána metodika robustní kontroly přesnosti DMR vyvinutá na ZČU. Její výhodou je použití nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) pro reprezentaci DMR. Oproti rastru, použití např. v [10], lépe vystihuje lokální a nespojitě změny reliéfu (např. terénní stupně). Metodika robustní kontroly přesnosti DMR je popsána v [2] a [3]. Zde budou uvedeny její základní principy a popsána její aplikace v prostředí softwaru ArcGIS. Ten byl vybrán pro možnost dávkového zpracování dat pomocí skriptů.

3.1 Princip metodiky

Metodika robustní kontroly je založena na porovnání testovaného DMR s referenčním (řádově přesnějším) DMR. V tomto případě byl zvolen DMR ZABAGED® jako testovaný a DMR z LLS jako referenční.

Princip metodiky vychází z hodnocení odlehlosti testovaného DMR od modelu referenčního na základě hodnot rozdílových objemů vztahených k ploše. Jinými slovy, je provedeno odečtení testovaného DMR od referenčního. Tam, kde je testovaný model nad referenční plochou, vznikne kladný rozdílový objem a naopak (obr. 1).

Kvalitu testovaného modelu charakterizuje základní úplná střední výšková chyba m_H a podíl hrubých chyb $h.ch$.



Obr. 1 Rozdílové objemy po odečtení modelů – profilový řez

Jak je patrné ze vztahu (1), m_H se skládá ze základní střední náhodné chyby σ_H a ze systematické chyby s_H :

$$m_H^2 = \sigma_H^2 + s_H^2. \quad (1)$$

Na základě empirického vztahu je v [2] určen odhad základní úplné střední chyby \hat{m}_H s využitím odlehlosti modelů a_H (viz kapitola 2). Z tohoto vztahu je vypočten odhad základní střední náhodné chyby $\hat{\sigma}_H$:

$$\hat{m}_H = 1,25 a_H, \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_H = \sqrt{(m_H^2 - s_H^2)}. \quad (3)$$

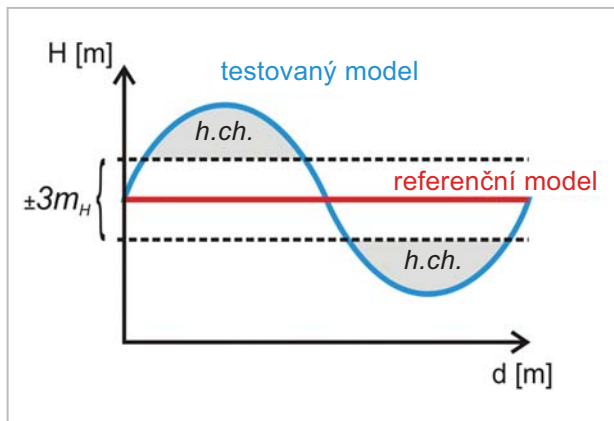
Odlehlost modelů a_H je dána absolutní velikostí všech rozdílových objemů a je vztahena k součtu ploch pod rozdílovými objemy:

$$a_H = \frac{\sum |V|}{s}. \quad (4)$$

Systematická chyba testovaného modelu s_H je dána součtem kladných a záporných hodnot všech rozdílových objemů a je vztahena k součtu ploch pod rozdílovými objemy, což odpovídá rozdílu celkových objemů obou modelů:

$$s_H = \frac{\sum V}{s}. \quad (5)$$

Podíl hrubých chyb $h.ch$ udává součet ploch pod oblastmi s hrubou chybou vztahený k celkové ploše. Hrubá chyba je definována jako překročení trojnásobku úplné střední chyby.

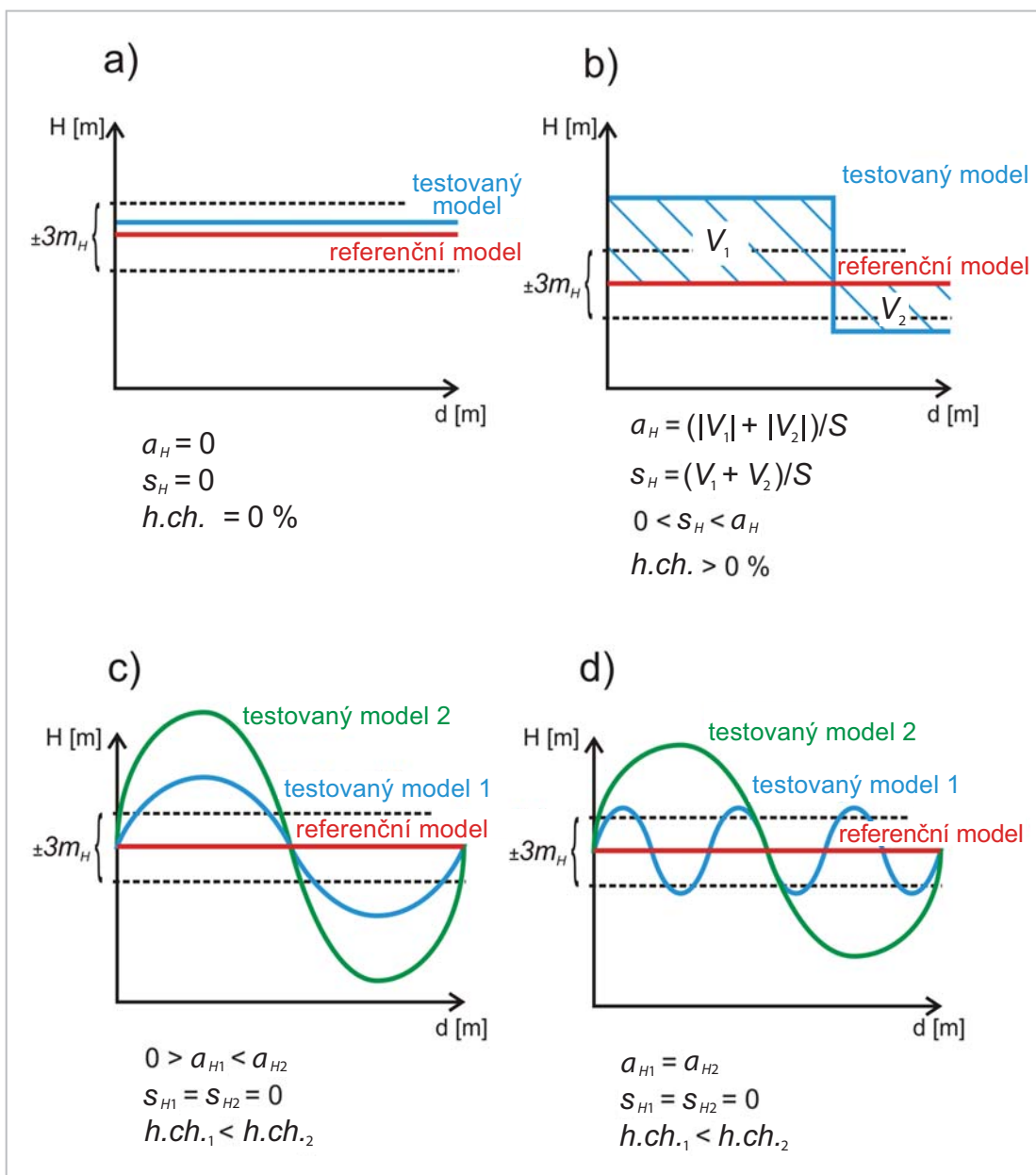


Obr. 2 Znáznornění hrubých chyb

Výskyt hrubých chyb je znázorněn na profilovém řezu (obr. 2). Na svislé ose označující výšku je čárkovanou čarou vyznačena hodnota $\pm 3 m_H$. Plocha, kde výškový rozdíl obou modelů tuto hodnotu překračuje, je označena jako oblast výskytu hrubých chyb.

Význam charakteristik a_H , s_H a $h.ch.$ je vysvětlen na příkladech (obr. 3). Ukázka a) znázorňuje případ, kdy je testovaný model totožný se srovnávacím. Potom odlehlost a_H i systematická chyba s_H jsou rovny nule a zároveň zde není výskyt hrubých chyb (ideální případ).

V případě ukázky b) je testovaný model z části nad a z části pod referenčním modelem. Rozdílový model obsahuje kladný objem V_1 a záporný objem V_2 , přičemž platí $|V_1| > |V_2|$. Systematická chyba s_H je dána součtem kladného a záporného objemu, zatímco odlehlost a_H je dána součtem absolutních hodnot kladného a záporného modelu. Pak musí platit, že $a_H > s_H$.



Obr. 3 Význam charakteristik přesnosti v příkladech

Případ c) porovnává dva testované modely vzhledem k jednomu referenčnímu, který má pro přehlednost konstantní výšku. Pro oba testované modely platí, že absolutní velikost kladného objemu je rovna velikosti záporného rozdílového objemu. Z toho plyne, že je systematická chyba s_H v obou případech nulová, přestože je z profilu patrný rozdílný průběh testovaného a referenčního modelu. Tento rozdíl je zachycen pomocí odlehlosti a_H , kde jsou počítány hodnoty rozdílů bez ohledu na znaménko. Velikost a_H je úměrná velikosti rozdílových objemů, proto $a_{H1} > a_{H2}$. Obdobná je situace i při porovnání podílu hrubých chyb.

Případ d) znázorňuje situaci, kdy oba modely mají nulovou s_H . Předpokládejme, že oba testované modely mají v součtu stejné kladné i záporné rozdílové objemy, pak platí, že $a_{H1} = a_{H2}$. Pro posouzení kvality je v tomto případě třeba použít i parametr podílu hrubých chyb, který má testovaný model 1 malý, na rozdíl od modelu 2 s velkými výškovými rozdíly.

3.2 Použitá data

K testování byla použita výškopisná část ZABAGED® obsahující 3D vrstevnice a další trojrozměrné prvky terénního

Tab. 2 Testované typy reliéfu

| Reliéf dle sklonitosti | Charakteristika reliéfu |
|------------------------|---|
| rovnoměrný | průměrný sklon svahu 0° – 5° minimální změny sklonu svahu a zakřivení vrstevnic |
| členitý | průměrný sklon svahu 5° – 15° výrazné změny sklonu svahu a zakřivení vrstevnic |
| extrémní | průměrný sklon svahu větší než 15° hluboké zářezy údolí, strmé svahy |
| Typ půdního krytu | Charakteristika |
| extravilán – les | převážně souvisle zalesněné území |
| extravilán – louka | nezalesněné území s převážně intenzivním zemědělským užíváním |
| intravilán – zástavba | zastavěné území (souvisle i nesouvisle) |

reliéfu (viz ZABAGED® – zdokonalený výškopis popsany na str. 174 v části 2). Data byla poskytnuta v S-JTSK a Bpv, a to ve vektorovém formátu shapefile.

K dispozici byly i vrstvy z polohopisné části ZABAGED® (obvody budov, skalních útvarů a vodních ploch), které vymezují polygony vyjmuté z porovnání, neboť pod nimi či v nich vrstevnice konstruovány nebyly.

Data DMR z LLS byla poskytnuta v textovém formátu, kde jsou souřadnice uvedeny v S-JTSK (East, North) a Bpv, uvedené v pořadí E = -Y (JTSK), N = -X (JTSK), H (Bpv). Takto zapsané souřadnice byly převedeny do bodového formátu shapefile nástrojem z programu ArcGIS.

3.3 Testovací oblasti

Zpracování dostupných dat ZABAGED® a DMR z LLS bylo realizováno ve dvou testovacích oblastech:

- oblast Plzeň – všechny stupně sklonitosti terénu, převážně v zastavěném území,
- oblast Kozelsko – všechny stupně sklonitosti terénu, převážně kombinace lesních ploch a území s intenzivním zemědělským užíváním (trvalé travní porosty, orná půda).

Přesnost DMR ZABAGED® a DMR z LLS byla analyzována v závislosti na odlišných typech krajiny. Bylo zkoumáno 9 typů reliéfu odlišné sklonitosti a různého typu půdního krytu (tab. 2). Sklonitost reliéfu byla rozdělena do tří kategorií, které byly zvoleny s ohledem na výškovou členitost testovacích ploch, typ půdního krytu a dále pak podle tří odlišných kategorií z hlediska efektivnosti LLS.

Na testovacích plochách byly testovací polygony vymezeny tak, aby jeden polygon vždy ohraničoval území s obdobným typem reliéfu dle tab. 2 (např. členitý zalesněný terén). Klasifikace byla provedena na základě vizuálního vyhodnocení průběhu vrstevnic a klasifikace půdního krytu na ZM 10.

Polygony byly voleny tak, aby se vzájemně nepřekrývaly a rozloha jednoho polygonu byla přibližně do 1 km². Omezení rozlohy polygonu bylo dáno výpočetní náročností použité implementace metodiky porovnání. Vzhledem k podmínkám výběru tyto polygony zpravidla nevyplňují celou testovací plochu (viz ukázka grafických výstupů v [11]).

Rozlohu a počet testovacích ploch ilustruje tab. 3. Celkem bylo analyzováno 250 testovacích ploch s celkovou rozlohou 85 km².

Tab. 3 Počty jednotlivých typů testovacích ploch ve dvou testovacích oblastech a jejich celková rozloha

| Typ reliéfu | | Kozelsko | | Plzeň | |
|---------------|----------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| | | počet ploch | rozloha [km ²] | počet ploch | rozloha [km ²] |
| rovnoměrný | les | 10 | 4,7 | 19 | 4,5 |
| | louka | 5 | 1,5 | 21 | 5,2 |
| | zástavba | 2 | 0,3 | 31 | 11,1 |
| členitý | les | 12 | 7,9 | 23 | 7,0 |
| | louka | 7 | 3,6 | 22 | 14,5 |
| | zástavba | 2 | 0,5 | 22 | 8,5 |
| extrémní | les | 12 | 3,1 | 31 | 4,8 |
| | louka | 2 | 0,3 | 12 | 3,2 |
| | zástavba | 2 | 0,2 | 15 | 4,3 |
| Celkem | | 54 | 22 | 196 | 63 |

4. Postup testování

Metodika robustní kontroly přesnosti DMR byla implementována v softwaru ArcGIS Desktop 10. Vzhledem k výpočetní náročnosti některých operací (zejména tvorby TIN a odečítání dvou TIN) byl postup aplikován po jednotlivých testovacích polygonech a pro dílčí kroky použité metodiky, popsané dále, byly vytvořeny funkční skripty v programovacím jazyce Python, které zopakovaly postup pro každý vymezený polygon. Při rozložení polygonu do 1 km² byl průběh výpočtu stabilní.

Výpočet rozdílů DMR je shrnut do pěti kroků:

1. Vytvoření vnější obalové zóny 50 m okolo testovacího polygonu.
2. Prostorová selekce vstupních dat dle vnější obalové zóny testovacího polygonu (všech použitých vrstev ZABAGED[®] a souřadnic bodů DMR z LLS).
3. Tvorba TIN z dat ZABAGED[®] a z DMR z LLS.
4. Redukce obou modelů TIN dle hranic testovacího polygonu a vyjmutí vybraných ploch (např. pod bloky budov) z porovnání.
5. Odečtení obou modelů TIN – získání rozdílových objemů.

Při tvorbě TIN v okrajových částech polygonu může dojít ke zkreslení z důvodu chybějících hodnot za hranicí polygonu. Proto je TIN vypočtena z obalové zóny přesahující o 50 m příslušný testovací polygon a následně redukována podle hranic tohoto polygonu. Hodnota překrytu byla zvolena s přihlédnutím k průměrné vzdálenosti dvou sousedních vrstevnic.

Podstatným prvkem postupu je využití nejen vrstvy 3D vrstevnice, ale i dalších vrstev výškopisu ZABAGED[®] pro tvorbu modelu TIN. Zejména jde o doplnění povinných hran při generování modelu terénu ZABAGED[®]. Pro zpřesnění modelu TIN byly použity pouze hrany reprezentované jako 3D linie aktualizovaného výškopisu ZABAGED[®]. Tvorba TIN probíhala v programu ArcGIS Desktop 10 pomocí nástroje Create TIN, použité vrstvy spolu s parametrem typ hrany jsou uvedeny v **tab. 4**.

Vytvoření TIN z dat DMR z LLS proběhlo také nástrojem Create TIN a bylo využito bodů LLS selektovaných obalovou zónou a zadaných jako typ hrany masspoint.

Vzhledem ke způsobu vzniku výškového modelu ZABAGED[®] (viz část 2) byly z porovnání vyloučeny prostory vybraných plošných prvků polohopisu. Jednalo se o vrstvu budov, vodních ploch a skalních útvarů. K eliminaci těchto ploch z modelů TIN byl využit nástroj Edit TIN, který je odstraní současně z obou modelů.

Posledním krokem bylo odečtení obou modelů TIN. Pro každý testovací polygon byl nástrojem ArcGIS Desktop SurfaceDifference (3D Analyst) proveden výpočet rozdílového modelu. Výstupem byla polygonová vrstva, která vymezuje oblasti, kde se plocha testovaného modelu nachází nad či pod referenčním modelem. V atributech jsou uloženy informace o objemu a ploše těchto oblastí. Výsledná vrstva byla podkladem pro následné zpracování statistických výsledků přehledně uvedených v tabulkách a grafických výstupech v dalším textu.

5. Prezentace výsledků

Z výsledků rozdílových modelů jednotlivých typů ploch byly vytvořeny tabulky sledovaných statistických parametrů,

Tab. 4 Vrstvy ZABAGED[®] použité pro tvorbu TIN

| Název vrstvy | Typ hrany v ArcGIS |
|----------------------------|--------------------|
| vrstevnice doplňková | softline |
| vrstevnice hlavní | softline |
| vrstevnice zesílená | softline |
| břehovka | hardline |
| dolní hrana | hardline |
| horní hrana | hardline |
| koruna železničního tělesa | hardline |
| kótovaný bod | masspoint |

kteří souborně hodnotí přesnost výškopisu ZABAGED[®], a graficky byla vizualizována místa výskytu, rozsah a velikost hrubých chyb.

5.1 Tabulky

Pro obě testované oblasti byla vytvořena výsledná souhrnná statistika (**tab. 5 a 6**), která charakterizuje parametry výškové přesnosti terénu v závislosti na typu reliéfu podle sklonitosti a půdního krytu. Výpočty byly provedeny podle vzorců uvedených v části 3.1. V poslední řádce **tab. 6** jsou pak uvedeny výsledné statistické charakteristiky obou testovaných oblastí souborně.

V obou hodnocených oblastech je patrný zásadní vliv typu reliéfu na výslednou přesnost výškopisu ZABAGED[®]. Stejně typy půdního krytu vykazují vyšší přesnosti v terénu se sklonem do 5° (označeny jako typ reliéfu rovnoměrný) než v terénu se sklonem 5° až 15° (typ reliéfu členitý). Nejnižší přesnost výškopisu ZABAGED[®] je prokazatelně na strmých stráních se sklonem větším než 15° (typ reliéfu extrémní).

Při analýze přesnosti z hlediska půdního krytu vychází nejlepší výsledky v oblastech extravilánu nezalesněných území s převážně intenzivním zemědělským užíváním, následují zastavěné oblasti a nejhůřší výsledky jsou prokazatelně v oblastech souvislých lesních porostů. V oblasti Kozelsko jsou výsledky také ovlivněny malým počtem testovacích ploch se souvislou zástavbou, což je dáno charakterem oblasti se souvislými lesními komplexy.

Výsledná výšková přesnost modelu ZABAGED[®] výškopis v porovnání s DMR z LLS, charakterizovaná základní úplnou střední výškovou chybou m_H , vychází 0,95 m v oblasti Kozelsko a 0,82 m v oblasti Plzeň. Při souhrnném zpracování obou testovaných oblastí byla dosažena výšková přesnost modelu ZABAGED[®] výškopis $m_H = 0,86$ m. Tento výsledek koresponduje s výsledky analýz i z dalších území uvedených v **tab. 1**.

5.2 Grafická vizualizace výskytu hrubých chyb

Pro vizualizaci vyhodnocení výsledků bylo v každé testované oblasti a testovací ploše vytvořeno grafické schéma výskytu hrubých chyb. Za hrubou chybu bylo považováno překročení trojnásobku úplné střední výškové chyby m_H (zaokrouhlo na 2,6 m).

Pro zpracování všech 250 testovacích ploch bylo využito možnosti softwaru ArcGIS vytvářet vizuální výstupy automaticky pomocí skriptu v jazyce Python.

K tomu účelu byly využity podkladové vrstvy výškopisu ZABAGED®, obrysy jednotlivých testovacích polygonů a vrstevnice generované z dat DMR z LLS. Vrstevnice byly generovány s intervalem 2 m a zesílené vrstevnice jsou zobrazeny s intervalem 10 m. Tyto podklady jsou překryty mříží výškových rozdílů mezi modely TIN ZABAGED® a TIN DMR z LLS. Mříž je vyplněna barevně v místech, kde jsou rozdíly větší než 2,6 m (modře kladný a červeně záporný rozdíl). V místech bez výskytu hrubých chyb je mříž průhledná. Všechna takto vyhotovená grafická schémata jsou dostupná pomocí mapové služby na serveru [11].

6. Diskuze k výsledkům

Analýza číselných i grafických výsledků provedených testů přispěla k identifikaci, lokalizaci a kvantifikaci kategorií hru-

bých chyb výškopisu ZABAGED® nebo chyb v datech LLS. Tyto kategorie lze rozdělit následovně:

1. chyba ve výškopisu ZABAGED® – nedostatečně podrobné zobrazení reliéfu,
2. chyba ve výškopisu ZABAGED® – lokální neaktuálnost výškopisu,
3. neodstraněná chyba v automaticky filtrovaných datech DMR z LLS.

První kategorie chyb se vyskytuje v území, kde průběh vrstevnic ZABAGED® a vrstevnic generovaných z DMR z LLS prokázal výrazné rozdíly. Ty se týkaly odlišného vyjádření terénních tvarů a nesouladu výšek na polohově nejbližších vrstevnicích v obou modelech.

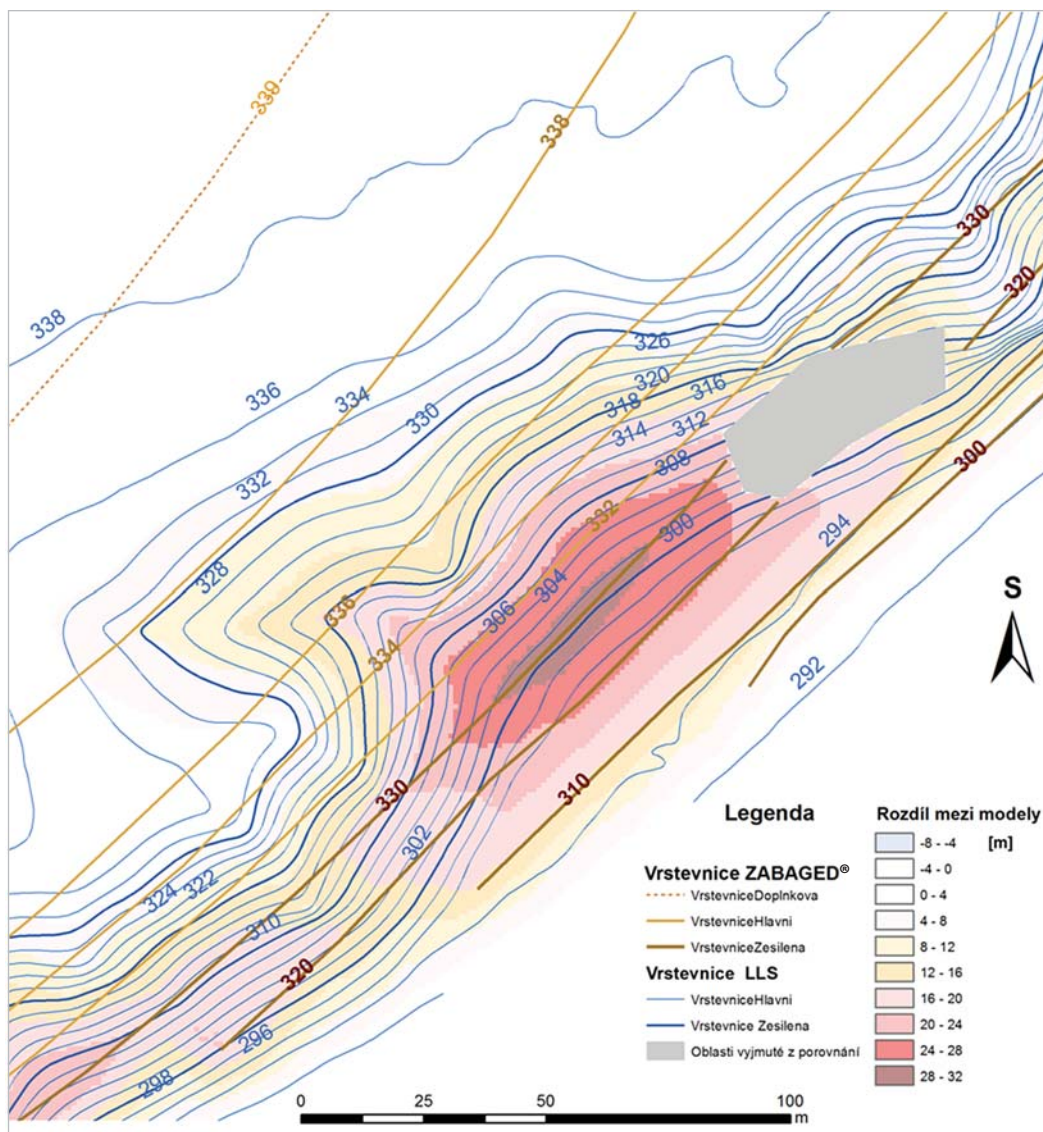
Příkladem odlišného vyjádření terénního tvaru jsou místa, kde výšky bodů ZABAGED® jsou sice shodné, ale výrazně se liší tvar vrstevnic ZABAGED® a vrstevnic odvozených z LLS, které znázorňují lokální geomorfologické tvary (malé hřbety a údolí). Jedná se většinou o nepřípustnou generalizaci vrstevnic. Tento případ je patrný na ukázce 1 a 2 na serveru [11].

Tab. 5 Shrnutí charakteristik výškové přesnosti modelu ZABAGED® výškopis pro oblast Kozelsko

| Typ reliéfu | Půdní kryt | a_H [m] | s_H [m] | σ_H [m] | m_H [m] | $\Sigma V $ [m ³] | ΣV [m ³] | S [km ²] |
|------------------------|------------|-------------|--------------|----------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|
| rovnoměrný | les | 0,43 | -0,14 | 0,51 | 0,53 | 2 051 200 | -689 848 | 4,8 |
| | louka | 0,42 | 0,03 | 0,52 | 0,52 | 638 929 | 45 769 | 1,5 |
| | zástavba | 0,51 | -0,18 | 0,62 | 0,64 | 138 227 | -48 888 | 0,3 |
| členitý | les | 0,96 | -0,23 | 1,18 | 1,20 | 7 650 303 | -1 857 582 | 7,9 |
| | louka | 0,52 | -0,09 | 0,64 | 0,64 | 1 858 177 | -308 378 | 3,6 |
| | zástavba | 0,73 | -0,15 | 0,89 | 0,91 | 323 246 | -66 519 | 0,4 |
| extrémní | les | 1,22 | -0,15 | 1,52 | 1,52 | 3 835 806 | -479 203 | 3,1 |
| | louka | 0,89 | -0,19 | 1,10 | 1,11 | 215 287 | -45 707 | 0,2 |
| | zástavba | 0,76 | -0,16 | 0,94 | 0,95 | 117 246 | -24 473 | 0,2 |
| Celkem Kozelsko | | 0,76 | -0,16 | 0,94 | 0,95 | 16 828 420 | -3 474 831 | 22,1 |

Tab. 6 Shrnutí charakteristik výškové přesnosti modelu ZABAGED® výškopis pro oblast Plzeň

| Typ reliéfu | Půdní kryt | a_H [m] | s_H [m] | σ_H [m] | m_H [m] | $\Sigma V $ [m ³] | ΣV [m ³] | S [km ²] |
|--------------------------------|------------|-------------|--------------|----------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|
| rovnoměrný | les | 0,60 | -0,33 | 0,67 | 0,75 | 2 733 407 | -1 507 990 | 4,5 |
| | louka | 0,34 | -0,03 | 0,42 | 0,42 | 1 695 695 | -152 307 | 5,0 |
| | zástavba | 0,51 | -0,23 | 0,59 | 0,64 | 4 221 620 | -1 939 397 | 8,3 |
| členitý | les | 0,74 | -0,38 | 0,85 | 0,93 | 5 226 672 | -2 648 386 | 7,0 |
| | louka | 0,45 | -0,21 | 0,51 | 0,56 | 6 496 393 | -3 101 273 | 14,6 |
| | zástavba | 0,64 | -0,38 | 0,71 | 0,80 | 4 749 485 | -2 775 006 | 7,4 |
| extrémní | les | 1,60 | -0,15 | 2,00 | 2,00 | 7 758 447 | -729 922 | 4,8 |
| | louka | 0,62 | -0,26 | 0,73 | 0,77 | 2 000 706 | -845 322 | 3,2 |
| | zástavba | 0,96 | -0,29 | 1,17 | 1,20 | 3 754 713 | -1 139 533 | 3,9 |
| Celkem Plzeň | | 0,66 | -0,25 | 0,78 | 0,82 | 38 637 139 | -14 839 135 | 58,8 |
| Za obě oblasti společně | | 0,69 | -0,23 | 0,83 | 0,86 | 55 465 559 | -18 313 966 | 81,0 |



Obr. 4 Ukázka oblasti hrubých chyb, podrobněji znázorněno v ukázce 10 na serveru [11]

Jiným příkladem výskytu hrubých chyb výškopisu ZABAGED® může být posun a rozdílná orientace geomorfologických terénních tvarů (hřbety, údolí), které jsou patrné z ukázek 3 a 4 na serveru [11].

Zásadní nesoulad výšek vrstevnic nastává v místech, kde tvar vrstevnic obou modelů je odpovídající, ale vrstevnice o stejné nadmořské výšce jsou polohově posunuty (viz ukázka 5 na serveru [11]). Nejčastějším případem jsou však kombinace již popsaných hrubých chyb výškopisu ZABAGED®.

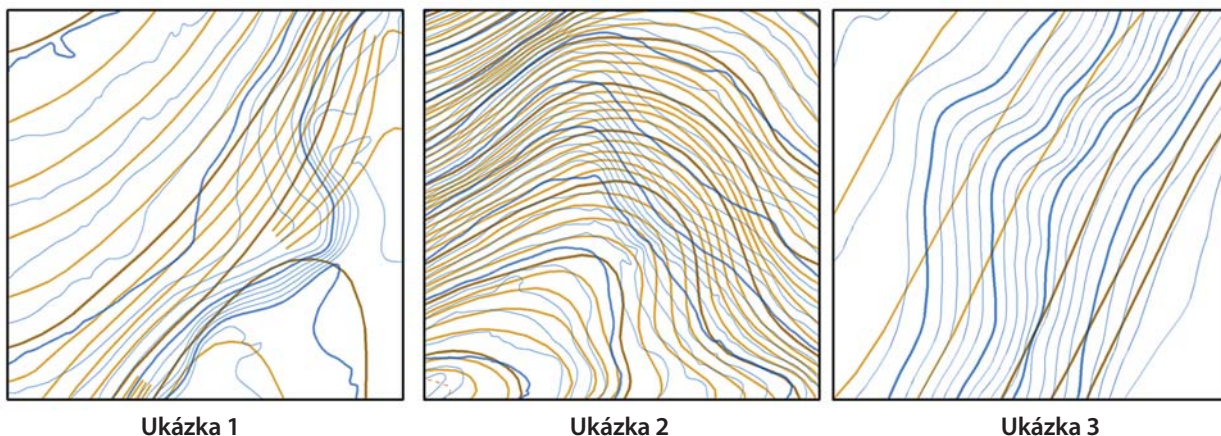
Do druhé kategorie hrubých chyb lze zařadit lokality, kde výškopis ZABAGED® již neodpovídá aktuálnímu stavu reliéfu a stavu zachycenému v době nedávného LLS (2010 až 2013). Příkladem může být stavba nového dálničního přivaděče v Plzni na Borech, viz ukázka 6 na serveru [11].

Zdrojem třetí kategorie hrubých chyb by mohla být data z LLS použitá pro generování DMR, neupravená standardním procesem tvorby DMR 5G. Jak bylo zmíněno v závěru části 2, pro testování byla k dispozici data z průběhu prvotního zpracování před finální korekcí operátory. Tato data mohou obsahovat body s hrubými chybami ve výšce, které jsou způsobeny např. pouhou automatickou klasifikací mračna bodů před ruční editací operátory.

Například v lesních porostech byly některé body na povrchu vegetace automaticky klasifikovány jako body rostlého terénu. Tyto chyby jsou charakteristické zpravidla velkým výškovým rozdílem vztaženým k velmi malé ploše (např. rozdíl 10 m na ploše 20 x 20 m). Ve finálním produktu DMR 5G budou tyto chyby ruční editací odstraněny.

V případě výskytu hrubých chyb byla dále analyzována jimi ovlivněná území a testován podíl na celkové rozloze analyzovaného území. V oblasti Kozelsko se hrubé chyby ve výšce vyskytují na celkové ploše 0,88 km², což odpovídá 4,0 % rozlohy oblasti, v oblasti Plzeň jde o 1,77 km² celkové plochy hrubých chyb, tedy 2,8 % rozlohy oblasti. V obou testovaných oblastech je plocha s výskytem hrubých chyb výškopisu ZABAGED® celkem na 3,1% rozlohy testovacích ploch.

Na grafických vizualizacích jsou zobrazeny hrubé chyby větší než 2,6 m. Zarážející je však skutečnost, že hodnoty hrubých chyb dosahují 6 až 10 m, a byly nalezeny prostory s hrubou chybou až 30 m (viz obr. 4 a ukázka 10 na serveru [11]). Vybrané ukázky jsou znázorněny na obr. 5, kde modré vrstevnice jsou odvozeny z DMR z LLS a hnědé z DMR ZABAGED®. Základní interval vrstevnic je v obou případech 2 m, zesílených vrstevnic 10 m.



Obr. 5 Ukázky příčin hrubých chyb

7. Závěr

Výslednou přesnost výškopisu ZABAGED® v testovaných oblastech Plzeň a Kozelsko lze po provedených analýzách charakterizovat úplnou střední výškovou chybou $m_H = 0,86$ m. Tento parametr lze interpretovat tak, že model výškopisu ZABAGED® se ve většině případů liší od DMR z LLS v otevřeném (nezalesněném) terénu o $\pm 0,86$ m. Tato přesnost byla v minulosti postačující pro jeho hlavní aplikaci – tvorbu ortofotografického zobrazení celého území ČR s rozměrem pixelu 0,50 m v území v letech 2000 až 2008. Neustále vyšší požadavky na kvalitu a spolehlivost výškových dat, především pro projekční činnosti a další aplikace výškových modelů (např. povodňový model, generování záplavových území, pohledové vizualizace), však ani zpřesněný výškopis ZABAGED® již nesplňuje. Problematické jsou především prostory s plošným výskytem hrubých chyb vyskytující se v území nejen se souvislým lesním půdním krytem, ale i v místech s terémem extrémně svažitým.

Na celém testovaném území byla zjištěna průměrná systematická chyba $s_H = -0,23$ m, která vyjadřuje, že model výškopisu ZABAGED® je systematicky výše nad DMR z LLS.

Vyšší technické i společenské nároky vedly od roku 2009 k potřebě tvorby ortofotografického zobrazení celého území ČR s vyšším prostorovým rozlišením (rozměrem pixelu 0,25 m v území), kde již přesnost výškopisu ZABAGED® ve výškově členitém, svažitém a lesy porostlém terénu nemusí být dostačující. Tyto nároky byly jedním z impulsů k zahájení Projektu tvorby nového výškopisu území ČR, v jehož rámci jsou vytvářeny 2 podstatně přesnější DMR území ČR na bázi technologie LLS – DMR 4. generace – DMR 4G (mříž výškových bodů 5 x 5 m s předpokládanou výškovou přesností 0,30 m v otevřeném terénu a 1,00 m v lesích) a DMR 5G ve formě TIN s předpokládanou výškovou přesností 0,18 m ve volném terénu a 0,30 m v lesích.

LLS zbývajících 26 % území státu ve východní části ČR bude dokončeno během roku 2013 a DMR 5G v tomto prostoru bude k dispozici již od poloviny roku 2014. Do té doby je výškopis ZABAGED® na většině území Moravy a Slezska stále pro většinu aplikací jediný dostupný. Proto je nutné kontrole poskytovaného výškopisu ZABAGED® věnovat zvýšenou pozornost a využívat jej pouze pro takové aplikace, u kterých omezená přesnost není na závadu.

V rámci projektu popsáného v tomto článku byla vytvořena technologie a programové prostředí pro opakovatelný automatizovaný postup výpočtu charakteristik přesnosti tes-

tovaného výškopisného modelu vzhledem k přesnějšímu referenčnímu modelu a pro vizualizaci takto dosažených výsledků. Nabízí se tím např. možnost provést rozsáhlejší porovnání skutečné přesnosti DMR 4G vůči referenčnímu DMR 5G v různých částech ČR.

Studie byla podpořena Evropským fondem pro regionální rozvoj (ERDF), projekt „NTIS – Nové technologie pro informační společnost“, Evropské centrum excelence, CZ.1.05/1.1.00/02.0090.

LITERATURA:

- [1] ŠÍMA, J.-EGRMAJEROVÁ, L.: Ověření přesnosti digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat. Geodetický a kartografický obzor, 50/92, 2004, č. 11, s. 213-231.
- [2] FIALA, R.: Robustní postupy hodnocení kvality digitálních modelů reliéfu. [Disertační práce.] Plzeň 2011. – Západočeská univerzita v Plzni.
- [3] FIALA, R.-ŠÍMA, J.: The Czech Method of DTM Checking. In: EuroSDR Official Publication No. 51. Utrecht, Gopher 2006, pp. 87-94.
- [4] VYČÍCHLOVÁ, V.-ČADA, V.: Hodnocení kvality a přesnosti státní mapy 1 : 5000. Kartografické listy, č. 9, 2001, s. 79-92.
- [5] DIVIŠOVÁ, M.: Kontrola přesnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED porovnáním s výškopisem technickohospodářské mapy v lokalitě Česká Skalice. [Diplomová práce.] Plzeň 2006. – Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.
- [6] Instrukce pro tvorbu, obnovu a vydávání Základní mapy ČSSR 1 : 10 000. ČÚGK 984 221 I/85. Praha 1985.
- [7] ŠÍMA, J.: Základní státní mapová díla středních měřítek – tvorba a údržba po roce 2000. [Habitační přednáška.] Praha, ČVUT 2004.
- [8] BRÁZDIL, K.: Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. In: Sborník – Symposium GIS Ostrava 2010. Ostrava, VŠB-TU Ostrava 2010.
- [9] ŠÍMA, J.: Příspěvek k rozboru přesnosti digitálních modelů reliéfu odvozených z dat leteckého laserového skenování celého území ČR. Geodetický a kartografický obzor, 57/99, 2011, č. 5, s. 101-106.
- [10] CIBULKA, M.-MIKITA, T.: Přesnost digitálního modelu reliéfu vytvořeného z dat leteckého laserového skenování v lesních porostech. Geodetický a kartografický obzor, 57/99, 2011, č. 11, s. 265-269.
- [11] Porovnání přesnosti DMR výškopisu ZABAGED® a DMR z LLS území ČR – grafické ukázky [online]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~jsilhavy/porovnaniDEM.html>.

Do redakce došlo: 7. 3. 2013

Lektoroval:
doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.,
Praha

Koncept formalizovaného způsobu zápisu vizualizace dat GIS při tvorbě mapy

Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.,
RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.,
Mgr. Alžběta Brychtová,
katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Při produkci dotisků, aktualizovaných vydání, reedice a duplikátů kartografických děl tvůrcům často chybí přesné údaje k sestavení map s původním datovým obsahem a vizuálním stylem. Je představen efektivní způsob, kterým je možné se s tímto problémem vypořádat prostřednictvím formalizovaného zápisu parametrů použitých datových vrstev a znakového klíče. Jsou uvedeny případy, kdy je chybějící formalizovaný zápis procesu kartografické vizualizace překážkou pro sestavení reedice mapy. Na konkrétním příkladu vydané kartografické publikace je demonstrován přístup použitelný pro sestavení uvedeného formalizovaného zápisu.

The Concept of a Formalized Record of GIS Data Visualization for Map Creation

Summary

When producing reprints, updated edition, reissues and duplicates, cartographic makers often lack accurate information for compilation of maps with the original data content and visual style. The efficient way is introduced enabling to deal with this problem by means of a formalized record of parameters of used data layers and the symbology. Such cases are mentioned in which the missing data model is an obstacle to compile the map reissue. The approach applicable for compilation of the formalized record is demonstrated on a particular example of a published cartographic product.

Keywords: cartography, cartographic product, parameters of data layers, reprints and duplicates

1. Úvod

Mapy sestavené s použitím digitálních datových sad zpracovávaných v prostředí geografických informačních systémů (GIS) a specializovaných programů pro sazbu a předtiskovou přípravu v současné kartografické tvorbě naprosto převládají nad nedigitální tvorbou a jejich podíl na celkové kartografické produkci bude i dále narůstat [1].

Problematika jejich tvorby je součástí řešení každodenních diskusí kartografů a vývoj různých metod zpracování vykazuje velmi rychlé zdokonalování výsledných produktů a nástrojů na jejich analýzu [2], [3], [4].

Zvyšující se frekvence dotisků, reedice a aktualizovaných vydávání mapových děl klade stále větší význam na způsob zápisu všech parametrů použitých datových vrstev a znakového klíče, podle kterých lze mapu znovu sestavit, a to do zcela identické výsledné podoby. Takový efektivní způsob zápisu umožní autorovi nové verze (či duplikátu) sestavit mapu snadno, rychle a přesně, bez nutnosti uchování kompletních mapových projektů v konkrétním programovém prostředí – postačí dostupnost identických prostorových dat [5].

Nutno podotknout, že mnohdy je autorem nové mapy jiná osoba než ta, která stála u zrodu první verze mapy. O to více je důležité postihnout všechny aspekty použitého znakového klíče a konkrétní formy kartografického zpracování.

Uložení v podobě pracovních projektů, které jsou vázány na konkrétní softwarové řešení a jejich funkcionality je tak do značné míry ovlivněna i dalším vývojem technologií, není dostatečné.

2. Formalizovaný způsob zápisu vizualizace dat GIS – MDVR

Zkratkou MDVR (Map Data Visualization Record) se rozumí formalizovaný zápis použitých datových vrstev a jejich parametrů při sestavení mapy a specifikace parametrů všech použitých metod kartografického vyjádření (konkretizace bodových, liniových i plošných znaků a jejich popisu). MDVR jednoznačně odpovídá na otázku, jak byla použita data vizualizovaná do podoby výsledné mapy.

Strukturu MDVR tvoří datové položky a kartografické položky. K datovým položkám patří charakteristika datové vrstvy, zdroj dat, úroveň a způsob generalizace (pokud byla na originálních prostorových datech provedena), konkretizace využitých geoprvků a rozlišovací atributy pro kartografické znázornění. Mezi kartografické položky patří především vymezení znaků, jejich parametrů a taktéž parametry popisu těchto znaků.

Položky MDVR jednoznačně popisují fakta nezbytná pro opětovné vytvoření mapy, která bude totožná s mapou původní. Rozbor jednotlivých položek MDVR je obsažen v **tab. 1**.

MDVR obsahuje informace pouze o mapovém poli. Ostatní základní ani nadstavbové kompoziční prvky (definované podle [6]) nejsou v MDVR popsány, stejně jako informace o kompozici, technologii tisku, autorství mapy ani o výrobních a ekonomických aspektech, protože toto nejsou údaje nezbytné pro znovusestavení mapy. Nicméně tyto informace lze zapisovat podobným způsobem jako položky datového modelu mapy.

Je otázkou, jak zaznamenat odlišnosti datové reprezentace (digitální model reality) od digitálního kartografického modelu, které lze řešit například pomocí kartogra-

Tab. 1 Položky datového modelu

| Položka | | Charakteristika položky |
|-----------------------|----------------------|--|
| Datové položky | Vrstva | Název tématu – formulace, která je použita v legendě pro označení kartografického znaku. Označení vrstvy geografických dat – přesné označení datového zdroje obsahující geometrickou a atributovou (tematickou) složku. |
| | Zdroj dat | Název zdroje dat – místo, kde jsou data uložena nebo odkud je lze stáhnout (nutno dbát na přesné označení i verze dat; při externím uložení dat, např. na DVD, je nezbytné zapsat úplné cesty k datům). Charakteristiky použité datové sady – např. datový formát, měřítko, souřadnicový systém, formát komprimace dat aj. Generalizace – konkrétní postup a nastavení při provedení generalizace dat. |
| | Geoprvek | Geometrická specifikace prvků vrstvy – určení typu geoprvků ve vrstvě (bod, linie, polygon, grid, nepravidelná trojúhelníková síť TIN, label, annotation aj.) popisující vizualizovaný objekt. |
| | Rozlišovací atributy | Vlastnosti objektu pro parametrickou vizualizaci objektu. Označení odpovídajících parametrů z atributové tabulky geografických dat, na základě kterých je provedena vizualizace vrstvy. |
| Kartografické položky | Znak | Grafické vyobrazení znaku ve finální podobě. |
| | Parametry znaku | Specifikace vizuálních proměnných všech grafémů znaku – uvádějí se všechny parametry ve stanoveném pořadí (odlišné pro bodové, liniové a plošné znaky). |
| | Parametry popisu | Specifikace vizuálních proměnných použitého popisu – uvádějí se všechny parametry ve stanoveném pořadí. |

fických reprezentací [7]. Obzvláště důležité je nasazení MDVR při tvorbě atlasových děl [8].

Příkladem potřeby vytvoření MDVR pro reprint původního kartografického díla je použití mapy Quittovy klasifikace klimatických oblastí z roku 1975 [9] na mapě Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta [10]. Samotná mapa byla naskenována a po grafických úpravách pouze přetisknuta. Bylo však nezbytné vytvořit k mapě odpovídající znakový klíč a z něho legendu mapy, což se ukázalo jako nelehký úkol. Části naskenované mapy měly různé odstíny, byť se jevíly jako identické. Proto bylo důležité vybrat přesný odstín pro vyjádření v legendě. Hodnoty barev byly získány z pdf obrazu mapy (obr. 1). Správnost odvozených barev je však značně diskutabilní. Pokud by byl k mapě sestaven MDVR, bylo by nyní možné mapu opětovně vytvořit v původních barevných odstínech.

Rozdíl mezi měřeními v mapě na různých místech je v barevném modelu CMYK až 10 jednotek (10 % změny krytí danou výtažkovou barvou). Tento rozdíl je pro realizaci mapy zcela nepřijatelný, proto byly výsledné barvy využity v legendě srovnány s původní mapou opticky. Na základě tohoto srovnání byl vybrán nevhodnější barevný odstín pro každý plošný znak. Autoři si uvědomují, že tento postup není z hlediska předtiskové přípravy zcela korektní. Nutno však podotknout, že i při odvození barev z naskenované původní mapy nemusí zaručeně vést k hodnotám barev specifikovaných v datovém modelu. Důvodem může být použitý papír, blednutí barev aj.

2.1 MDVR kartografického díla „Dopravní dostupnost Prahy“

Sestavený koncept MDVR byl aplikován při tvorbě mapy „Dopravní dostupnost Prahy: časová dostupnost v silniční

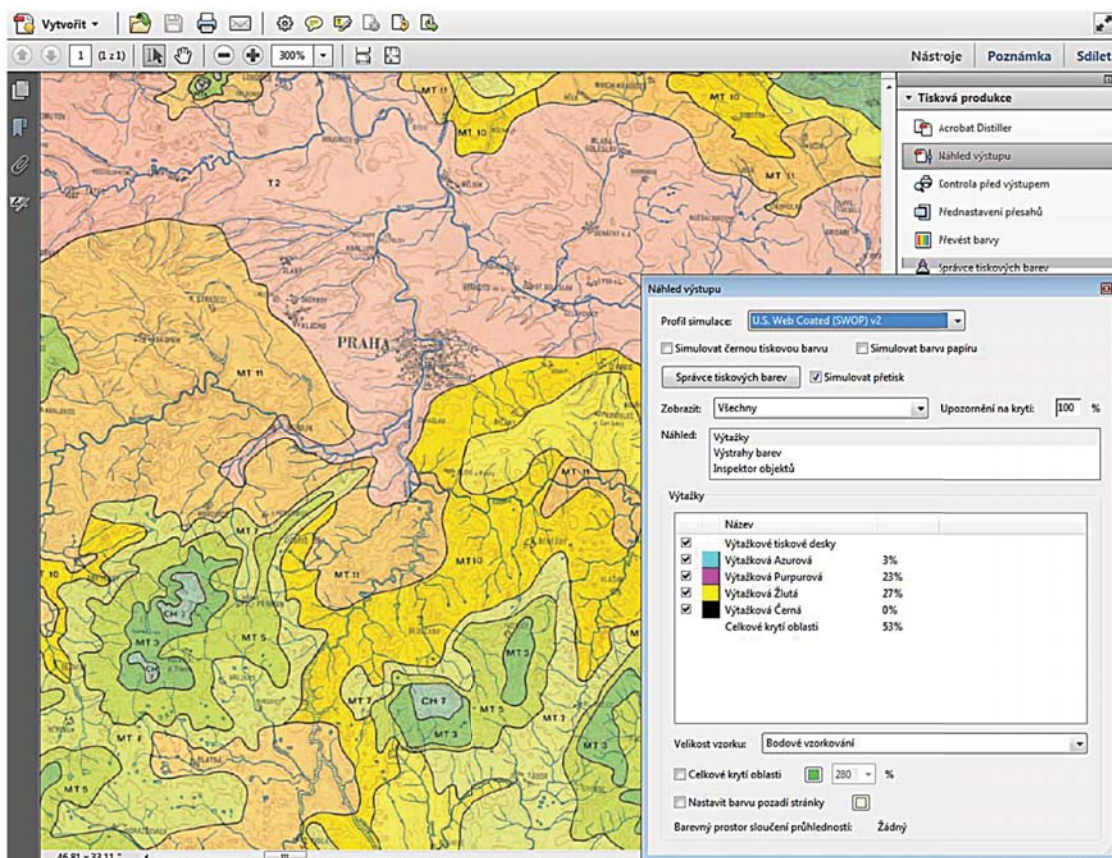
a železniční síti v roce 2012“ (obr. 2) v rámci edice M.A.P.S. vydávané na Univerzitě Palackého v Olomouci [11].

Realizace MDVR by měla provázet tvorbu každé mapy i realizaci tiskových výstupů, tedy předtiskovou přípravu. V datovém modelu mapy jsou specifikovány všechny podrobnosti o použitých datových vrstvách, v doprovodném textu mohou být i další informace, např. způsob generalizace datové vrstvy, její úpravy (např. zjednodušení průběhu hranic nebo agregace malých ploch), využití konkrétních nástrojů k úpravám datové vrstvy apod. V MDVR je dále konkrétně specifikován geoprvek, který je vizualizován, a to jak v podobě výpisu charakteristik (obr. 3), tak v podobě výpisu atributů (identifikátorů) v použité datové vrstvě. První způsob je využitelný při zpracování mapy z nových datových vrstev, druhý způsob při využití původních dat.

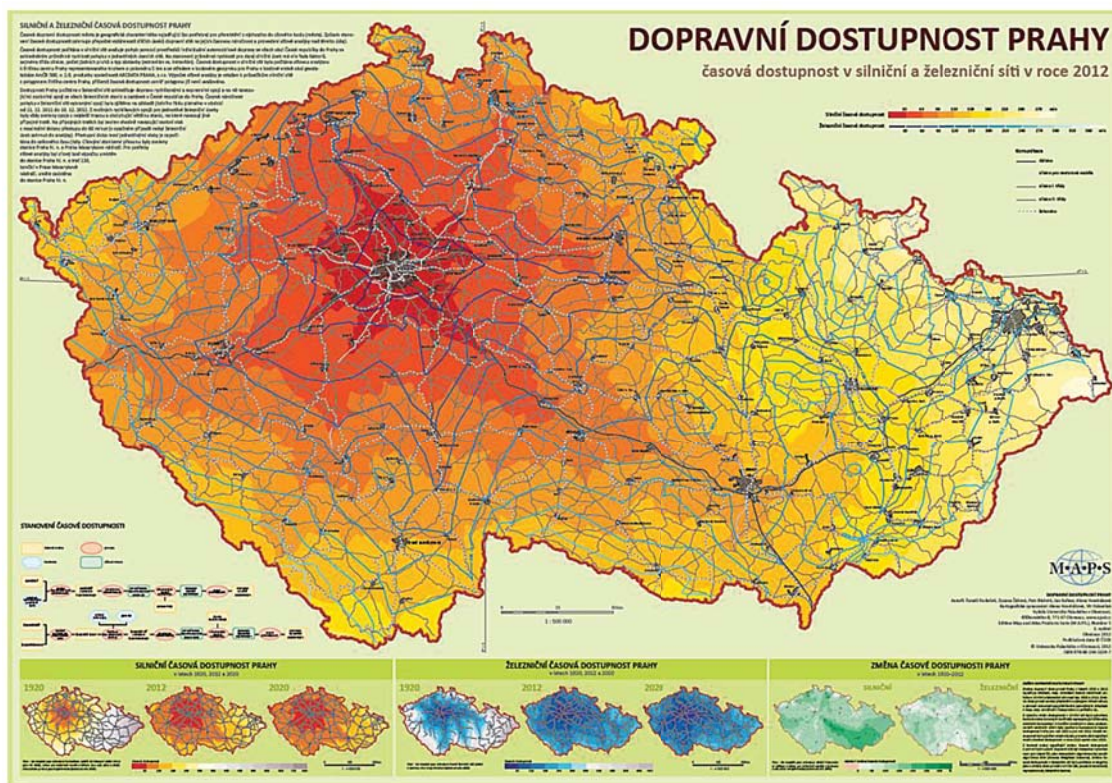
V kartografické praxi je důležité uchovat tyto informace nejenom jako součást mapy, ale i odděleně od datových podkladů, které mohou být vlivem času poškozené, ztracené nebo jinak znehodnocené. Jasné vymezení použitých znaků, metod a prostředků umožňuje opětovnou realizaci mapy.

MDVR znázorněný na obr. 3 je v podrobnější verzi doplněn o konkrétní charakteristiku rozlišovacích atributů geoprvků, a to s ohledem na konkrétní datovou vrstvu (např. použití identifikátoru, způsob výběru geoprvků z dané datové vrstvy apod.). Tyto informace je vhodné uchovat společně s původními datovými vrstvami.

Částečně by mohl být MDVR nahrazen metadatovými záznamy. Například norma ISO 19115 definuje schéma potřebné pro popis geografických informací a služeb a jeho použití poskytuje informace o identifikaci, rozsahu, kvalitě, prostorovém a časovém schématu, územním rozhodnutí a distribuci digitálních geografických dat. Metody pro vizualizaci jsou však jen volitelným obsahem těchto zá-



Obr. 1 Získávání specifikace použitých barev pro vytvoření odpovídající legendy z pdf obrazu na příkladu mapy Klimatické oblasti Československa [9]



Obr. 2 Analogová mapa Dopravní dostupnost Prahy sestavená nad daty GIS (kartografické zpracování A. Vondráková v [11])

| Vrstva | Zdroj dat | Geoprvek | Rozlišovací atribut | Znak * | Parametry znaku | Parametry popisu ** | |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------|---|------------------------------|-----------------|---|--|
| silniční časová dostupnost | upraveno z data200 | polygon | časová dostupnost Prahy na základě klasifikace silniční sítě v intervalu 30 minut | časová dostupnost | | krytí 100 % | - |
| | | | | do 30 minut | | CMYK (10, 100, 100, 0) | |
| | | | | 31–60 minut | | CMYK (0, 80, 100, 0) | |
| | | | | 61–90 minut | | CMYK (0, 60, 100, 0) | |
| | | | | 91–120 minut | | CMYK (0, 40, 100, 0) | |
| | | | | 121–150 minut | | CMYK (0, 20, 100, 0) | |
| | | | | 151–180 minut | | CMYK (0, 5, 100, 0) | |
| | | | | 181–210 minut | | CMYK (0, 0, 80, 0) | |
| | | | | 211–240 minut | | CMYK (0, 0, 60, 0) | |
| | | | | 241–270 minut | | CMYK (0, 0, 40, 0) | |
| 271 a více minut | | CMYK (0, 0, 20, 0) | | | | | |
| železniční časová dostupnost | upraveno z data200 | linie | časová dostupnost Prahy na základě klasifikace železniční sítě v intervalu 30 minut | časová dostupnost | | šířka linie: 3 pt | Calibri, tučné, 12 pt, CMYK dle barvy intervalu |
| | | | | do 30 minut | | CMYK (100, 100, 0, 0) | |
| | | | | 31–60 minut | | CMYK (100, 85, 0, 0) | |
| | | | | 61–90 minut | | CMYK (100, 70, 0, 0) | |
| | | | | 91–120 minut | | CMYK (100, 55, 0, 0) | |
| | | | | 121–150 minut | | CMYK (100, 40, 0, 0) | |
| | | | | 151–180 minut | | CMYK (90, 25, 0, 0) | |
| | | | | 181–210 minut | | CMYK (85, 10, 0, 0) | |
| | | | | 211–240 minut | | CMYK (80, 0, 0, 0) | |
| | | | | 241–270 minut | | CMYK (65, 0, 0, 0) | |
| | | | | 271–300 minut | | CMYK (50, 0, 0, 0) | |
| | | | | 301–330 minut | | CMYK (35, 0, 0, 0) | |
| | | | | 331–360 minut | | CMYK (20, 0, 0, 0) | |
| 360 a více minut | | CMYK (5, 0, 0, 0) | | | | | |
| komunikace | upraveno z různých datových zdrojů | linie | typ / úroveň komunikace | dálnice | | šířka linie: 3 pt CMYK (0, 0, 0, 10) šířka hraničních linií a střední dělicí linie: 0,5 pt CMYK (0, 0, 0, 100) | - |
| | | | | silnice pro motorová vozidla | | šířka linie: 1,5 pt CMYK (0, 0, 0, 10) šířka hraničních linií: 0,4 pt CMYK (0, 0, 0, 100) | - |
| | | | | silnice I. třídy | | šířka linie: 1 pt CMYK (0, 0, 0, 70) | - |
| | | | | silnice II. třídy | | šířka linie: 0,4 pt CMYK (0, 0, 0, 70) | - |
| | | | | železnice | | šířka linie: 2,5 pt CMYK (0, 0, 0, 70) šířka přeruš. linie: 1,5 pt CMYK (0, 0, 0, 10) přerušování po 0,8 mm | - |
| administrativní hranice | data200 | linie | úroveň hranice | státní | | šířka linie: 1 pt šířka plochy šrafy: 2 mm CMYK (35, 100, 100, 0) | - |
| sídla | data200 | polygon | počet obyvatel > 5 000 obyvatel a klasifikace významu z hlediska dopravní dostupnosti | hlavní město | | obrys 0,6 pt CMYK (0, 0, 0, 100) šířka linie šrafy 0,5 pt CMYK (0, 0, 0, 100) | Calibri, tučné verz., 14 pt CMYK (0, 0, 0, 100) |
| | | | | krajské město | | | Calibri, tučné verz., 11 pt CMYK (0, 0, 0, 100) |
| | | | | ostatní sídla | | | Calibri, základní, 9 pt CMYK (0, 0, 0, 100) |

* znaky v mapě jsou provedeny barevně, specifikace barev je uvedena v kódu CMYK, ** parametry popisu jsou uvedeny v pořadí rodina písma, řez, velikost, barva

Obr. 3 Příklad datového modelu mapy Dopravní dostupnost Prahy – datový model pro hlavní mapu, (kartografické zpracování A. Vondráková v [11])

znamů. Další standardy, které specifikují řadu vizualizačních aspektů, zavádí například OGC (Open Geospatial Consortium) formou prováděcích norem (specifikace výměnného formátu pro Geographic Markup Language, služeb Web Map Service Interface a Web Feature Service a další). V otázce metadat je významná také iniciativa Evropské komise INSPIRE, která však nespecifikuje nic tak konkrétního jako je navržený MDVR.

3. Závěr

MDVR je příležitostí kvalitně zabezpečit archivaci všech datových a kartografických náležitostí tvorby mapy, konkrétně mapového pole. Autoři si uvědomují, že znovusestavení mapy do identické podoby se neobejde bez systematické archivace datových souborů [12]. Avšak i bez původního projektu v konkrétním programovém prostředí je díky podrobnému zápisu v podobě MDVR znovuvytvoření mapy možné spolehlivě z uchovaných datových sad (databází apod.) mapu sestavit.

Autoři myšlenku MDVR mapy nadále rozvíjejí a po úplném vymezení všech nezbytných požadavků a aspektů MDVR budou další výzkum směřovat k softwarovému zabezpečení odvození MDVR konkrétní mapy po jejím sestavení v prostředí vybraných programových produktů GIS. Snahou bude vyvinout volně přístupné interaktivní řešení [13].

LITERATURA:

- [1] VOŽENÍLEK, V.: Cartography for GIS – Geovisualization and Map Communication. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2005. 142 s. ISBN 80-244-1047-8.
- [2] DVORSKÝ, J.-SNÁŠEL, V.-VOŽENÍLEK, V.: On Maps Comparison Methods. In: International Conference on Computer Information Systems and Industrial

- Management Applications (CISIM) 2010. Krakow, Poland, October 8-10, 2010. Art. No. 5643513, pp. 557-562.
- [3] TUČEK, P.-PÁSZTO, V.-VOŽENÍLEK, V.: Použití entropie při studiu nestejnoro-
dosti geografických jevů. Geografie – Sborník ČGS, 114, 2009, č. 2, s. 117-129.
- [4] VOŽENÍLEK, V.-DVORSKÝ, J.-HÚSEK, D. (eds): Metody umělé inteligence
v geoinformatice. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2011. 192 s.
ISBN 978-80-244-2945-8.
- [5] VOŽENÍLEK, V.: Dilemma in Updating of Reality Presentation: Redraw Maps
or Rebuild Database? Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas
Rerum Naturalium, Geographica, 37, 2002, s. 97-101.
- [6] VOŽENÍLEK, V.-KAŇOK, J. aj.: Metody tematické kartografie – vizualizace
prostorových jevů. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2011. 216 s.
ISBN 978-80-244-2790-4.
- [7] BĚLKA, L.-VOŽENÍLEK, V.: Interaktivní propojení DLM a DCM s využitím
kartografických reprezentací v ArcGIS. Geodetický a kartografický obzor,
55/97, 2009, č. 9, s. 220-226.
- [8] KOZÁKOVÁ, M.-VOŽENÍLEK, V.-JANČÍK, M.-AZZANI, A.: Datový tok v rámci atlaso-
vého projektu. Geodetický a kartografický obzor, 53/95, 2007, č. 7-8, s. 161-164.
- [9] QUITT, E.: Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica, sv. 16. Brno,
Geografický ústav ČSAV 1971. 73 s.
- [10] KVĚTOŇ, V.-VOŽENÍLEK, V.: Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta.
Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2011. 20 s. Edice M.A.P.S., č. 3.
ISBN 978-80-244-2813-0.
- [11] HUDEČEK, T.-ŽÁKOVÁ, Z.-BLAHNÍK, P.-KUFNER, J.-VONDRAKOVÁ, A.: Do-
pravní dostupnost Prahy: časová dostupnost v silniční a železniční síti v roce
2012. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2012. 20 s. Edice M.A.P.S.,
č. 5. ISBN 978-80-244-3239-7.
- [12] VOŽENÍLEK, V.: Geoinformatická gramotnost: nezbytnost nebo nesmysl?
Geografie – Sborník ČGS, 107, 2002, č. 4, s. 371-382.
- [13] DOSTÁL, R.-VOŽENÍLEK, V.: Interaktivita v kartografii. Geodetický a karto-
grafický obzor, 57/99, 2011, č. 5, s. 107-113.

Do redakce došlo: 7. 3. 2013

Lektoroval:
doc. RNDr. Petr Kubíček, CSc.,
MU Brno

Nové zpracování výškopisu základních map České republiky

Mgr. Iveta Skalická,
Zeměměřický úřad,
Praha

Abstrakt

Změny ve zpracování výškopisu základních map České republiky (ČR), které jsou vyhotovovány Zeměměřickým úřadem. Zpracování navazuje na tvorbu nového výškopisu ČR metodou leteckého laserového skenování (LLS). Data LLS představují doposud výškově nejpřesnější informaci o zemském povrchu v rozsahu území ČR, umožňují oprostit se od starých metod a využít zcela nových možností. Reakcí na nová data jsou moderní metody zpracování s cílem vytvoření modelu kartografických vrstevnic základních map ČR s odpovídající výškovou a polohovou přesností.

New Altimetry Creation of the Base Maps of the Czech Republic

Summary

The changes in altimetry creation of the Base maps of the Czech Republic (CR), being produced by the Land Survey Office. The creation follows the new CR altimetry elaboration using the Airborne Laser Scanning (ALS). ALS data constitutes high-accurate information about the land surface within the territory of the CR. This data allows to get rid of the old methods and take the advantage of completely new opportunities. Advanced processing methods aiming to creation of the new cartographic contour line model of the Base maps of the CR with corresponding height and positional accuracy are the response to this new data.

Keywords: airborne laser scanning, altimetry, digital terrain model, DMR 5G

1. Úvod

V současné době prochází odvětví kartografie a geoinformatiky významným rozvojem. Od čisté kartografie přecházíme ke komplexnímu informačnímu systému geoprostorových dat. Vedle názorného kartografického zobrazení geografických prvků je zde úsilí získat databázi obsahující přesná výškopisná data tvořící základ pro prostorové analýzy. K získávání prostorových dat o území České republiky (ČR) se využívá vedle tradičních technik (fotogrammetrie, topografické mapování, letecké snímkování) moderní technologie – letecké laserové skenování (LLS). Je to jedna z metod dálkového průzkumu Země umožňující získat podrobná bodová výšková data s vysokou přesností v rozsahu území ČR v relativně krátkém časovém úseku. Metoda LLS je výrazně rychlejší a efektivnější než pozemní měření a při jejím využití v základních mapách (ZM) ČR lze očekávat významný dopad na zobrazení kartografických vrstevnic a všech geografických prvků úzce souvisejících s průběhem terénu. Je zřejmé, že metoda LLS přináší revoluci v zobrazení výškopisných dat, zjištění průběhu reliéfu a nalezení významných prvků reliéfu, jejichž zjišťování by bylo pozemním šetřením velmi nákladné a časově náročné.

Data LLS představují vysoce přesná výšková data. Jejich podrobnost je však pro účely vyjádření výškopisu v ZM ČR enormní a je nezbytné vhodným způsobem digitální model reliéfu (DMR) generalizovat a z něj vygenerovat již vyhlazené vrstevnice. Problematikou generalizace geoprostorových informací spravovaných v základních vektorových databázích se čeští kartografové zabývají již dlouhá léta. Generalizace výškopisu, který je součástí ZM ČR středních měřítek, však byla jen omezeně předmětem vědeckého zájmu. Výškopis ZM byl vyřešen již v minulém století a aktualizace základních výškopisných dat neměla na změny výškopisu v mapách středních měřítek zásadní vliv. V současné době však s ohledem na tvorbu zcela nového výškopisu ČR vzniká potřeba řešit jeho nové zobrazení i v mapách středních měřítek, zejména měřítek 1 : 10 000 a 1 : 25 000.

2. Vývoj znázornění výškopisu v ZM středních měřítek

ZM středních měřítek představují významnou součást státního mapového díla. Soubor tvoří ZM ČR v měřítkách 1 : 10 000 (ZM 10), 1 : 25 000 (ZM 25), 1 : 50 000 (ZM 50), 1 : 100 000 (ZM 100) a 1 : 200 000. Tyto mapy mají topografický charakter, obsahují polohopis, výškopis a popis. Zpracovány jsou v jednotném kladu mapových listů, speciálně navrženém pro účel jejich tvorby s ohledem na optimální pokrytí území mapovými listy. ZM v měřítkách 1 : 10 000 až 1 : 100 000 jsou dokončeny pro celé území ČR digitálními technologiemi na podkladě dat ZABAGED® (Základní báze geografických dat) a Geonames (databáze geografických jmen ČR) a v současnosti probíhá jejich aktualizace [1].

Požadavek na tvorbu ZM ČR vycházel z usnesení konference geodetických služeb socialistických států v roce 1965, kde byl formulován požadavek na omezení používání map vyhotovených v souřadnicových systémech S-52 a S-42 mimo armádu. To se odrazilo ve vládním usnesení č. 327 z roku 1968 „o používání souřadnicových systémů a geodetických a kartografických materiálů na území ČSSR“, podle kterého se musela vytvořit nová soustava polohové nedeformovaných, ale obsahově chudších map oproti vojenským topografickým mapám. Tyto mapy se pak použí-

valy pro účely národního hospodářství, státní správy, vzdělávání a pro plánovací projekční činnosti [2].

Nejpodrobnějším a velmi významným souborem map je ZM 10, která je mapou odvozenou. Obsah ZM 10 byl vytvořen na základě obsahu topografické mapy 1 : 10 000 (TM 10), která se fotomechanicky převedla do jiného kladu mapových listů. Při tvorbě ZM 10 neprobíhalo nové mapování, vyjma míst s velkým množstvím změn. Polohopisný popis ZM 10 byl oproti TM 10 zredukován. Výškopis byl převzat prakticky beze změn v podobě vrstevnic a výškových kót z TM 10. Číselný geodetický výškopisný základ tvořila Československá jednotná nivelační síť (ČSJNS). Výškový systém baltský – po vyrovnání (Bpv) zůstal stejný jako u TM 10 [2].

Během let 1994 a 1995 byla převedena ZM 10 na celém území do rastrové podoby a nechala tak vzniknout rastrové reprezentaci ZM 10 ČR. Převodem rastrových dat poloautomatizovanou vektorizací vznikl v letech 1994 až 2000 vektorový topologicky čistý topografický model [2]. Touto digitalizací vrstevnic ZM 10 vznikla výškopisná část ZABAGED®, která procházela v dalších letech postupnou aktualizací. V letech 2005 až 2009 proběhla celoplošná kontrola a aktualizace těchto dat fotogrammetrickými metodami a doplněny byly vybrané terénní hrany.

Přesnost určení výšky současných vrstevnic je závislá na sklonu a členitosti terénu a dosahuje 0,7-1,5 m v odkrytém terénu, 1-2 m v sídlech a 2-5 m v zalesněném terénu [1]. Aktualizací v letech 2005 až 2009 byl minimalizován výskyt hrubých chyb a došlo k doplnění výškopisných dat v prostoru terénních stupňů a dalších míst, kde byly v ZM 10 vrstevnice záměrně vynechávány. V roce 2009 byl v rozsahu celého území ČR dokončen odvozený DMR v podobě pravidelné mříže (10 x 10 m) trojrozměrně vedených bodů [1].

Výškopis je na mapě ZM 10 znázorněn graficky vrstevnicemi o základním intervalu 2 m, případně 1 m nebo 5 m. Volba základního intervalu závisela na typu terénu – v rovinném terénu se použily vrstevnice s intervalem 1 m a v horském terénu 5 m. Výšky charakteristických bodů terénu jsou znázorněny číselným údajem (výškovou kótou). Číselným výškopisným podkladem byly nadmořské výšky bodů ČSJNS, Československé trigonometrické sítě a nadmořské výšky pevných bodů podrobného polohového bodového pole 1. třídy přesnosti [3] v Bpv.

3. Nový výškopis v ZM středních měřítek

S novými technologiemi a daty přicházejí změny ve zpracování výškopisu ZM ČR, které jsou vyhotovovány Zeměměřickým úřadem (ZÚ). Nové zpracování výškopisu navazuje na získání dat metodou LLS.

3.1 LLS výškopisu ČR

Sběr dat LLS byl zahájen v roce 2009 ve spolupráci Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany ČR a Ministerstva zemědělství ČR. Na začátku roku 2013 data LLS pokrývala 2/3 území státu. LLS umožňuje získat výškovou a polohovou informaci v podobě mračna bodů dosahujícího hustoty větší než 1,3 bodu/m². Dokončení procesu sběru dat je předpokládáno do konce roku 2013.

LLS výškopisu ČR je realizováno skenovacím systémem LiteMapper 6800 firmy IGI s využitím leteckého laserového skeneru Riegl LMS Q680. Parametry skenování jsou voleny

tak, aby bylo dosaženo pokrytí cca 1,5 bodu/m². Tomu odpovídá skenování z výšky cca 1 200 m nad střední rovinnou terénu s překrytím skenovaných pásů cca 50 %. Surová data jsou dále zpracovávána v postprocessingu softwarem RiPROCESS, RiWORLD a RiANALYZE firmy Riegl. Pro následné zpracování georeferencovaných výškopisných dat a ke tvorbě výsledných produktů jsou používány technologie SCOP++ a DTMaster firmy INPHO (dnes součást Trimble). Pro finální vyhlazování DMR 5. generace jsou dále používány nástroje systému Atlas DMT z produkce české firmy Atlas, s. r. o. [4].

Základními výslednými produkty jsou:

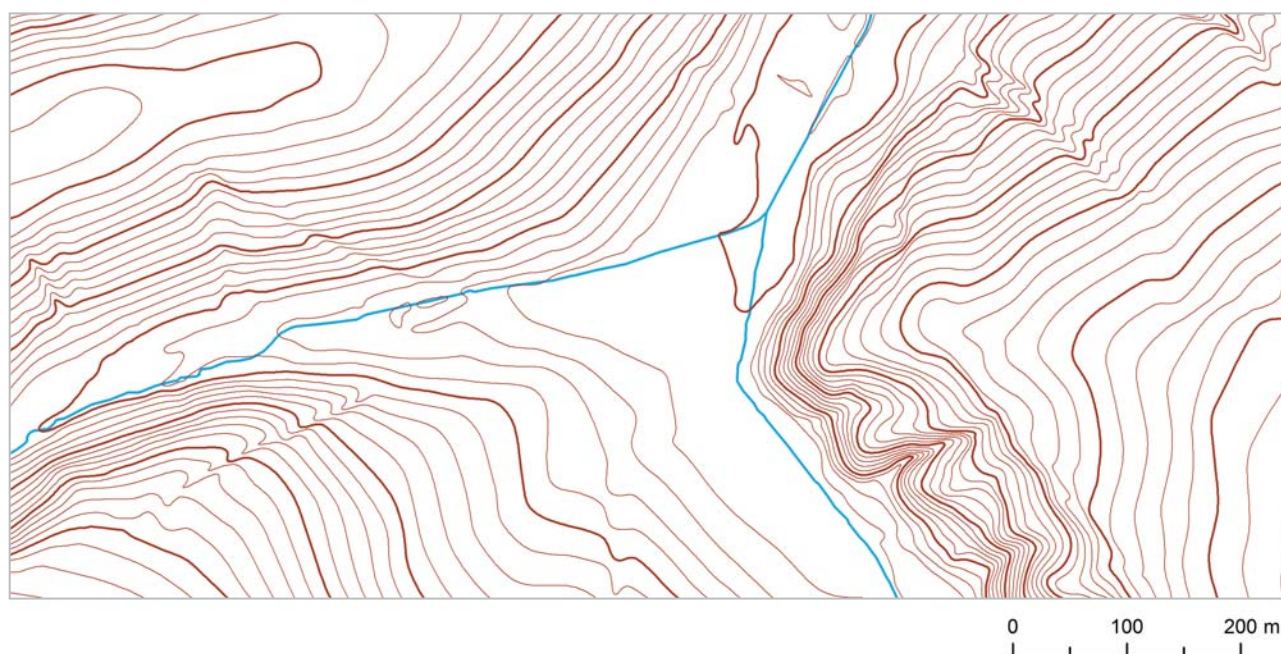
- **DMR území ČR 4. generace (DMR 4G)** – model složený z bodů pravidelného rozmístění (grid) 5 × 5 m se střední chybou výšky $\sigma_z = 0,30$ m v odkrytém terénu a $\sigma_z = 1,00$ m v zalesněném terénu. Tento model je vytvářen po částech území ČR. Jeho vytvoření pro celé území ČR je předpokládáno do konce roku 2013. DMR 4G je primárně vytvářen pro účely ortogonalizace leteckých měřických snímků při tvorbě Ortofota ČR. Byl také využit pro vytvoření nové veřejné prohlížečské služby pro stínovaný model reliéfu ČR.
- **DMR území ČR 5. generace (DMR 5G)** – model složený z výšek diskretních bodů [X, Y, h] v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN – Triangular Irregular Network) v Bpv. V současnosti model představuje výškově nejpresnější data pokrývající území ČR, úplná střední chyba výšky je $\sigma_z = 0,18$ m v odkrytém terénu a 0,30 m v zalesněném a členitějším terénu. Model je určen k nejnáročnějším aplikacím v oblasti vodohospodářství, v územním plánování i ve stavebnictví. Je také základní zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic ZM ČR.
- **Digitální model povrchu území ČR 1. generace (DMP 1G)** – model povrchu (včetně staveb a vegetace) tvořený výškami diskretních bodů [X, Y, h] v TIN v Bpv. Model je určen zejména k počítačovým analýzám viditelnosti a dalším analýzám v oblasti krizového řízení a obrany státu.

3.2 Tvorba nových kartografických vrstevnic pro ZM ČR středních měřítek

Pořízení velkého objemu doposud nejpřesnějších výškových dat v krátkém časovém intervalu ve spojení s poměrně vysokým stupněm automatizace jejich zpracování při vytváření DMR umožňuje tvorbu nových kartografických vrstevnic postupně pro celé území ČR. Díky velké hustotě bodů jsou data použitelná pro získání informací o objektech relativně malých rozměrů a umožňují získat detaily o tvarech terénu, které by z časových a ekonomických důvodů nebylo možné realizovat pomocí terénního šetření či fotogrammetrie. Znázornění výškopisu ZM ČR středních měřítek požaduje topologicky korektní generalizaci vrstevnic a vhodnou reprezentaci souvisejících geografických prvků v závislosti na měřítku mapy.

V oblasti geografických informačních systémů lze nalézt mnoho algoritmů určených pro generalizaci vrstevnic, resp. linií. Avšak využití těchto algoritmů skrývá mnoho úskalí v podobě výskytu topologických chyb (např. křížení vrstevnic) a ztráty často důležitých informací o průběhu povrchu terénu. Aby bylo možné využít potenciálu dat LLS, je nutné použít vhodnou generalizaci zachovávající topologii. Toho je docíleno generalizací DMR 5G s vložením předpisu povinných spojnic. Pro účely topologicky správného modelu byly využity lomové hrany, které představují spojnice, nad kterými při vytváření hladké plochy nedochází ve směru kolmém na spojnici k vyhlazení, ve směru podélném se ovšem DMR vyhlazuje [3]. Vložením prostorové informace o povinných spojnicích (vodní toky, břehové linie, terénní hrany) do DMR předcházíme nežádoucímu vyhlazování náhlých terénních zlomů a zachováme správný průběh terénu v oblastech údolí a říčních koryt. Bez použití této metody dochází při generalizaci DMR k častému výskytu topologických chyb – např. několika-násobnému protnutí vrstevnice vodním tokem (obr. 1).

ZÚ proto zahájil v roce 2012 digitalizaci významných bodů a terénních čar ve 3D s využitím stereofotogram-



Obr. 1 Výskyt topologických chyb při generalizaci DMR bez použití povinných spojnic – vrstevnice nerespektují průběh vodního toku

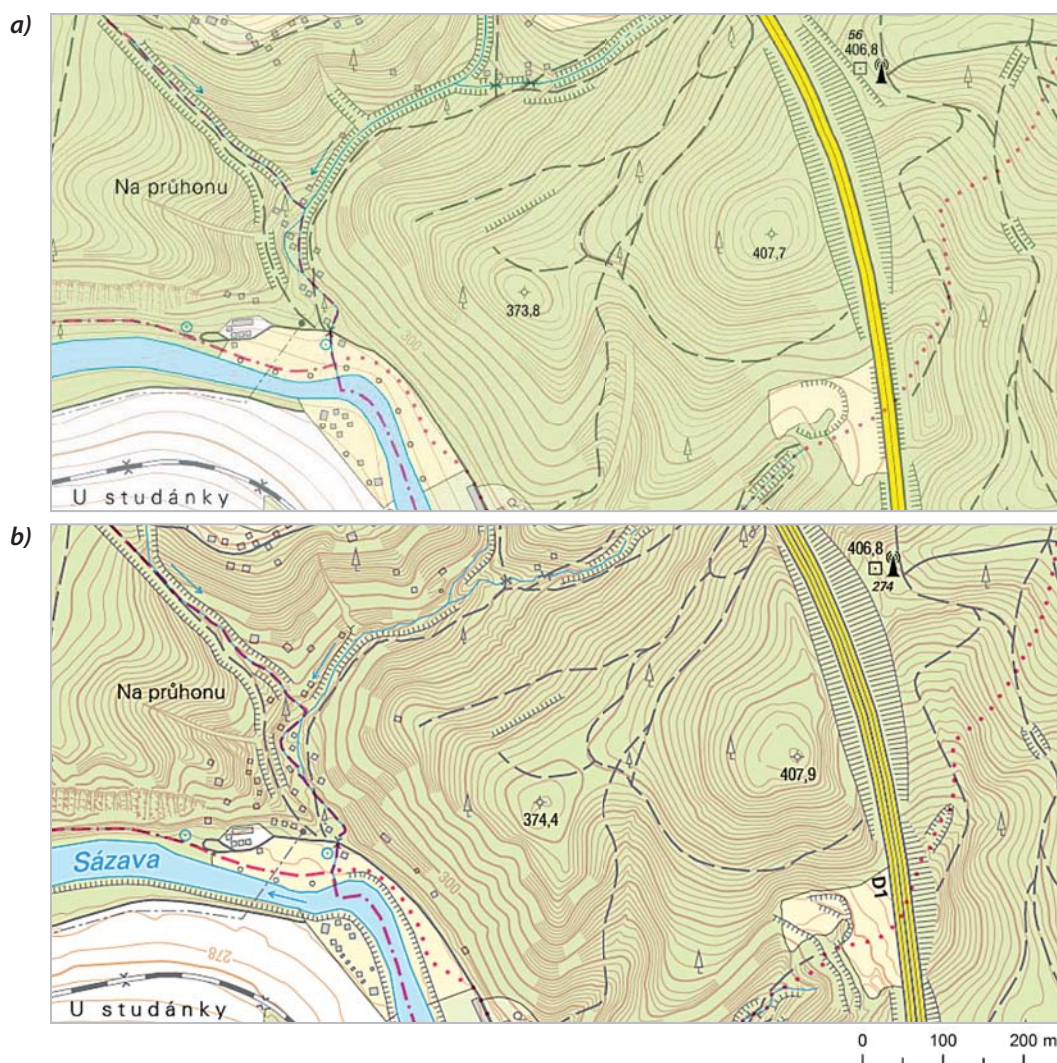
metrie na podkladě DMR 5G a leteckých měřických snímků. K řešení užívá speciální technologie softwarů Topol a Atlas, jejichž kombinací dochází k superpozici obrazů stereomodelu s daty DMR 5G. Dále v prostředí aplikačního programového vybavení ZABAGED® bylo zahájeno zpřesnění geometrických poloh os vodních toků a břehových čar a prvků na nich ležících na podkladě stínovaného modelu reliéfu a vygenerovaných vrstevnic (vyhotovených na podkladě DMR 5G), případně s využitím topografických šetření. Zpřesněné prvky terénu umožňují generalizaci DMR se zachováním významných terénních prvků a tvarů. Tyto prvky jsou vkládány v podobě předpisu povinných spojnic do DMR, který je vyhlazován v prostředí softwaru Atlas DMT.

Software Atlas DMT, určený pro práci s výškovými modely, umožňuje zpracovávat výškopisná data v ASCII formátu [X, Y, h]. Tento software je schopen generalizovat DMR se započítáním výškové a prostorové limitní odchylky se zachováním topologie včetně vztahů k povinným spojnicím (lomovým hranám). Při testování je kladen důraz na dodržení maximální výškové chyby modelu, polohovou přesnost a míru generalizace vrstevnic. K větším výškovým odchylkám dochází v generalizovaném modelu zpravidla pouze ve velmi členitých oblastech, v místech náhlých změn průběhu terénu (např. terénní stupně, rokle apod.).

Proces generalizace DMR provádíme v několika cyklech s ohledem na požadovanou míru generalizace a dodržení limitních hodnot. S rostoucím počtem cyklů dochází ovšem nejen k vyšší míře generalizace DMR, ale i ke zvýšení odchylek vrstevnic od průběhu DMR 5G.

Po generalizaci DMR se započtením povinných spojnic je proveden výpočet vrstevnic na vyhlazeném terénu. Metoda vytvoření hladkých vrstevnic spočívá v rozdělení každého trojúhelníka DMR na určitý počet menších trojúhelníků, jejichž vrcholy leží na hladké ploše modelu. V těchto dílčích trojúhelnících se vypočtou vrstevnice stejně jako u původních trojúhelníků. Jemnost dělení je určena zadáním počtu dílů, na které je rozdělena každá hrana trojúhelníkové sítě. Počet dílčích trojúhelníků v každém trojúhelníku sítě je určen jako druhá mocnina počtu dílků na hranách. Jednotlivé vypočtené úseky se řadí do souvislých linií a výsledné vrstevnice se zapisují do textového souboru ve formátu DXF (Drawing Exchange Format) [4].

Po generalizaci a vyhlazení modelu jsou následně generovány kartografické vrstevnice pro příslušné měřítko mapy. V současné době je předmětem zájmu tvorba vrstevnic především pro ZM 10 a ZM 25. Vrstevnicový model ZM 10 bude tvořen vrstevnicemi po 2 m s doplňkovými vrstevnicemi 1 m v rovinatém území (obr. 2). Základní



Obr. 2 Ukázka původní technologie tvorby výškopisu (a) a technologie tvorby nového výškopisu z dat LLS (b) v části ZM 10

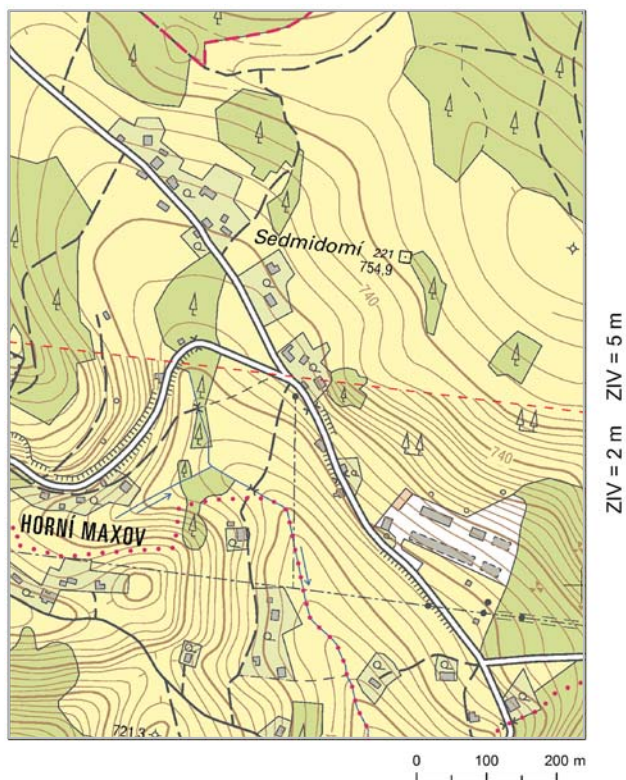
interval vrstevnic (ZIV) ZM 25 zůstává zachován 5 m. V současnosti stále probíhá optimalizace nastavení parametrů generalizace DMR a výpočet vrstevnic ZM 10 a ZM 25.

Pro tvorbu názorného výškopisu je důležité zvolit správný interval vrstevnic. Jak již bylo zmíněno, doposud se problematika různé členitosti a sklonitosti terénu řešila v ZM 10 rozdělením ZIV do 3 základních intervalů (1, 2 a 5 m), které byly jednotné v rámci jednotlivých mapových listů. Ostatní měřítka ZM ČR mají ZIV sjednocen. V současnosti, s příchodem nové technologie, je cílem ZÚ bežešvá ZM ČR. Pro bežešvou ZM ČR je požadován i jednotný výškopis, aby nedocházelo na styčích mapových listů ke konfliktům (náhlé ukončení vrstevnic na rámu, či nenalezení pokračování vrstevnic v sousedním mapovém listu, viz **obr. 3**). Z tohoto důvodu se pro ZM 10 hledal vhodný ZIV jednotný pro celé území ČR. S volbou ZIV 5 m by docházelo ve velké části území k nedostatečnému znázornění výškopisu (snižuje se plastický efekt), v opačném případě se ZIV 1 m se i v menších sklonech vrstevnice již natolik zhustí, že ztěžují čitelnost ostatních prvků mapy a narušuje se prostorová názornost obrazu. Na základě již zmíněných faktů byl zvolen ZIV 2 m pro celou ČR. I při tomto intervalu se však nevyhne nutnosti doplnění vrstevnicového modelu o doplňkové vrstevnice (převážně v nížinách) a řešení problematiky slévání vrstevnic v oblastech s vyšší sklonitostí terénu, která je řešena (polo)automatizovanými postupy.

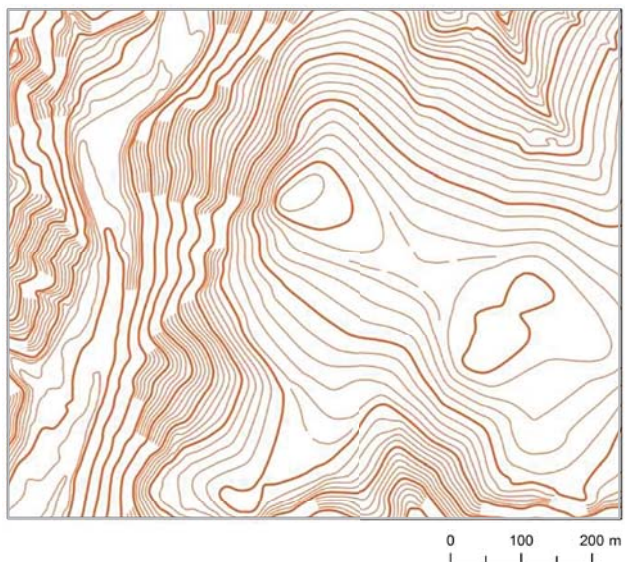
Problematika slévání vrstevnic při vizualizaci je řešena navrženým nástrojem v prostředí ArcGIS. Funkcí nástroje je vyhledávání oblastí s vyšší sklonitostí, kde dochází ke slévání vrstevnic, a vynechání (pouze grafické) základních vrstevnic v dané oblasti (**obr. 4**). Limitní vzdálenost vrstevnic pro jejich zobrazení vychází z tiskařských a reprodukčních technik. Z parametrů tloušťky zdůrazněných vrstevnic (0,30 mm), základních a doplňkových vrstevnic (0,13 mm) a minimální vzdálenosti mezi těmito liniemi pro jejich čitelnost (0,20 mm) vyplývá minimální vzdálenost 1,82 mm mezi osami zdůrazněných vrstevnic. Pokud není minimální vzdálenost dodržena, pak jsou základní vrstevnice na krajích této oblasti rozděleny a je jim přiřazen atribut „invisible“. Minimální délka úseku pro přerušení vrstevnic a zároveň minimální délka úseku ponechaných vrstevnic byla stanovena dle dosavadního užití v ZM ČR na 25 m. Výsledný kartografický vrstevnicový model zůstává spojitý s nastaveným atributem viditelnosti u jednotlivých polylinií vrstevnic [5].

3.3 Stínovaný model reliéfu

Vedle vrstevnic je výškopis v ZM ČR znázorněn stínováním terénního reliéfu. V roce 2012 byl vyhotoven stínovaný terénní reliéf (STR) v rozsahu pásma „Západ“ a „Střed“. STR byl zpracován v prostředí softwaru ArcGIS. Vstupními daty byly body DMR 4G ve formě gridu 5 × 5 m. Data DMR 4G sloužila k výpočtu rastrového výškového digitálního modelu v prostorovém rozlišení 5 × 5 m, který se stal základem pro výpočet STR. Rastr STR je přepočítán na prostorové rozlišení 1,5 × 1,5 m. Pro zpracování STR bylo využito šikmé osvětlení, které je názorné a působí plasticky. Bylo odstoupeno od přirozeného osvětlení ze směru slunečního svitu, kdy může docházet k inverznímu chápání reliéfu, a byl volen směr

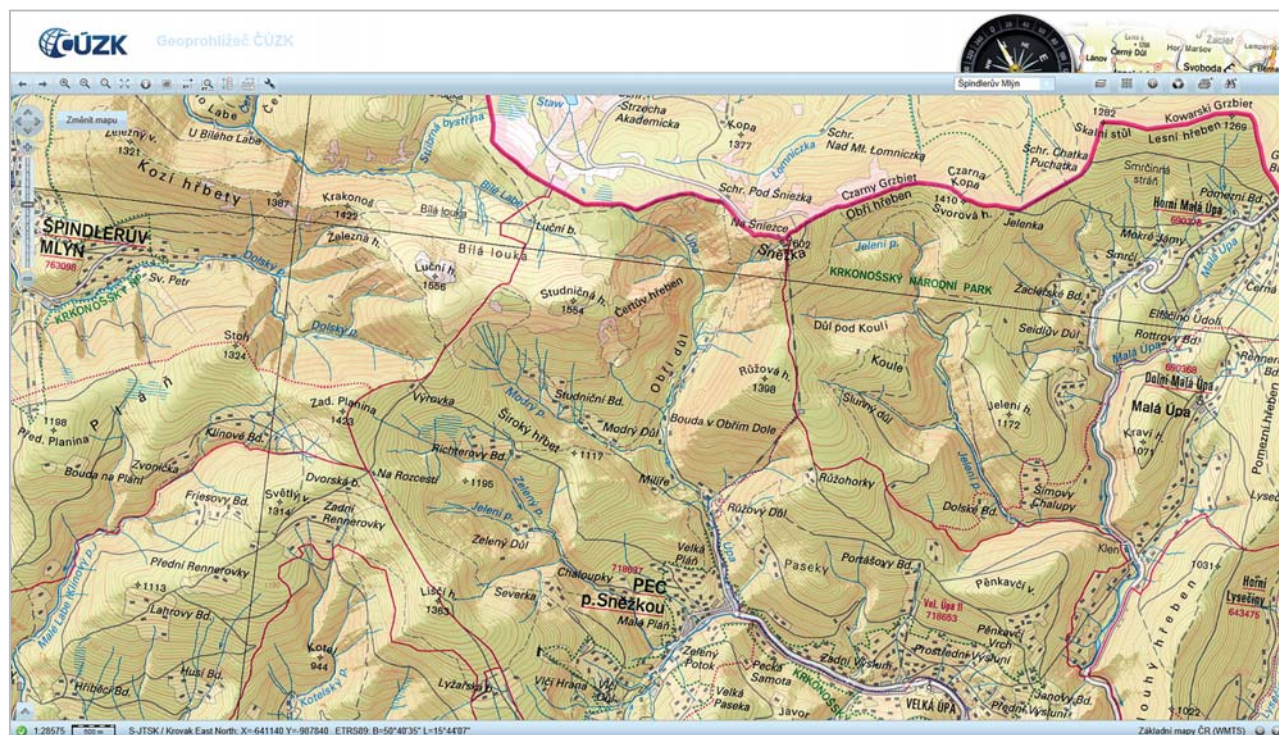


Obr. 3 Bežešvé zobrazení mapových listů s rozdílným ZIV



Obr. 4 Vrstevnice ZM 10 v členitém terénu

osvitu od severozápadu (315°) s výškou zdroje osvětlení 45° [6]. Výsledný rastr STR byl rozseknut dle kladu rastrových čtverců ZM 10 (2 × 2 km) a ořezán dle geometrie linie státních hranic v podrobnosti ZM 10. Výsledné rastrové čtverce jsou začleněny do prohlížečích služeb ZÚ (**obr. 5**).



Obř. 5 Prohlížeč služba Stínovaný model reliéfu na podkladě ZM 10

4. Závěr

Data LLS a odvozené výškové modely nacházejí široké uplatnění v řadě územně orientovaných informačních systémů. Data jsou zpracovávána moderními technologiemi k zobrazení výškových poměrů terénu v podobě vrstevnic různých stupňů generalizace nebo s použitím stínování modelu reliéfu. Lze předpokládat, že počítačové analýzy budou využívat zejména DMR ve formě gridu nebo TIN. Nový výškopis však vytváří velký potenciál i pro tvorbu nových a přesnějších kartografických vrstevnic pro mapová díla.

Parametry generalizace DMR a tvorba kartografických vrstevnic byly testovány na několika vzorových územích s různou členitostí. V roce 2013 bylo zahájeno zpracování vrstevnicových modelů z dat LLS pro státní mapová díla ZM 10 a ZM 25 v rozsahu vybraných 5 lokalit ZM 50. Míra generalizace DMR a generování vrstevnic byly přizpůsobeny nejvhodnějšímu kartografickému znázornění daného měřítka. K udržení topologie vrstevnicového modelu byly vkládány do DMR povinné spojnice, které jsou tvořeny osami vodních toků a břehových čar se zpřesněnou polohou a významnými liniemi terénní kostry. Použitím povinných spojníc jsme zabránili vyhlazování terénu v místech terénních zlomů a zároveň zajistili správnost průběhu generalizovaného DMR pro generování topologicky korektních vrstevnic. V návaznosti na zpřesnění objektů polohopisu ZABAGED® na podkladě DMR 5G bude provedena v roce 2013 tvorba a aktualizace ZM 10 a ZM 25 v rozsahu vybraných 5 lokalit ZM 50. Pro další lokality bude nový výškopis vytvořen postupně, v souladu s Edičním plánem ČÚZK.

Sběr a aktualizace dat pomocí LLS doprovází mnoho změn. Tyto změny jsou významným podnětem pro rozvoj aplikačního programového vybavení DATA 10 pro zajištění nového kartografického zpracování vrstevnic ZM 10 a ZM

25 a změnu režimu aktualizace vrstevnic v rámci procesu Informačního systému státního mapového díla. Po nasazení technologie aktualizace výškopisu pro ZM 10 a ZM 25 bude pozornost zaměřena na menší měřítka státního mapového díla (ZM 50, ZM 100). Mapy menších měřítek se vyznačují větší mírou generalizace nejen vrstevnic, ale také polohopisu. Tato úloha bude vyžadovat nejen vhodné zvolení míry generalizace vrstevnic, ale také komplexní řešení topologicky správného umístění všech mapových prvků.

LITERATURA:

- [1] Geoportál ČÚZK: Geoportál [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>.
- [2] DIVIŠOVÁ, M.: Kontrola přesnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED porovnáním s výškopisem technickohospodářské mapy v lokalitě Česká Skalice. [Diplomová práce.] Plzeň 2006. – Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.
- [3] ŠÍMA, J.-EGRMAJEROVÁ, L.: Ověření přesnosti digitálního modelu reliéfu Základní báze geografických dat. Geodetický a kartografický obzor, 50/92, 2004, č. 11, s. 213-231.
- [4] ATLAS: Manuál k programu Atlas DMT [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/show.php?key=Manualy>.
- [5] BRÁZDIL, K.-SKALICKÁ, I.-TIPPNER, A.: New Elevation Models of the Czech Republic. In: Sborník referátů z 26. mezinárodní konference ICA. Dresden, Germany, August 25-30, 2013.
- [6] IMHOF, E.: Cartographic Relief Presentation. New York and Berlin, Walter de Gruyter 1982, pp 159-212.

Do redakce došlo: 7. 5. 2013

Lektoroval:
RNDr. Jakub Lysák,
Přírodovědecká fakulta UK

Obrazová a znaková složka v konceptu ortofotomapy

RNDr. Luboš Bělka, Ph.D.,
Vojenský geografický
a hydrometeorologický úřad, Dobruška,
prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.,
katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Ortofotomapy se staly oblíbeným a často vydávaným kartografickým dílem. Nejednoznačná terminologie, definice, obsah a vzhled ortofotomap však nebyly podrobeny hlubšímu výzkumu. Předkládá se nová terminologie ortofotomap, vymezení jejich složek a jejich základní rozdělení. Autoři prezentují aspekty topografických a tematických ortofotomap, přičemž vymezují dvě základní složky ortofotomapy – obrazovou a znakovou. Použitelnost teoretického konceptu pomocí prototypů topografických a tematických ortofotomap, lišících se vyjádřením tematické informace a topografického podkladu pomocí obou složek. Obsah ortofotomap byl zvolen s cílem vytvořit příklady jejich využití v oblasti vojenství, územního plánování, krizového řízení, ochrany přírody apod. Sestavené prototypy mohou sloužit jako výchozí vzor při projektování a produkci ortofotomap ve státní správě, akademickém prostředí i komerci.

Image and Symbol Component in the Orthophotomap Concept

Summary

Orthophotomaps have become very popular and frequently produced cartographic outputs during recent years. However, unambiguous terminology, definitions, content and appearance specification have not been widely researched. The new definition of orthophotomap, its components delineation, and basic classification is introduced. Authors present aspects of topographic and thematic orthophotomaps determining two main components of orthophotomap content – image and symbol. Finally several prototypes of both topographic and thematic orthophotomaps are presented differing in relationship of background/thematic content and image/symbol component. Sometimes the image component can be carrier of the thematic information, another time it can be used as topographic background. The orthophotomap prototypes were completed for use in military, urban planning, natural risk emergency etc. and give examples how to design, complete and use image based cartographic products. They can serve as a guideline for future orthophotomap production, both in state administration and academic circles as well as in commercial sphere.

Keywords: orthophotomap, imagemap, map content, thematic map, map prototype

1. Úvod

Obrazové materiály pořízené prostředky a metodami dálkového průzkumu Země (DPZ) jsou důležitým zdrojem prostorových informací o území. K prezentací informací získaných interpretací materiálů DPZ se používá různých metod kartografické vizualizace a různých forem kartografických výstupů (digitálních i analogových). Problematika získávání informací z těchto materiálů je velice rozsáhlá [9], proto se autoři zaměřují pouze na kartografickou tvorbu využívající přímo obrazový materiál samotný, nikoliv z něho odvozené informace.

Mapa jako ortogonální průmět a zobrazení geografické reality do zobrazovací roviny umožňuje v současné době moderními prostředky počítačové kartografie „skládat“ jednotlivé ortogonálně upravené a měřítkově synchronizované vrstvy geografických jevů v ucelený mapový obraz. V příspěvku jsou za materiály DPZ považovány ortogonalizované georeferencované letecké a družicové snímky.

Myšlenka tvorby ortofotomap není nová. V minulosti bylo publikováno několik článků zmiňujících kombinaci ortofotosnímku a symbolizovaných informací. Aspekty tvorby ortofotomap diskutoval již v roce 1977 Petrie [13], ovšem bez návrhu jejich řešení. V [11] definují autoři topografickou ortofotomapu jako ortofotosnímek překrytý vrstevnicemi, přičemž polohopis vyjadřuje ortofotosnímek a výš-

kopis vrstevnice, v [16] se ortofotomapy vymezují jako mozaika ortofotosnímku přetištěná mapovými symboly. Neřeší se však vzájemný vztah ortofotosnímku a nadstavby. Jedním z mála pojednání z českých odborných kruhů je článek [6], který se zamýšlí nad požadavky při tvorbě ortofotomapy zejména ve vztahu k následnému účelu jejího využití. Ortofotomapou je podle něho myšlena mozaika ortogonalizovaných snímků dělená na jednotlivé dlaždice (např. po sekčních čarách kladu mapových listů). O využití obrazových dat DPZ při tvorbě kartografických produktů pojednává [7]. Autorka analyzuje a hodnotí způsoby kartografického vyjadřování na kartografických produktech, jejichž součástí jsou obrazová data, a stručně zmiňuje způsoby vizualizace kartografické nadstavby, použití jiné barevnosti a způsobu vyjadřování než na klasických mapách.

Nicméně na základě studia odborné literatury lze konstatovat, že se problematikou konceptu, tvorby a užití ortofotomap v současném technologickém prostředí doposud nikdo systematicky a uceleně nezabýval. Dílčí témata problematiky ortofotomap byla doposud řešena odděleně. Mnoho autorů sice předkládá postupy tvorby velkého spektra tematických map (např. [15], [16], [18], [24], [25] aj.), ovšem nezabývají se vztahem kartografických znaků a ortofotosnímku v topografickém podkladu. Stejně tak oblast DPZ a digitálního zpracování obrazu věnuje pozornost nejčastěji problematice zpracování dat z distančních

metod a následnému získávání informací ze snímků, zřídka však řeší použití ortofotosnímku pro tvorbu ortofotomapy.

Cílem příspěvku je představení inovovaného konceptu pojmu ortofotomapa, včetně vymezení obsahu a jemu příslušné klasifikace ortofotomap s ověřením konceptu na autorských prototypch.

2. Koncept ortofotomapy

Při teoretické konstrukci pojmu ortofotomapa je nutné poukázat na nesoulad souvisejících termínů v odborné praxi i v univerzitním prostředí. Používají se různé definice, které je možné rozdělit do tří skupin:

- definice v rámci národně, popř. mezinárodně platných standardů – například v ISO/TC211 (číslo standardu ISO 19101-2) není termín ortofotomapa (angl. orthophoto map) součástí terminologického slovníku, ale obsahuje definici ortosnímku (angl. orthoimage): orthoimage = „image in which by orthogonal projection to a reference surface, displacement of image points due to sensor orientation and terrain relief has been removed“;
- definice ortofotomapy z odborné kartografické literatury – např. [24] definuje fotomapu, resp. ortofotomapu jako zvláštní typ kartografického díla kombinující letecký nebo družicový snímek a tradiční vektorovou symboliku a zdůrazňuje, že fotomapy jsou konstruovány tak, že na světlejší snímek jsou dotíženy kartografické znaky a popis podle znakového klíče;
- vymezení ortofotomapy nekartograficky – např. [22] uvádí definici „orthophotographic map with contours and cartographic treatment, presented in a standard format, and related to standard reference systems“, či [23] vymezuje ortofotomapu jako „a map made by assembling a number of orthophotographs into a single, composite picture“.

Při studiu odborné literatury bylo rovněž zjištěno, že termín „ortofotomapa“ a jeho užití je často problematické až nesprávné, protože se používá pro označení ortogonálního snímku či mozaiky ortogonálních snímků.

Pod pojmem **ortofotomapa** autoři rozumí **kartografický produkt zobrazující geografický prostor v určitém kartografickém zobrazení a měřítku, přičemž jeho obsah je tvořen obrazovou složkou prezentovanou materiálem DPZ a znakovou složkou prezentovanou kartografickými znaky**. Aby se z ortofotosnímku (obecně obrazové složky) stala ortofotomapa, musí získat tři nezbytné atributy: kartografické zobrazení, měřítko a znakovou složku ve smyslu jazyka mapy [14].

Nutno podotknout, že označení ortofotomapa je vhodné, protože je tvořeno třemi slovními částmi, resp. výrazovými pojmy – orto-foto-mapa. „Ortofoto“ vyjadřuje, že produkt obsahuje obraz pořízený fotografickou cestou (nerozlišuje se, zda klasickou nebo digitální fotografií), přičemž každý segment (pixel) obrazové složky mapy (snímku) je z geometrického hlediska pravouhlým zobrazením průmětu geografických objektů na terén (digitální model reliéfu) do zobrazovací roviny mapy. „Mapa“ deklaruje, že produkt má atributy mapy, především znakovou složku.

Obsah mapového pole ortofotomap se skládá z obrazové složky a znakové složky. Sestavení obrazové a znakové složky a jejich vzájemné sladění je ovlivněno cílem a účelem, za kterým se ortofotomapa vyrábí.

2.1 Obrazová složka ortofotomapy

Obrazovou složku ortofotomapy nejčastěji představuje ortogonální letecký či družicový snímek neboli ortofotosnímek. Z obecnějšího pohledu ji však mohou tvořit jakákoliv ortogonální obrazová data jako výsledky snímání obrazovými senzory při DPZ, např. radarové snímky.

Snímky, ze kterých se po procesu ortogonálního překreslení stávají ortofotosnímky, lze dělit podle různých hledisek, přičemž použití různých druhů snímků ovlivňuje jejich použití v tvorbě ortofotomap a odráží se v jejich klasifikacích. V současné době většina obrazových záznamů (snímků) vzniká za použití zařízení, tzv. senzorů, přímo v digitální podobě.

Optický snímek pořízený senzorem ve viditelném spektru, který rozlišuje modrou, zelenou a červenou část elektromagnetického spektra, je reálným obrazem krajiny v okamžiku jeho pořízení. Barevné pojetí, resp. radiometrie těchto snímků je identické nebo velmi blízké interpretaci barevnosti lidským okem. Těmto snímkům, resp. ortofotosnímům je při tvorbě ortofotomap věnován největší prostor, protože představují věrné zachycení krajiny snímaného území a lze je považovat za srozumitelné obrazy reality. Lze v nich číst polohopis (topografii) území, rozmístění a vzájemné vazby objektů.

Existují však situace, ve kterých nelze některé objekty ve snímku číst, nebo ve kterých může být zjištění informací o nich pomalé i nepřesné, např.:

- objekt je zakrytý jiným objektem – protože jsou snímky pořizovány centrální projekcí, jsou objekty ukloněny směrem od středu projekce (tzv. radiální posun; se zvyšující se vzdáleností objektu od středu projekce a zvyšující se výškou objektu je úklon větší; ukloněné objekty mohou zakrývat jiné objekty; při překreslení snímku do ortogonální projekce se obvykle posun vrcholů ukloněných objektů do správné polohy neprovádí, polohově správné je umístěna pouze pata těchto objektů;
- souvislý vegetační pokryv, např. zápoj, zakrývá objekty pod ním, např. koruny stromů zakrývají cesty a vodní toky v lesních porostech;
- objekty nejsou součástí obrazového záznamu, např. administrativní hranice nebo výškopis (kóty, vrstevnice);
- objekty ve stínu jiných objektů jsou obtížně čitelné, např. jezero ve stínu horského masívu;
- objekty jsou svoji velikostí pod rozlišovací schopností ortofotosnímku, čímž není možné je identifikovat, zejména bodové objekty, např. památníky, vodojemy apod.;
- z ortofotosnímku není možné zjistit sémantický význam objektů; přiřazení sémantického významu objektu na snímku lze provést pouze pomocí kartografického znaku, např. budovu lze na ortofotosnímku identifikovat, ale nelze určit její typ (nemocnice, škola, kostel); v takovém případě se objekt v ortofotomapě vyjadřuje dvakrát: na ortofotosnímku jako zachycení reality a navíc pomocí kartografického znaku, který obsahuje o objektu další popisné informace;
- objekty zobrazené na ortofotosnímku nemají popis;
- objekty stejného sémantického významu, které jsou v mapách znázorněny jedním znakem, mají na ortofotosnímku odlišné obrazy, což zpomaluje čtení ortofotosnímku.

Obsah ortofotosnímku představuje množinu všech obrazů (objektů a procesů) zachycených v době pořízení (ortofoto)snímku, které lze z něho vyčíst buď prostým vizuálním vjemem, nebo pomocí technických nástrojů. Obsah ortofotosnímku je na ortofotomapě ovlivněn para-

metry pořizování snímku, parametry ortogonalizace a metodami tvorby ortofotomapy.

Podmínky čitelnosti a identifikace objektů v obrazové složce určují obsah i náplň ortofotomapy. Nejdůležitějším faktorem je prostorové rozlišení snímku. Stanovení optimálního prostorového rozlišení snímku, tedy velikosti pixelu pro ortofotomapu určitého měřítka řešili autoři v dřívějších studiích [1].

2.2 Znaková složka ortofotomapy

Obrazová složka, resp. ortofotosnímek neobsahuje vše, co je požadováno při zadání cíle mapy [25]. Proto se přiměřeně doplňuje obsah ortofotomapy sestavením znakové složky, která zobrazuje vybrané (podle cíle ortofotomapy) informace.

Znakovou složku představuje sada vektorových vrstev (body, linie, plochy, text), v rámci nichž je každému znázorňovanému jevu (jeho vlastnostem) přiřazen kartografický znak z předem definovaného znakového klíče. Znaková složka ortofotomapy nejčastěji obsahuje znaky fyzikogeografických a socioekonomických jevů. Obsah a náplň znakové složky jsou určeny cílem ortofotomapy.

Tvorba vektorových vrstev probíhá obdobně jako při výrobě tradičních map (digitalizace nad ortofotosnímkiem, sběr informací terénním šetřením, analýzy území řešené nástroji geoinformatiky apod.). Při sestavování ortofotomapy, kdy dochází ke vzájemné harmonizaci obou složek ortofotomapy, je nutné zabývat se řešením polohového souladu kartografických znaků a obrazové složky. Z technického pohledu mohou nastat dvě situace:

- znaková složka, resp. vektorové vrstvy vznikly na podkladě příslušné obrazové složky, v tomto případě je sladění bezproblémové,
- znaková složka, resp. vektorové vrstvy vznikly na podkladě jiného zdroje a jejich umístění nebo sémantický význam nemusí korespondovat s polohou jevů zachycených v obrazové složce.

3. Klasifikace ortofotomap

Podle obsahu autoři rozdělují ortofotomapy na topografické a tematické.

3.1 Topografická ortofotomapa

Analogicky k pojmu topografická mapa je definován i pojem topografická ortofotomapa. Topografické mapy se zá-

kladním polohopisným a výškopisným obsahem jsou jedním z nejvýznamnějších zdrojů geografických informací. Slouží jednak jako referenční mapy velkých měřítek, jednak pro široké užití při plánování a projektování v různých činnostech celé společnosti. Nezanedbatelné je jejich užití jako podkladu tematických map.

Topografická ortofotomapa je ojedinělým druhem topografické mapy vyjadřujícím v maximální možné (srozumitelné a čitelné) formě polohopisné (příp. i výškopisné) poměry mapovaného území, přičemž jako hlavní zdroj polohopisných informací používá ortofotosnímek.

Obrazovou složku topografické ortofotomapy tvoří ortofotosnímek, znakovou složkou tvoří znaky a popis klíčových jevů, které není ortofotosnímek schopen zachytit, nebo které je nutno zdůraznit. Ortofotosnímek je buď černobílý, nebo barevný v pravých barvách, který je z uživatelského hlediska nejsnadněji čitelný.

Příkladem topografických ortofotomap jsou plány měst zhotovené doplněním leteckého snímku (řídnce i neortogonalizovaného) znakovou složkou obsahující nejčastěji popis uliční sítě (viz prototyp TOPO2, část 4.2). Jiným příkladem jsou ortofotomapy nahrazující tradiční konvenční topografické mapy, ze kterých přebírají měřítko i znakový klíč (viz prototyp TOPO1, část 4.1).

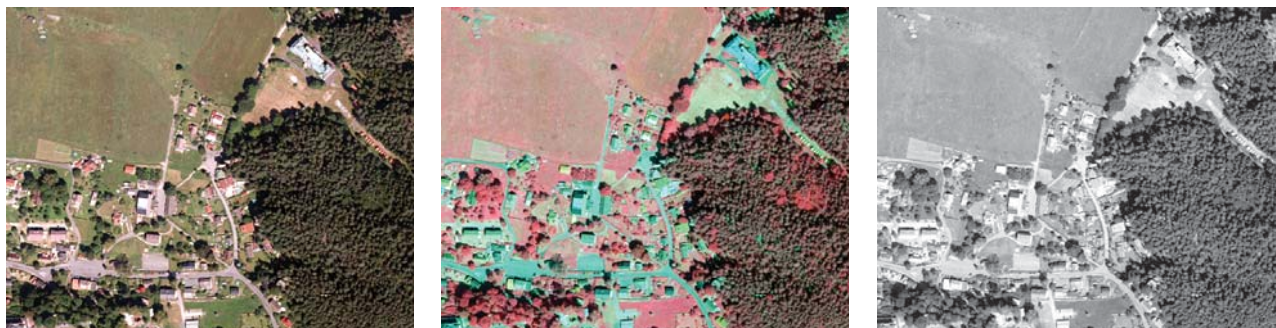
Vzhledem ke skutečnosti, že ortofotosnímek poskytuje všeobecné informace o území a určuje polohu a rozmístění objektů, doporučuje se:

- prostorové rozlišení ortofotosnímku, resp. míra zachycení detailu by měly odpovídat měřítku ortofotomapy (viz prototypy TOPO1 a TOPO2, části 4.1 a 4.2),
- z uživatelských důvodů upřednostňovat ortofotosnímek v barevné syntéze v pravých barvách, protože poskytuje věrný obraz území (**obr. 1**),
- černobílý ortofotosnímek s maximálním rozsahem hodnot radiometrického rozlišení lze rovněž použít, např. při nedostupnosti barevného ortofotosnímku nebo při potřebě zvýraznění znakové složky (viz prototyp TOPO1, část 4.1).

3.2 Tematická ortofotomapa

Rovněž tematickou ortofotomapu lze definovat analogicky k pojmu tematická mapa. Tematická mapa je účelově speciální kartografické dílo s přednostně vymezenou tematikou v rozsahu jednoho nebo skupiny obsahových prvků, přičemž ostatní prvky mohou být potlačeny nebo vynechány [25].

Tematická ortofotomapa je kartografické dílo přednostně vyjadřující jedno nebo několik témat podrobněji na úkor témat druhořadých, přičemž využívá předností ortofoto-



Obr. 1 Ortofotosnímek v barevné syntéze v pravých barvách (vlevo), nepravých barvách (uprostřed) a černobíle provedení (vpravo)

snímku pro vyjádření tematického obsahu nebo topografického podkladu. Tematický obsah může být zobrazen obrazovou nebo znakovou složkou (viz prototypy TEMA1 až TEMA6, části 4.3 až 4.8).

Snímky v pravých barvách nebo černobílé snímky se v tematickém mapování používají pro vyjádření viditelného objektu nebo procesu v krajině, např. záplavy či výskyt určitého druhu živočichů.

Častěji se v tematických ortofotomapách používají ortofotosnímky ve více pásmech a v jiném než viditelném spektru (např. blízkém infračerveném, středním infračerveném nebo termálním pásmu), např. v třípásmové kombinaci v nepravých barvách. Tyto barevné kombinace nejsou často uživateli příliš známé, proto je nutné uvést informace o vlastnostech snímku v mimorámových údajích mapy.

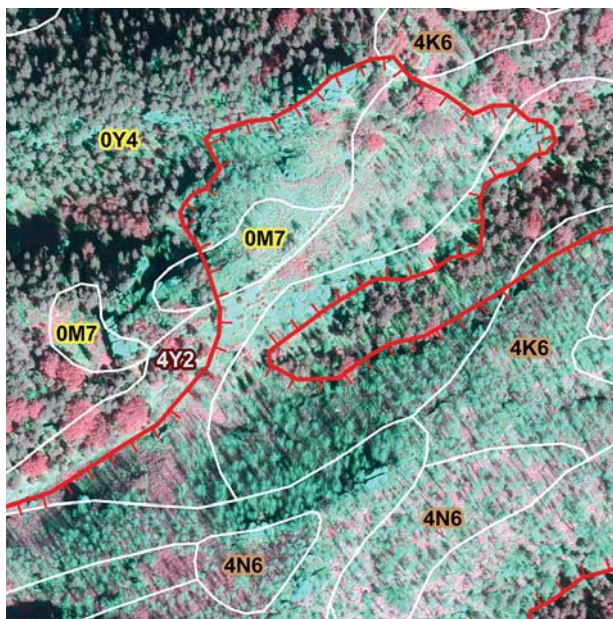
Tematické ortofotomapy se snímkem v blízkém infračerveném pásmu se využívají např. při mapování vegetace a jejího zdravotního stavu, s termálním snímkem k mapování ohnisek požáru nebo tepelného vyzářování zemského povrchu, s radarovým snímkem k zobrazení vlhkosti půdy, se snímkem v blízkém a středním infračerveném pásmu k mapování hornin a minerálů apod. Tematická informace je poskytována ortofotosnímkem v jeho původní neklasifikované podobě (viz prototypy TEMA3 a TEMA5, části 4.5 a 4.7).

Znaková složka tematických ortofotomap může být použita pro kostru mapy (např. říční síť, hlavní komunikace, popis sídel) usnadňující rychlou lokalizaci a snadnou orientaci v území. V takovém případě není nutné pomoci znakové složky vyjádřit všechny informace, které není možné získat z ortofotosnímku (**obr. 2**).

Opačná situace nastává, pokud nosným zdrojem tematické informace je znaková složka a ortofotosnímek poskytuje pouze doplňkové informace většinou topografického charakteru a ustupuje do pozadí (**obr. 2**). Příkladem je turistická ortofotomapa, kde je na podkladě barevného ortogonalizovaného snímku zobrazena tematická nadstavba v podobě značených turistických tras, informačních center, hotelů, občerstvení, autobusových a vlakových zastávek a jiných turisticky zaměřených informací. U takového typu tematických ortofotomap se předpokládá použití barevných ortofotosnímků ve viditelném spektru. Nedoporučuje se komplikovat obsah a čitelnost ortofotomapy jinou barevnou kombinací v nepravých barvách. Vhodné je též použití černobílých ortofotosnímků, čímž lze tento topografický podklad v podstatě potlačit a vhodným použitím barev zvýraznit znakovou složku (viz prototypy TEMA1, TEMA2 a TEMA4, části 4.3, 4.4 a 4.6).

Stejně jako u tradičních map, je i u tematických ortofotomap někdy velmi obtížné určit, ve které složce se nachází tematická nadstavba a co je topografickým podkladem. Pro vyjádření mapované tematiky slouží obě složky. V prototypu TEMA5 (část 4.7) poskytuje ortofotosnímek v barevné kombinaci v nepravých barvách s použitím blízkého infračerveného pásma primární tematickou informaci (zdravotní stav lesa), zatímco znaková složka v kombinaci s popisem poskytuje sekundární tematickou informaci (lesnická typologie).

V případě, že je ortofotosnímek na tematické ortofotomapě hlavním nositelem tématu, pak nemusí mít nutné maximální prostorové rozlišení vůči měřítku ortofotomapy. Důležitá je kvalitativní informace ve vztahu k mapovanému tématu. Například pro zobrazení plošného jevu vystupuje do popředí spektrální charakteristika obrazového materiálu, naopak prostorové rozlišení obrazu ztrácí na významu (viz prototyp TEMA3, část 4.5). V případě, že prostorové



Obr. 2 Vyjádření tematické informace obrazovou a znakovou složkou

rozlišení obrazových dat neodpovídá měřítku ortofotomapy, jsou jednotlivé pixely obrazu opticky rozlišitelné (viz prototyp TEMA6, část 4.8). Pro zobrazení ortofotosnímku bez rozlišitelnosti jednotlivých pixelů se používá metoda bilineární interpolace nebo kubické konvoluce (viz prototyp TEMA3, část 4.5).

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

- původní prostorové rozlišení, tzn. prostorové rozlišení pořizovaného snímku – používá se největší rozlišení ve vztahu k měřítku ortofotomapy v případě, že okamžitý stav snímaného území je důležitý a že jsou předmětem vyjádření bodové prvky, např. poloha automobilů,
- počet spektrálních pásem – jednopásmový ortofotosnímek lze vyjádřit jen ve stupních šedi (černobílý), multispektrální ortofotosnímek je možno vyjádřit třípásmovou barevnou kombinací v pravých (červené, zelené a modré pásmo) nebo v nepravých barvách (např. blízké infračervené, červené a zelené pásmo),
- spektrální charakteristiky – třípásmové barevné kombinace jsou vhodné k mapování požárů, geologickým aplikacím, zjišťování půdních typů nebo vegetačního pokryvu.

4. Prototypy ortofotomap

Prototypy topografických a tematických ortofotomap demonstrují použitelnost konceptu ortofotomap, který autoři předložili. Prototypy dvou topografických a šesti tematických ortofotomap naznačují jejich využití v různých oblastech lidské činnosti. Prototypy tematických ortofotomap představují vzájemné kombinace použití obrazové a znakové složky pro znázornění tematických informací a topografického podkladu (**tab. 1**).

Sestavení všech prototypů probíhala jednotným postupem. I když tvorba jednotlivých prototypů vykazuje určité zvláštnosti, byl v principu dodržován obecný postup řešení. Tento zobecněný postup je možné přenést do praktické

Tab. 1 Kombinace obrazové a znakové složky v prototypech tematických ortofotomap

| Tematický obsah | | | |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| | Obrazová složka | Znaková složka | |
| Topografický podklad | Znaková složka | TEMA6 | NENÍ ORTOFOTOMAPA |
| | Obrazová složka | TEMA3 TEMA5 | TEMA1 TEMA2 TEMA4 |

kého využívání při tvorbě jakékoli ortofotomapy. Skládá se z následujících fází a kroků:

- Fáze „Zadání“
 1. Návrh prototypu (stanovení cíle, účelu a využití sestavené ortofotomapy).
- Fáze „Projekt“
 2. Volba typu ortofotomapy.
 3. Stanovení obsahu ortofotomapy.
 4. Vymezení území, stanovení měřítka a návrh kompozice.
 5. Volba zdroje dat, příp. sběr dat.
- Fáze „Tvorba“
 6. Sestavení obrazové a znakové složky obsahu ortofotomapy (úprava prostorového rozlišení, radiometrické úpravy, zvýraznění/potlačení, návrh a aplikace znakového klíče, nastavení průhlednosti).
 7. Sestavení mapového pole ortofotomapy.
 8. Hodnocení náplně ortofotomapy.
 9. Sestavení rámu mapy.
 10. Generování mimorámových údajů.
- Fáze „Hodnocení“
 11. Zkušební nátlak.
 12. Opravné a dokončovací práce.
- Fáze „Aplikace“
 13. Export ortofotomapy.
 14. Používání ortofotomapy cílovou skupinou uživatelů.

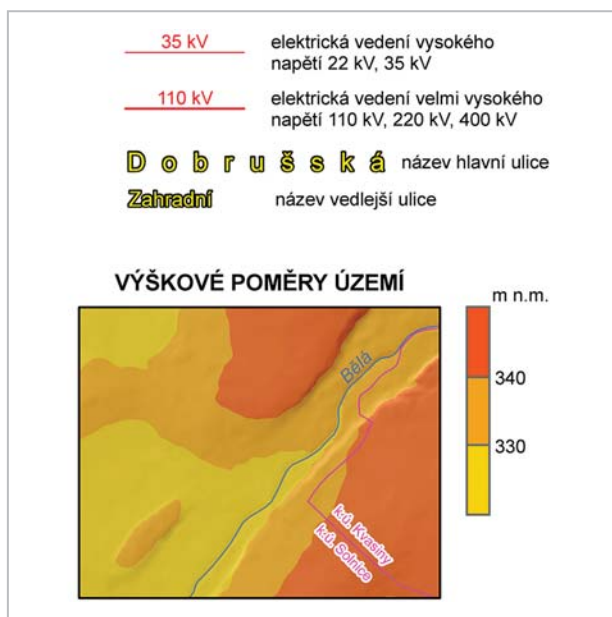
4.1 Prototyp TOPO1 – Kombinace topografické mapy 1 : 25 000 a černobílého ortofotosnímku

Prototyp TOPO1 demonstruje topografickou ortofotomapu jako kombinaci standardní topografické mapy a ortofotosnímku (obr. 3). Jedná se o rychlé řešení bez zásahu do zdrojové topografické mapy. Ortofotosnímek doplňuje údaje čitelné z topografické mapy v „bílých“ místech (pole). Průhledností se realizuje pohled do plošných objektů (lesy). Aby bylo možné číst jejich vnitřní členění (průseky, mýtiny). Měřítka ortofotomapy umožňuje na ortofotosnímku interpretaci zejména prvků plošného charakteru (pole, lesy, vodní plochy). Vzájemné spojení (kombinace) topografické mapy a ortofotosnímku probíhá za následujících vstupních předpokladů a parametrů:



Obr. 3 Prototyp topografické ortofotomapy jako kombinace topografické mapy 1 : 25 000 a černobílého ortofotosnímku (TOPO1) – detail (nahore), legenda (dole)

- Pro znakovou složku je použita Topografická mapa ČR 1 : 25 000, ortofotosnímek pro obrazovou složku.
- Topografická mapa ve znakové složce je použita ve formě rastrového obrazu, včetně převzetí všech znaků v původní velikosti, umístění a u převážné většiny i jejich barevného provedení. Výjimku tvoří změny barevnosti a transparentnosti vybraných znaků. Grafické rozlišení rastrových obrazů je 800 dpi, což představuje prostorové rozlišení přibližně 80 cm. To umožňuje zobrazení i tisk v měřítku 1 : 25 000 bez ztráty informace.
- Bílá místa na topografické mapě (prostor mezi znaky ve znakové složce) jsou vyplněna černobílým ortofotosnímkiem.



Obr. 4 Prototyp ortofotomapy města s popisem uliční sítě v měřítku 1 : 5 000 (TOPO2) – detail (vlevo), legenda a vedlejší mapa (vpravo)

- Plošné znaky pro lesy, zahrady, plošnou zástavbu a vodní plochy (tmavě a světle zelená, šedá a modrá) jsou průhlednější na 60 %.
- Znakům topografické mapy znázorněným černou barvou byl ponechán původní černý odstín, i když bylo testováno nahrazení bílou barvou. Ostatním prvkům topografické mapy, u kterých není uvažována průhlednost, je ponecháno původní barevné provedení.
- Prostorové rozlišení černobílého snímku bylo degradováno z velikosti pixelu 0,25 m na 2,5 m tak, aby nedošlo ke ztrátě informace při zobrazení v měřítku 1 : 25 000 a zároveň nebylo třeba pracovat s přílišným objemem dat. Míromárové údaje jsou součástí tiráže nové mapové kompozice, legenda je převzata z tradiční topografické mapy.

4.2 Prototyp TOPO2 – Ortofotomapa města s popisem uliční sítě v měřítku 1 : 5 000

Prototyp TOPO2 představuje topografickou ortofotomapu velkého měřítká s důrazem na poskytnutí maximálního množství informací obrazovou složkou a s minimálním množstvím prvků ve znakové složce (obr. 4). Tento prototyp topografické ortofotomapy je sestaven za účelem identifikace a lokalizace prvků intravilánu, zejména budov, veřejných komunikací, uliční sítě a jejího popisu. Měřítko ortofotomapy umožňuje dobré čtení objektů v sídle (budov) na ortofotosnímku. Množství popisu (uliční síť, popis vodního toku, zkratky) převažuje nad množstvím prvků znakové složky. Sémantický význam je vybraným objektům obrazové složky přiřazen uvedením zkratky. Liniovým znakem je vyjádřena hranice katastrálních území. Informace o výškových poměrech území není vložena přímo do hlavního mapového pole, ale je zobrazena pomocí přehledové mapy ve formě barevné hypsometrie s intervalem po 10 m.

Pro sestavení ortofotomapy byl použit barevný letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 0,5 m, což odpovídá měřítku sestavované ortofotomapy. Ortofotosnímek byl zvýrazněn pomocí roztažení histogramu.

Byly vytvořeny znaky pro liniové prvky hranice katastrálního území a elektrického vedení vysokého a velmi vysokého napětí, které slouží pro orientaci mimo intravilán. Řešena byla zejména barevnost znaků. Zvolena byla fialová, resp. červená barva, které jsou kontrastní k zelené vyskytující se v ortofotosnímku nejvíce.

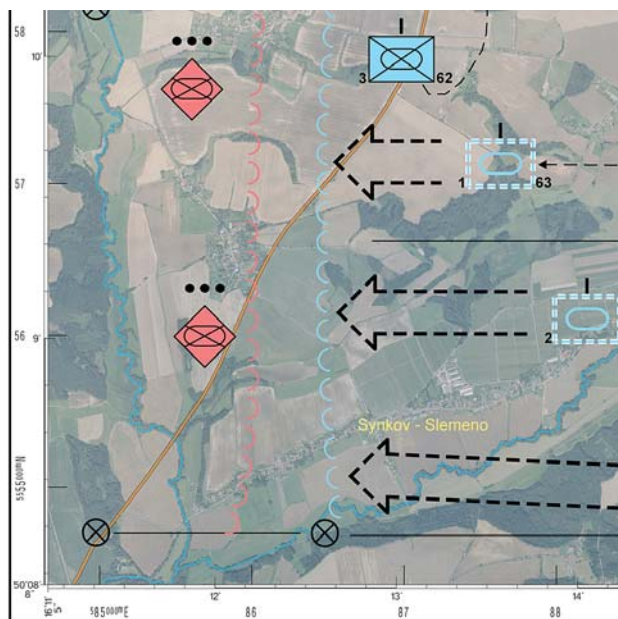
Práce se znakovou složkou a popisem zahrnovaly:

- výběr popisu uliční sítě a hranice katastrálních území (z databáze Českého úřadu zeměměřického a katastrálního),
- volbu typu písma a jeho velikosti – pro všechny prvky je použit typ písma Arial, popis uliční sítě je proveden ve dvou velikostech (9 a 11 bodů), hranice katastrálních území 10 bodů a popis objektů 8 bodů,
- volbu barvy pro názvy ulic – byla zvolena žlutá barva s černým halo z důvodu lepší čitelnosti popisu na světlých plochách (např. na asfaltu),
- barvu popisu objektů – popis byl proveden fialovou barvou, která je v barevném modelu RGB nejvíce vzdálena zelené barvě, která se na ortofotosnímku vyskytuje nejvíce, s bílým halo, protože jsou převážně umístěny na tmavá místa.

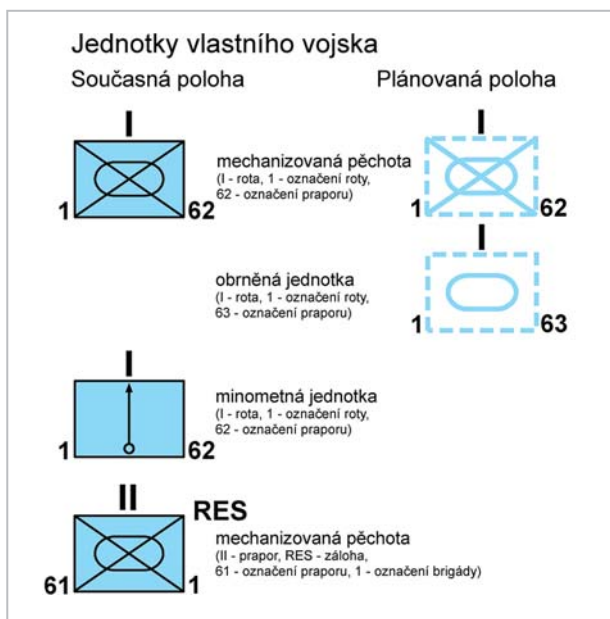
4.3 Prototyp TEMA1 – Útok mechanizovaného praporu v měřítku 1 : 25 000

Prototyp TEMA1 je příkladem tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka s vojenským zaměřením (zákres taktické situace). Jedná se o znázornění tématu znakovou složkou, které obrazová složka není schopna zachytit (obr. 5).

Obrazová složka reprezentovaná barevným leteckým ortofotosnímkiem s prostorovým rozlišením 2,5 m přepočítaným z prostorového rozlišení 0,25 m plní funkci topografického podkladu. Zvýraznění znakové složky je dosaženo potlačení ortofotosnímku na 75 % metodou krytí. Znaková složka znázorňuje modelový příklad situace útoku z přímého dotyku. Bodovými znaky jsou vyjádřeny jednotlivé druhy vojsk, rozlišena je jejich stávající a budoucí po-



Obr. 5 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka s vojenským zaměřením (TEMA1) – detail (vlevo), legenda (vpravo)



loha. Liniemi jsou znázorněny hranice (obrněné linie, vymezení bojových sektorů) a pohyb jednotek (útok, přesun, resp. výměna jednotek).

Struktura a barva znaku pro jednotlivé druhy vojsk vychází ze standardu NATO STANAG 2019 „APP-6 – Military symbols for land based systems“. Je rozlišena stávající poloha jednotek (černé obrysy plnou čarou a modrá, resp. červená výplň) a budoucí poloha vlastních jednotek (modré obrysy čárkovanou čarou bez výplně). Znakem bez výplně se vyjadřují budoucí polohy jednotek, což nezakrývá ortofotosnímkem a umožní číst topografické poměry v těchto místech.

Součástí znakové složky jsou z důvodu doplnění polohopisu i znaky pro významné silniční komunikace a vodní toky. Pro popis sídel je použita velmi dobře čitelná žlutá barva písma, záměrně nezvýrazněná halo efektem.

4.4 Prototyp TEMA2 – Plánování přesunu vojenských jednotek na vozidlech po pozemních komunikacích v měřítku 1 : 15 000

Prototyp TEMA2 je příkladem tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka vybraná z existující vektorové databáze. Jedná se o případ, ve kterém znaková složka znázorňuje objekty, které sice existují v obrazové složce, ale je nutné jim přiřadit sémantický význam nebo je zvýraznit (obr. 6).

Prototyp je vizualizací čtvrté fáze plánování přesunu, znaková složka však zahrnuje i data vybraná v předchozích třech fázích plánování (komunikace). Výběr potenciálně nebezpečných kritických míst, tzv. regulačních, se řídí příslušnou metodikou [17]. Jako regulační místa jsou vybrány mosty, podjezdy, zúžení, oblouky a zatáčky. Zdrojem informací je výhradně základní vojenská vektorová databáze Digitální model území 25 (DMÚ 25).

Obrazová složka reprezentovaná barevným leteckým ortofotosnímkiem s prostorovým rozlišením 1,5 m (přepočítáno z 0,25 m) plní funkci topografického podkladu.

Znaková složka je zaměřena na zobrazení prvků tematické nadstavby, obsahuje však i prvky topografického podkladu (vodní toky a plochy, železnice) vybrané z DMÚ 25 a potlačené průhledností 40 %. Tloušťka liniových znaků pro silniční komunikace přibližně koresponduje se skutečnou tloušťkou objektů zachycených ortofotosnímkiem v daném měřítku.

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

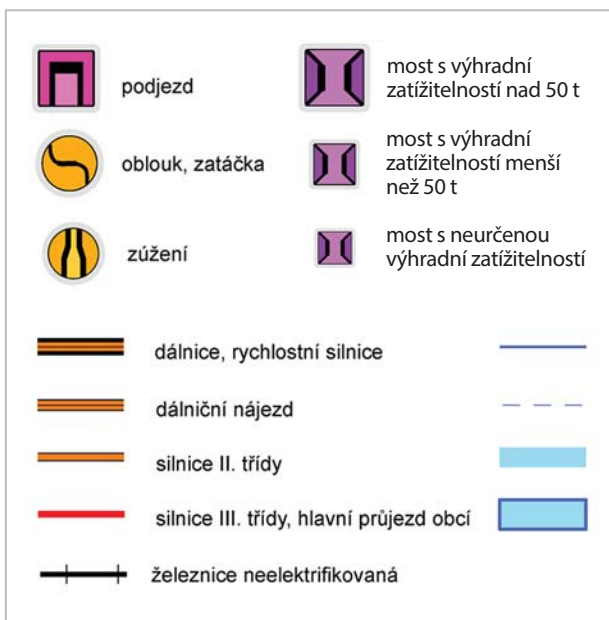
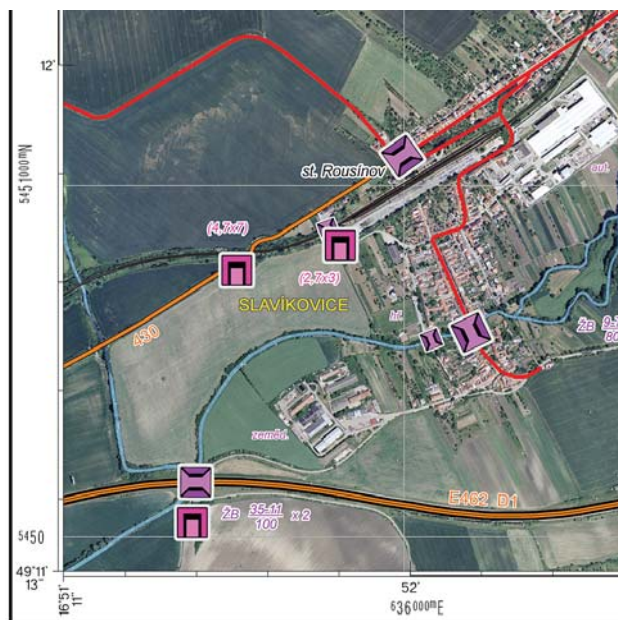
Popis se váže ke znakové složce (charakteristiky bodových a liniových prvků) a obrazové složce (geografické názvosloví – popis sídel, vodních toků, místní názvy, popis objektů zkratkami). Barva popisu vázaného k bodovým znakům pro regulační místa koresponduje s barvou těchto znaků. Pro popis sídel je zvolena žlutá barva zvýrazněná černým halo. Popis vodstva je konvenčně modrou kurzívou v kombinaci s bílým halo. Pro popis je využita i černá barva, pro správnou čitelnost však se světlým (bílým) halo.

4.5 Prototyp TEMA3 – Termální radiace území v měřítku 1 : 25 000

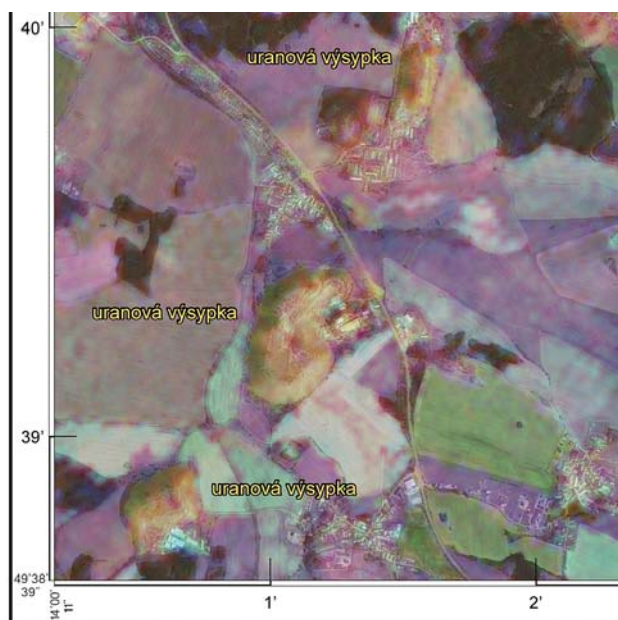
Prototyp TEMA3 je příkladem tematické ortofotomapy, ve které je tematická informace i topografický podklad součástí obrazové složky (obr. 7).

Termální radiace vyjadřuje vyzařování objektů zemského povrchu v delších vlnových délkách, přibližně 3 až 14 μm . Z obrazových záznamů tohoto intervalu lze zjišťovat teplotní stres rostlin či vláhový deficit. V zastavěných plochách lze zjišťovat teplotní znečištění či prvky teplotní bilance [3].

Vhodně složený barevný obraz tvoří tematická obrazová data. Prostorové rozlišení 28,5 m však není dostatečné pro podrobnější zobrazení a lokalizaci objektů v měřítku výsledné ortofotomapy 1 : 25 000. Z tohoto důvodu byl jako



Obr. 6 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které je topografickým podkladem obrazová složka a tematickou nadstavbu tvoří znaková složka vybraná z existující vektorové databáze (TEMA2) – detail (vlevo), legenda (vpravo)



Obr. 7 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které je tematická informace i topografický podklad součástí obrazové složky (TEMA3) – detail (vlevo), legenda (vpravo)

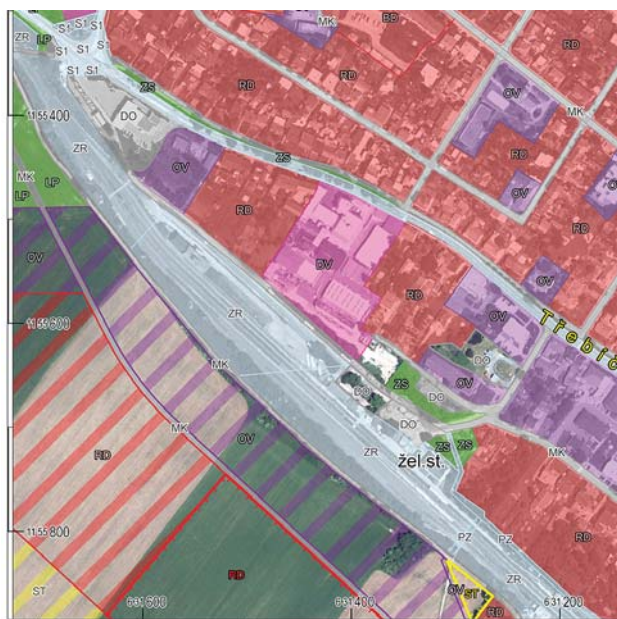
topografický podklad použit černobílý letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 2,5 m, svým rozměrem odpovídající danému měřítku ortofotomapy. Důvodem použití černobílého ortofotosnímku bylo zachování původní barevnosti tematických obrazových dat. Obě součásti obrazové složky jsou vzájemně spojeny do jednoho obrazu, přičemž průhlednost černobílého ortofotosnímku je nastavena na 50 %.

Plochy v hlavním mapovém poli červené, oranžové až žluté vykazují vysoké hodnoty tepelné radiace. Představují zejména plochy v intravilánu a staré výsypky urano-

vých dolů. Naopak, nízkou úroveň tepelné radiace vykazují lesní porosty a plochy pokryté vegetací.

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

Strukturovaná legenda mapy je sestavena z výřezů objektů vyskytujících se v mapovém poli s příslušnou úrovní tepelné radiace, s popisem relativního zhodnocení

**Návrh (k roku 2015)**

| | |
|--|----------------------------|
| | bydlení v rodinných domech |
| | občanské vybavení |
| | drobná výroba, skladování |
| | doprava |
| | sport a tělovýchova |

Výhled (k roku 2025)

| | |
|--|----------------------------|
| | bydlení v rodinných domech |
| | drobná výroba, skladování |
| | doprava |
| | sport a tělovýchova |

Obr. 8 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které tvoří topografický podklad obrazová složka a tematickou nadstavbu znaková složka reprezentovaná plošnými kartografickými znaky, zde funkční plochy územního plánu (TEMA4) – detail (vlevo), legenda (vpravo)

úrovně tepelné radiace a odůvodněním jejího výskytu, popř. typem objektu.

Zvýraznění tematické části obrazové složky (družicový ortofotosnímek LANDSAT 7) bylo provedeno pomocí radiometrických korekcí úpravou histogramu. Metoda převodu původního histogramu na upravený byla použita lineární, s ořezáním krajních hodnot pomocí standardní odchylky.

4.6 Prototyp TEMA4 – Územní plán města Náměšť nad Oslavou v měřítku 1 : 5 000

Prototyp TEMA4 je příkladem tematické ortofotomapy, ve které tvoří topografický podklad obrazová složka a tematickou nadstavbu znaková složka reprezentovaná plošnými kartografickými znaky, zde vyjadřující funkční plochy územního plánu (obr. 8). Prototyp pouze naznačuje možnosti použití ortofotomapy pro zpracování územních plánů.

Funkční plochy v návrhu územního plánu lze z hlediska časového horizontu rozdělit do dvou základních skupin: funkční plochy stavu znázorňující současný stav využití území – využití plochy se v návrhu nemění, a funkční plochy návrhu znázorňující návrh budoucího stavu předkládaný ke schválení obecním zastupitelstvem – využití plochy se v návrhu mění. K nim lze ještě přiřadit funkční plochy výhledu znázorňující plánovaný záměr využití území ve střednědobém horizontu 10 až 15 let [2].

Pro vyjádření současného stavu je obrazová složka nejméně důležitá. Obrazovou složku reprezentuje barevný, resp. černobílý (odvozený z barevného modelu IHS – intenzita, odstín, sytost) letecký ortofotosnímek s prostorovým rozlišením 0,5 m (přepočítáno z 0,25 m). Kartografické vyjádření funkčních ploch je následující:

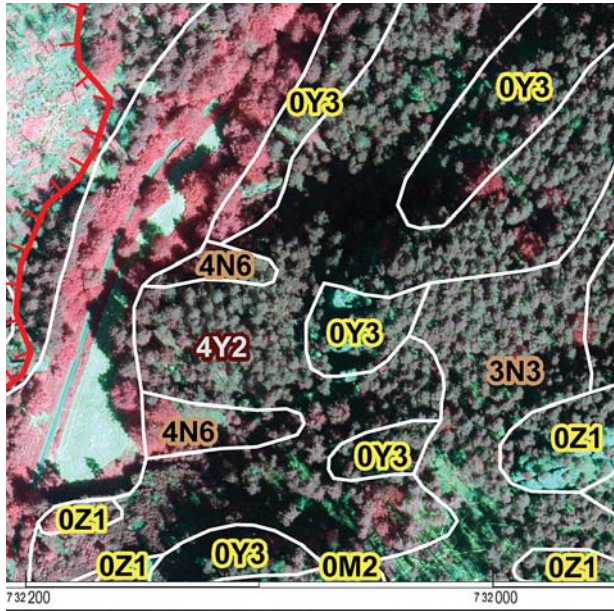
- stav – černobílý ortofotosnímek, funkční plochy vyjádřeny obrysem a výplní s 65% průhledností,
- návrh – barevný ortofotosnímek, plošné znaky vyjádřeny obrysem spolu s průhlednou šrafovou (65 %) pro funkční plochy návrhu,

- výhled – barevný ortofotosnímek, plošné znaky vyjádřeny obrysem.

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

Barevné vyjádření znakové složky vyjadřuje kvalitativní rozlišení funkčních ploch z hlediska způsobu využití, přičemž barva příslušné plochy je vždy stejná pro stav, návrh i výhled. Přestože neexistuje unifikovaná paleta barev, používá se smluvená konvence aplikace barev [2]. Plochy bydlení se zobrazují červeně, občanská vybavenost, výroba a průmysl fialově, železnice modrofialově, sport a rekreace žlutě, vodstvo modře, přírodní plochy zeleně atd.

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



Obr. 9 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které je topografická informace čitelná z ortofotosnímku (les, cesty, skály), prostorová a časová lokalizace území je provedena pomocí podnázvu (TEMA5) – detail (vlevo), legenda (vpravo)

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

4.7 Prototyp TEMA5 – Zdravotní stav lesa v měřítku 1 : 2 500

Prototyp TEMA5 je příkladem tematické ortofotomapy, ve které je topografická informace čitelná z ortofotosnímku (les, cesty, skály), prostorová a zároveň časová lokalizace zobrazeného území je provedena pomocí podnázvu (obr. 9). Primární tematická informace znázorňující zdravotní stav lesních porostů je obsažena v obrazové složce. Ve znakové složce je obsažena sekundární tematická informace znázorňující lesnickou typologii. Na mapovaném území Havraní skály u Jetřichovic v národním parku České Švýcarsko vypukl 22. 6. 2006 požár, jehož likvidace trvala týden. Výzkum sukcese dřevin probíhal na této lokalitě od roku 2007. Čtyři roky po požáru došlo k úplnému odumření stromového patra tvořeného převážně borovicí lesní a monokulturami porosty borovice vejmutovky, v okrajových částech živoří několik dubů a buků.

Obrazovou složku tvoří barevný letecký ortofotosnímek v barevné syntéze tří pásem v nepravých barvách. Červené pásmo reprezentuje blízký infračervený kanál. Prostorové rozlišení ortofotosnímku má hodnotu 0,25 m, přičemž je zachováno původní, vyplývající z pořizování snímků. Blízký infračervený kanál je charakteristický zachycením vysoké intenzity odrazivosti elektromagnetického záření od vegetace, zejména listnatých stromů a jiných olistěných rostlin, vyplývající z vlivu morfologie a buněčné struktury listů. Zdravá vegetace se v barevné syntéze v nepravých barvách projevuje výraznou červenou, resp. růžovou barvou. Naopak, neživé stromy a ostatní objekty (skály, silnice atd.) jsou zobrazeny šedomodře.

Sekundární tematická informace obsahuje lesnickou typologii. V tradičních lesnických mapách jsou jednotlivé

plochy barevně rozlišeny podle konvence Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů [10].

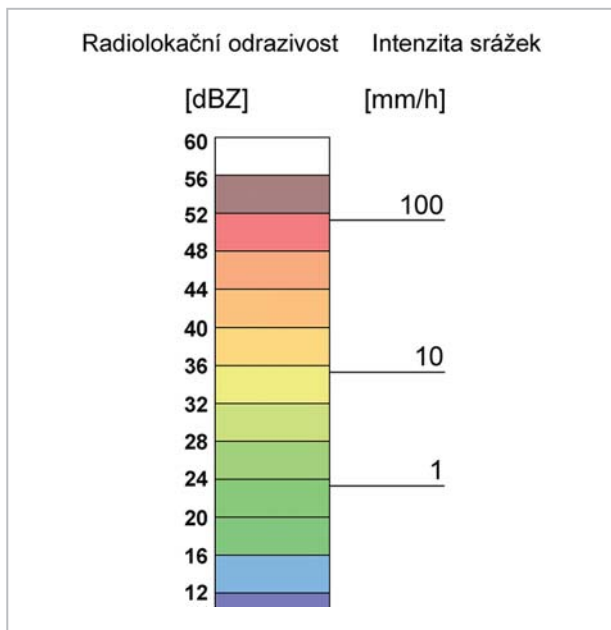
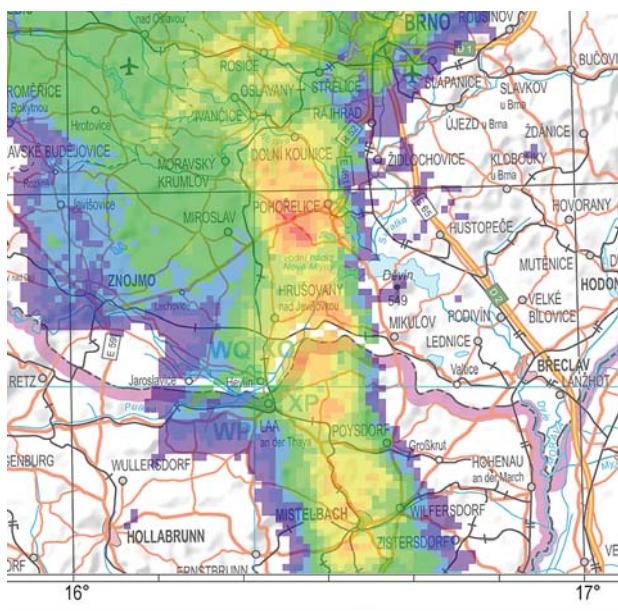
Při řešení kartografické vizualizace byla změněna konvenční pravidla vzhledu plošných znaků pro lesní typy tak, aby zůstaly srozumitelné a zároveň co nejméně zakrývaly a narušovaly čitelnost leteckého ortofotosnímku v nepravých barvách. Pro kvalitativní odlišení ploch bylo využito kódování, barva halo jednotlivých kódů je v souladu s konvenční barevností a je tedy nositelem kvalitativní informace. Barva textu je převážně černá, protože je v dostatečném kontrastu k barevnému halo. Pouze v jednom případě byla zvolena světle šedá pro dostatečný kontrast k tmavému hnědému halo. Hranice všech ploch lesních typů je bílá, zajišťující čitelnost nad ortofotosnímkiem.

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

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

4.8 Prototyp TEMA6 – Odhad intenzity srážek v měřítku 1 : 1 000 000

Prototyp TEMA6 se od ostatních liší typem obrazové složky. Obrazovou složku tvoří data nesoucí informace o radiolokační odrazivosti od atmosférických částic, pomocí nichž lze získat intenzitu srážek. Prototyp TEMA6 je příkladem využití dalších materiálů DPZ pořízených aktivním senzorem (radarem) v kartografické tvorbě. Obrazová složka je nositelem tematické informace, topografický podklad tvoří znaková složka (obr. 10).



Obr. 10 Prototyp tematické ortofotomapy, ve které obrazovou složku tvoří data nesoucí informace o radiolokační odrazivosti od atmosférických částic a topografický podklad tvoří znaková složka (TEMA6) – detail (vlevo), legenda (vpravo)

Meteorologické radiolokátory slouží ke zjišťování rozložení okamžitých intenzit atmosférických srážek a výskytu jevů spojených s oblačností na ploše v řádu 100 000 km². Jejich funkce je založena na schopnosti srážkových částic v atmosféře (vodních kapiček, sněhových vloček, ledových krvinek) odrážet radiovlny v centimetrovém pásmu vlnových délek [8]. Měřená radiolokační odrazivost od atmosférických částic má přímý vztah k okamžité intenzitě srážek v daném místě. Barevná stupnice odrazivosti má 15° odrazivosti s krokem 4 dBZ, prahová hodnota 4 dBZ odpovídá intenzitě deště cca 0,06 mm/h. Podobných fyzickogeografických témat závislých na reliéfu [19] lze pomocí ortofotomap tohoto typu sestavit velké množství.

Prostorové rozlišení obrazových dat je 1 km, což není v souladu s měřítkem výsledné ortofotomapy. Výsledkem je tedy vizuální rozlišitelnost jednotlivých pixelů.

Barevnost tematické obrazové složky je ponechána konvenčně podle zvyklostí a běžného používání Českým hydrometeorologickým ústavem [20]. Název mapy uvádí uživateli bližší charakteristiku (úhrn srážek), i když je barevnou hypsometrií vizualizována radiolokační odrazivost. Legenda uvádí přepočtení radiolokační odrazivosti atmosférických vodních částic na úhrn srážek v mm/h.

5. Diskuze

Autoři se snaží motivovat k odborné diskusi nad pojmem ortofotomapa. Mezi materiály DPZ, které je možno využít v kartografické vizualizaci, patří mimo jiné obrazová data nemající atributy fotogrammetrické.

Při tvorbě prototypů ortofotomap nemohli autoři postihnout a detailně rozpracovat všechny aspekty této problematiky. Osm sestavených prototypů představuje pouze malou část z velkého množství potenciálních kartografických produktů využívajících materiály DPZ. Na základě praktických úloh se všemi prototypy lze konstatovat, že

všechny mohou být používány v kartografické i geografické praxi [12].

Přínosem však je vyřešení řady odborných (konceptních i technických) problémů. Při řešení každého dílčího problému autoři často narazili na situace vyžadující tento problém rozvést v daleko širší míře. Některé výsledky práce lze brát jako výchozí poznatky dosažené v této problematice a dále je na výzkumné bázi rozvíjet.

Po zkušenostech s tvorbou prototypů ortofotomap autoři nasměřovali pozornost svého výzkumu na následující témata:

- spektrální informační náplň obrazové složky,
- automatické stanovení barev znakové složky ve vztahu k obrazové složce,
- automatizace tvorby popisu ortofotomap, jeho barevnost a umístění,
- detailní rozpracování uživatelských aspektů ortofotomap,
- způsob tvorby a použití legendy rastrových obrazů,
- potlačení obrazové složky snížením prostorového rozlišení,
- použití specifických materiálů DPZ pro kartografické účely.

Autoři se pokusili objektivně vymezit termín ortofotomapa. Jejich definice (viz část 2) je založena na rozdělení obsahu ortofotomapy na dvě rovnocenné a vzájemně se doplňující složky – obrazovou a znakovou. Při jejím vytváření se autoři zaměřili na korektnost definice z kartografického pohledu a zároveň její nezávislost na způsobu současné kartografické tvorby využívající geoinformační technologie. V pojetí ortofotomapy je klíčové použití obrazové složky (bez obrazové složky není ortofotomapa). Svého teoretického konceptu se autoři přidržují při stanovení obsahu ortofotomapy, její klasifikaci i při návrhu jednotlivých prototypů.

Autoři připouštějí, že obrazovou složku mohou tvořit kromě leteckých a družicových ortofotosnímků i další obrazová data získaná z DPZ, např. data z hyperspektrálních senzorů, data z termálních senzorů nebo data z aktivních senzorů (viz prototyp TEMA6, část 4.8). Tímto rozšířením množiny potenciálních informačních vstupů (z fotogra-

fických materiálů na obrazové materiály) se posouvá i význam termínu ortofotomapa. Je proto otázkou, zda a jak nahradit výraz „foto“ ve slově „ortofotomapa“. Aplikace slova „ortoobrazomapa“ je jednou z variant, avšak jeho zavedení do kartografického slovníku se v současné době zdá nereálné. Například u prototypu TEMA6 může být použití pojmu ortofotomapa právem zpochybněno, protože obrazová složka je sice tvořena obrazovými daty (angl. image) v ortogonální projekci, nejsou však fotografie (angl. photograph) ve smyslu [11].

Nutno konstatovat, že uvedený koncept ortofotomapy i všechny sestavené prototypy naplňují všechny aspekty užítí map, včetně požadavků na pokročilé metody analýzy informační náplně map ([4], [5], [21]).

6. Závěr

Potenciál využití materiálů DPZ v kartografické vizualizaci je značný. Obrazové materiály použité přímo k sestavení kartografického výstupu bez jejich klasifikace zrychlují proces předávání informací uživateli, protože tvorba odvozených podkladů a následně tradičních map je často příliš zdoluhavá. Avšak tento potenciál není na teoretické a výzkumné úrovni doposud zcela probádaný. Autoři některé směry vývoje a způsoby zpracování na příkladech prototypů ortofotomap pouze naznačili, nikoli detailně rozvedli.

Obecně lze konstatovat, že při tvorbě ortofotomapy kartograf pracuje se dvěma zdroji informací. Ortofotosnímek znázorňuje realitu v době jeho pořízení. Z objektivních příčin uvedených v předchozím textu však některé informace chybějí. Důležité však je, že objem informací a jejich lokalizace (v případě použití správných geometrických korekcí snímku) odpovídají realitě. Oproti tomu znaková složka je již abstrakcí reality, kdy lze prvky zjednodušovat a vybírat na základě předem stanovených pravidel – je možné provádět proces generalizace. Správné sladění obou složek pak představuje hlavní úkol při tvorbě tohoto kartografického produktu.

Autoři předkládají zpřesnění definice pojmu „ortofotomapa“ zavedením pojmů „obrazová složka“ a „znaková složka“, včetně jejich vymezení. Autoři vymezili základní koncept ortofotomapy, který by měl být dodržován při projektování a tvorbě ortofotomapy, aby byla zachována vysoká kvalita kartografického díla. Nově definovaná topografická ortofotomapa a tematická ortofotomapa, jako druhové označení map vytvářených s využitím obrazových materiálů DPZ, byly představeny prostřednictvím 8 prototypů. V nich byla popsána řada technických aspektů a parametrů nezbytných pro dosažení maximální interpretovatelnosti geografické reality s využitím ortofotomap. Prototypy topografických a vybraných druhů tematických ortofotomap mohou posloužit jednak jako podklad pro další odbornou diskuzi, jednak se mohou stát určitým vzorem pro projektování a tvorbu ortofotomap v ČR.

LITERATURA:

- [1] BĚLKA, L.: Kartografické aspekty materiálů dálkového průzkumu Země. [Disertační práce.] Praha 2011. 121 s. – Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta.
- [2] BURIAN, J.: Geoinformační technologie v územním plánování. [Rigorózní práce.] Praha 2009. – Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta.
- [3] DOBROVOLNÝ, P.: Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. Brno, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity 1998. 208 s. ISBN 80-210-1812-7.
- [4] DVORSKÝ, J.-SNÁŠEL, V.-VOŽENÍLEK, V.: Map Similarity Testing Using Matrix Decomposition. In: International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS) 2009. Barcelona, Spain, November 4-6, 2009, pp. 290-294.
- [5] DVORSKÝ, J.-SNÁŠEL, V.-VOŽENÍLEK, V.: On Maps Comparison Methods. In: International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications (CISIM) 2010. Krakow, Poland, October 8-10, 2010. Art. no. 5643513, pp. 557-562.
- [6] FALT, J.: Ortofotomapy a chyby při jejich pořizování [online]. In: Sborník referátů z konference GIS Ostrava 2003. [cit. 2010-12-1]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2003/Sbornik/Referaty/falt.htm.
- [7] KEPRTOVÁ, K.: Obrazová data dálkového průzkumu Země v kartografických produktech. In: Súčasný trendy v kartografii. Zborník referátov zo 17. kartografickej konferencie. Bratislava, Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky 2007, s. 120-124.
- [8] KRÁČMAR, J.: Meteorologické radiolokátory [online]. [cit. 2011-8-21]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/info_radar/index.html.
- [9] KUDĚLKA M.-HORÁK, Z.-VOŽENÍLEK, V.-SNÁŠEL, V.: Orthophoto Feature Extraction and Clustering. Neural Network World, Vol. 22, 2012, No. 2, pp. 103-121.
- [10] Typologie lesů [online]. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [cit. 2012-4-30]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/lestypol>.
- [11] LILLESAND, T. M.-KIEFFER, R. W.-CHIPMAN, J. W.: Remote Sensing and Image Interpretation. 5th edition. New York, Wiley 2004. 763 p. ISBN 0-471-45152-5.
- [12] MARJANOVIĆ, M.-KOVAČEVIĆ, M.-BAJAT, B.-VOŽENÍLEK, V.: Landslide Susceptibility Assessment Using SVM Machine Learning Algorithm. Engineering Geology, Vol. 123, 2011, No. 3, pp. 225-234.
- [13] PETRIE, G.: Orthophotomaps. Transactions of the Institute of British Geographers, New Series, Vol. 2, 1977, No. 1 – Contemporary Cartography, pp. 49-70.
- [14] PRAVDA, J.: Mapový jazyk. Bratislava, Vydavateľstvo Univerzity Komenského v Bratislave 2003. 104 s.
- [15] PRAVDA, J.-KUSENDOVÁ, D.: Aplikovaná kartografia. Bratislava, Geo-grafika 2007. 224 s. ISBN 978-80-89317-00-4.
- [16] ROBINSON, A. H.-MORRISON, J. L. et al.: Elements of Cartography. 6th edition. New York, Wiley 1995. 688 p. ISBN-10: 0471555797.
- [17] RYBANSKÝ, M.-ČAPEK, J.: Critical Transportation Spots on the Roads. In: EUGEO 2007. Amsterdam, University of Amsterdam, 20.-23. 8. 2007. 4 p.
- [18] SLOCUM, T. A.-MCMASTER, R. B.-KESSLER, F. C.-HOWARD, H. H.: Thematic Cartography and Geographic Visualization. Upper Saddle River, Pearson/Prentice Hall 2005. 518 p. ISBN-10: 0132298341.
- [19] SVOBODOVÁ, J.-VOŽENÍLEK, V.: Relief for Models of Natural Phenomena. In: Anděl, J.-Bičík, I.-Dostál, P.-Lipský, Z.-Shahneslin, S. G. (eds.): Landscape Modelling: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios (Urban and Landscape Perspectives, Vol. 8). Dordrecht, Springer 2010, pp. 183-196.
- [20] TOLASZ, R. et al.: Atlas podnebí Česka/Climate Atlas of Czechia. Praha, ČHMÚ 2007. 256 s.
- [21] TUČEK, P.-PÁSZTO, V.-VOŽENÍLEK, V.: Regular Use of Entropy for Studying Dissimilar Geographical Phenomena. Geografie – Sborník ČGS, 114, 2009, č. 2, pp. 117-129.
- [22] UNIVERSITY OF TEXAS LIBRARIES: Glossary of Cartographic Terms [online]. Austin, University Of Texas. [cit. 2011-8-19]. Dostupné z: <http://www.lib.utexas.edu/maps/glossary.html>.
- [23] VOIGT, B.: Glossary of Coastal Terminology [online]. Washington State Department of Ecology, Coastal Monitoring & Analysis Program, Publication No. 98-105. [cit. 2011-8-19]. Dostupné z: http://www.coastalatlant.net/index.php?option=com_glossary&func=view&Itemid=37&catid=12&term=ORTHOPHOTOMAP.
- [24] VOŽENÍLEK, V.: Cartography for GIS – Geovisualization and Map Communication. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2005. 142 p. ISBN: 8024410478.
- [25] VOŽENÍLEK, V.-KAŇOK, J. et al.: Metody tematické kartografie – vizualizace prostorových dat. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci 2011. 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4.

Do redakce došlo: 7. 3. 2013

Lektoroval:
doc. RNDr. Milan Václav Drápela, CSc.,
MU Brno

Význam netechnologických aspektů mapové tvorby

RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.,
katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Netechnologické aspekty mapové tvorby mají významný vliv na kartografickou produkci, její kvalitu a vnímání cílovými uživateli. Získání poznatků je důležité pro přizpůsobení mapové tvorby požadavkům trhu, uživatelů a dalším podmínkám jako jsou legislativní nebo ekonomické záležitosti. Pro úvodní predikci předpokladů o významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby bylo využito krátkého dotazníkového šetření provedeného mezi tvůrci kartografických děl. Předpoklady vyslovené na základě výsledků byly ověřovány rozsáhlým on-line dotazníkovým šetřením mezi uživateli, tvůrci a producenty kartografických děl v České republice. Jako nejméně významné jsou obecně vnímány politické, sociologické a psychologické aspekty, naopak, jako nejvýznamnější jsou vnímány aspekty ekonomické, uživatelské, vizualizační a estetické.

The Importance of Non-technological Aspects of Map Production

Summary

Non-technological aspects of the map creation have a significant effect on the cartographic production, its quality and its perception by target users. Obtaining of this information is important for the successful adaptation of map creation to requirements of the market and users, so as to other conditions, such as legislative or economic are. For initial prediction of hypotheses about the significance of non-technological aspects of map creation the results of a short investigation conducted among creators of cartographic works were used. Expressed hypothesis based on these results were verified by the extensive online questionnaire investigation among users, creators and producers of cartographic works in the Czech Republic. Generally perceived the least important are political, sociological and psychological aspects, on the contrary to the most important ones, which are economic, user, visualization and aesthetic aspects.

Keywords: map creation, user aspects, external influence

1. Úvod

Hodnocení významu jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby je velmi obtížné z hlediska metodiky výzkumu [1]. Obecné hodnocení producenty a uživateli map je totiž velmi významně ovlivněno subjektivním názorem respondentů, avšak hodnocení dílčích aspektů metodami objektivními (např. využití metody eye-tracking v hodnocení vizualizačního aspektu, hodnocení ekonomického aspektu dlouhodobými finančními statistikami apod.) nedefinuje význam v hodnotách relativních k ostatním netechnologickým aspektům, avšak pouze k sobě samým.

Pro úvodní predikci předpokladů o významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby bylo využito výsledků krátkého dotazníkového šetření provedeného mezi tvůrci kartografických děl. Celkem se krátkého testování zúčastnilo 32 respondentů. Tyto výsledky byly diskutovány na konferenci Aktivity v kartografii věnované památce Ing. Jána Pravdy, DrSc., v roce 2012 v Bratislavě [2]. Následně byla po konzultacích s odborníky na statistiku a sociologii vytvořena sada on-line dotazníků, která byla obsáhlejší, podrobnější a byla rozdělena podle hlavního klasifikačního znaku respondentů, tj. zda se jedná o uživatele, tvůrce (kartografa) nebo producenta (vydavatele). V rámci krátkého dotazníkového šetření patřily mezi nejvýznamnější závěry a výsledky následující skutečnosti, které se současně staly předpoklady ověřovanými rozsáhlým dotazníkovým šetřením:

- největší význam mezi všemi netechnologickými aspekty v procesu mapové tvorby mají aspekty uživatelské, ekonomické a vizualizační,
- nejmenší význam mezi všemi netechnologickými aspekty

v procesu mapové tvorby mají aspekty politické a sociologické,

- žádný z hodnocených netechnologických aspektů mapové tvorby nevykazuje signifikantně vyšší významnost než ostatní hodnocené aspekty.

Hypotéza obecně je vědecky zdůvodněný předpoklad možného stavu skutečnosti, tedy tvrzení o podstatě určité situace ve světě [3]. Uvedené hypotézy byly navrženy na základě krátkého šetření, aby však byly následně jako předpoklady potvrzeny nebo falzifikovány, byla provedena podrobná statistická analýza se slovním vyhodnocením závěrů.

2. Dotazníkové šetření

Velké dotazníkové šetření bylo realizováno prostřednictvím on-line sady dotazníků, přičemž odpovědi respondentů byly automaticky ukládány do on-line databáze. K tomuto přístupu byla využita funkcionality Google dokumentů v souladu s podmínkami užití tohoto aplikačního prostředí [4], uživatelské prostředí (obr. 1) bylo dále upraveno pomocí softwaru PSPad Freeware Editor, verze 4.5.6.

On-line dotazníky byly dostupné po dobu jednoho měsíce v období říjen-listopad 2012. Celkem bylo vyplněno a zaznamenáno do on-line databáze 344 dotazníků týkajících se hodnocení významu netechnologických aspektů mapové tvorby, a to ve složení 237 respondentů z řad uživatelů map, 79 respondentů z řad tvůrců map a 28 respondentů ze skupiny producentů kartografických děl. Dotazníky mohly být vyplňovány anonymně, ke každému záznamu byla přiřazena pouze tzv. časová značka (obr. 2).

DOTAZNÍKY
Netechnologické aspekty mapové tvorby

Úvod Pokyny Uživatel Tvůrce Producent Kontakt

Dotazník 1
Dotazník 2
Dotazník 3

Pokyny jsou zde. V případě jakýchkoliv dotazů se, prosím, obraťte na alena.vondrakova@upol.cz

Dotazník UŽIVATEL - Ekonomické aspekty

Odpovězte, prosím, na následující otázky týkající se ekonomických aspektů mapové tvorby.

Jak hodnotíte cenu kartografických děl na českém trhu?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
velmi levné velmi drahé

Jak hodnotíte cenu kartografických atlasů na českém trhu?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
velmi levné velmi drahé

Jaké parametry jsou pro Vás rozhodující při nákupu kartografických produktů obecně? (turistické mapy, plány měst, průvodce, apod.)

| | určitě nerozhodující | spíše nerozhodující | průměrně rozhodující | spíše rozhodující | určitě rozhodující |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Cena | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| www.volny.cz/al.vondrakova/pd2.html | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Obr. 1 Rozhraní pro realizaci dotazníkového šetření (screenshot)

| Časová značka | Estetický aspekt TISK | Etický aspekt TISK | Geoinformační aspekt TISK | Koncepční aspekt TISK | Legislativní aspekt TISK |
|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 11.14.2012 13:53:55 | 7 | 5 | 7 | 7 | 8 |
| 11.14.2012 14:01:38 | 7 | 5 | 4 | 5 | 3 |
| 11.14.2012 14:12:50 | 7 | 5 | 7 | 8 | 5 |
| 11.14.2012 14:24:47 | 8 | 9 | 10 | 8 | 10 |
| 11.14.2012 14:29:28 | 8 | 8 | 7 | 7 | 9 |
| 11.14.2012 14:36:45 | 9 | 5 | 3 | 10 | 7 |
| 11.14.2012 14:57:32 | 6 | 6 | 8 | 7 | 7 |
| 11.14.2012 15:16:00 | 7 | 4 | 7 | 7 | 5 |
| 11.14.2012 15:17:43 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11.14.2012 15:28:26 | 10 | 9 | 5 | 9 | 10 |
| 11.14.2012 15:33:58 | 6 | 6 | 8 | 5 | 9 |
| 11.14.2012 16:12:54 | 9 | 5 | 3 | 7 | 8 |
| 11.14.2012 16:27:44 | 5 | 10 | 5 | 8 | 10 |

Obr. 2 Databáze záznamů, časová značka je uvedena v prvním sloupci (screenshot)

Respondenti současně měli (navzdory anonymnímu vyplňování i vyhodnocování) možnost svou identitu v případě vlastního zájmu prozradit, a to v podobě kontaktních údajů nebo v poli pro komentáře. Prázdné záznamy, kde respondent pouze klikl na tlačítko „odeslat“ bez vyplnění jakékoliv odpovědi, případně mohlo dojít k jiné technické závadě, byly před vyhodnocováním manuálně odstraněny.

3. Výsledky dotazníkového šetření

V rámci hromadného on-line dotazníkového šetření bylo z celkem 14 448 možných odpovědí na význam jednotlivých aspektů (14 hodnocených aspektů ve třech kategoriích – tištěná díla, digitální kartografická produkce a atlasová díla – pro celkový počet 344 dotazníků) získáno 14 144 odpovědí. Jejich vyhodnocení bylo využito k ově-

ření navržených hypotéz týkajících se významnosti jednotlivých vymezených netechnologických aspektů mapové tvorby (vymezení bylo vždy stručně uvedeno u každého hodnoceného aspektu). Nevyplněné odpovědi nebyly do vyhodnocení započítány.

Významnost jednotlivých aspektů mohla být hodnocena na škále od 0 (nevýznamný) po 10 (velmi významný), a to vždy v pořadí pro tištěná, digitální a atlasová kartografická díla. Mezi tištěná kartografická díla byly zařazeny turistické mapy, průvodce, autoatlasy, tematické atlasy, propagační mapy apod., mezi digitální kartografická díla byly zařazeny mapové portály, internetové a softwarové aplikace, digitální atlasy apod. a mezi atlasová kartografická díla byly zařazeny vědecké atlasy, tematické atlasy, školní atlasy a další atlasová kartografická tvorba. Tyto informace byly uvedeny vždy v úvodu daného dotazníku, pro všechny skupiny respondentů v témže znění.

Cílem hodnocení odpovědí na zadané otázky bylo srovnání mezi tradiční tištěnou kartografickou tvorbou (bez

ohledu na typ kartografického díla) a kartografií digitální, která je považována za moderní trend (např. [5]).

Respondenti dotazníkového šetření byli dále seznámeni s krátkým vymezením jednotlivých aspektů, a to v následujícím rozsahu:

Ekonomický aspekt: Aspekt zahrnující celkové finanční náklady na proces kartografické tvorby.

Estetický aspekt: Aspekt zahrnující výtvarné provedení a design kartografického díla, bez ohledu na zvolené kartografické metody.

Etický aspekt: Aspekt zahrnující etické chování v procesu kartografické tvorby, tzn. způsob získání dat, softwaru, chování k zaměstnancům, konkurenční boj apod.

Geoinformační aspekt: Aspekt zahrnující způsob využití znalostí a dovedností geografických informačních systémů (GIS) při tvorbě mapy.

Historický aspekt: Aspekt zahrnující vliv vývoje kartografie a společnosti v minulosti (metody zobrazení, vžitě znakové sady, metody kartografického vyjádření, společenská výchova apod.).

Koncepční aspekt: Aspekt zohledňující cíl a účel mapy (co mapa vyjadřuje a jakým způsobem – např. analytické, komplexní a syntetické mapy).

Legislativní aspekt: Aspekt zahrnující vliv legislativních opatření a zákonů na proces kartografické tvorby, ochranu děl apod.

Metodologický aspekt: Aspekt zahrnující postup zpracování při tvorbě kartografického díla (např. metody kartografického výzkumu).

Organizační aspekt: Aspekt zahrnující zajištění realizace kartografické produkce a řízení prací při tvorbě kartografického díla.

Politický aspekt: Aspekt zahrnující ovlivnění kartografické tvorby a produkce současnou politickou situací a státní informační politikou.

Psychologický aspekt: Aspekt zahrnující obecné subjektivní vnímání kartografických děl.

Sociologický aspekt: Aspekt zahrnující vliv společnosti (náhledy, postoje, přístup) na proces kartografické tvorby.

Uživatelský aspekt: Aspekt zahrnující uživatelské vnímání mapových děl, ovlivnění mapové tvorby požadavky uživatelů, jejich preferencemi a potřebami (zaměření na cílovou skupinu uživatelů).

Vizualizační aspekt: Aspekt zahrnující výběr použitých metod kartografického vyjádření, použití znakového klíče, kompozice mapy apod.

Pořadí hodnocených aspektů bylo abecední a tato informace byla taktéž uvedena v úvodu dotazníku, aby nebyl respondent ovlivněn zvoleným pořadím a nepovažoval je za seřazení např. podle subjektivně vnímaného významu.

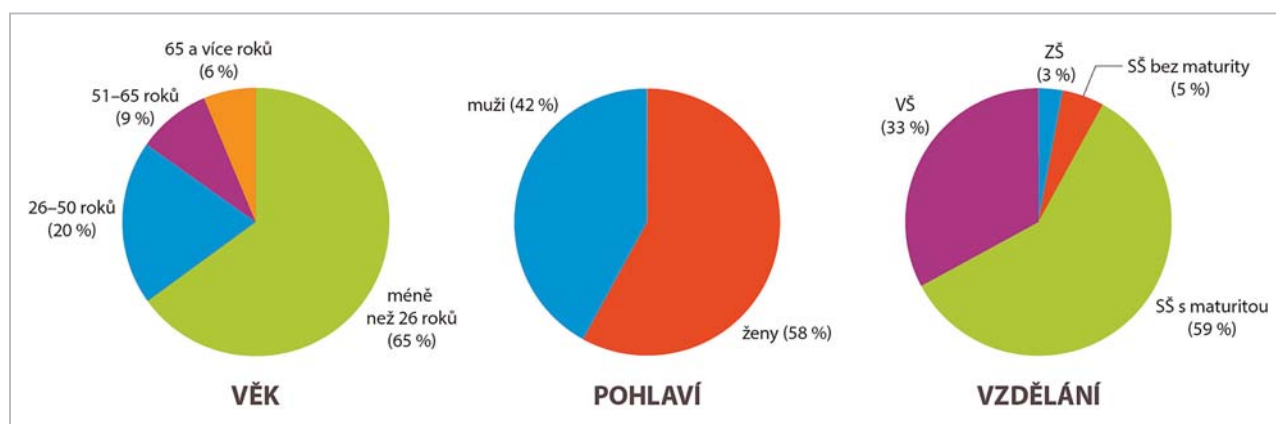
U respondentů v sadě dotazníků pro uživatele byly současně zjišťovány údaje o věku (kategorie do 26 let, 26 – 50 let, 51 – 65 let a více než 65 let), pohlaví, nejvyšší dosažené vzdělání (ZŠ, SŠ bez maturity, SŠ s maturitou, VŠ), obor zaměstnání (volné textové pole k odpovědi) a vztah ke kartografii (výběrem z několika možností a s uvedením odpovědi „jiné“ ve volném textovém poli k odpovědi). V sadě dotazníků pro tvůrce byly zjišťovány údaje o zaměstnání (velikost společnosti, resp. forma podnikání nebo podíl na kartografické tvorbě), věková skupina (stejně jako u skupiny „uživatel“), pohlaví, pracovní pozice (výběrem z kategorií geodet, operátor, kartograf, grafik, IT specialista, vedoucí pracovník a „jiné“). Stejně informace jako u tvůrců byly získávány i v dotazníkové sadě pro producenty map.

Význam jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby byl hodnocen pro každou ze skupin respondentů zvlášť, proto i hypotézy byly verifikovány nebo falzifikovány pro každou skupinu. Stále se však jedná pouze o jeden z možných pohledů, a to uživateli (příp. tvůrci nebo producenty), kteří se řešenou problematikou netechnologických aspektů mapové tvorby nezabývali podrobně. Mnohdy při osobních rozhovorech s vybranými respondenty vyplynulo, že např. politický aspekt vnímali jen okrajově a až při diskusi nad významem státní informační politiky, státního financování vědy a výzkumu, státních zakázek apod. daný respondent přehodnocoval svůj názor. Cílem testování však nebylo ovlivnit odpovědi respondentů, proto tyto rozhovory probíhaly až po vyplnění dotazníků.

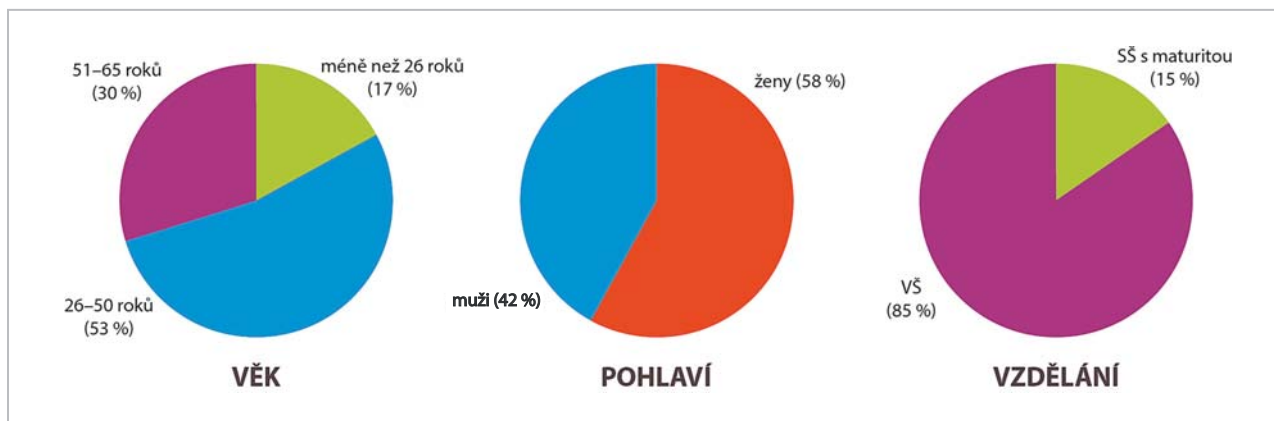
Složení jednotlivých skupin respondentů odpovídajících na dotazník „Význam netechnologických aspektů mapové tvorby“ je znázorněno na obr. 3, 4 a 5.

Ve skupině respondentů „uživatel“ nejčastěji uvedeným oborem činnosti bylo student, geoinformatik, administrativní pracovník a další. Nejčastěji uváděným vztahem ke kartografii byla odpověď „jsem běžný uživatel“ a „jsem mírně poučený uživatel“.

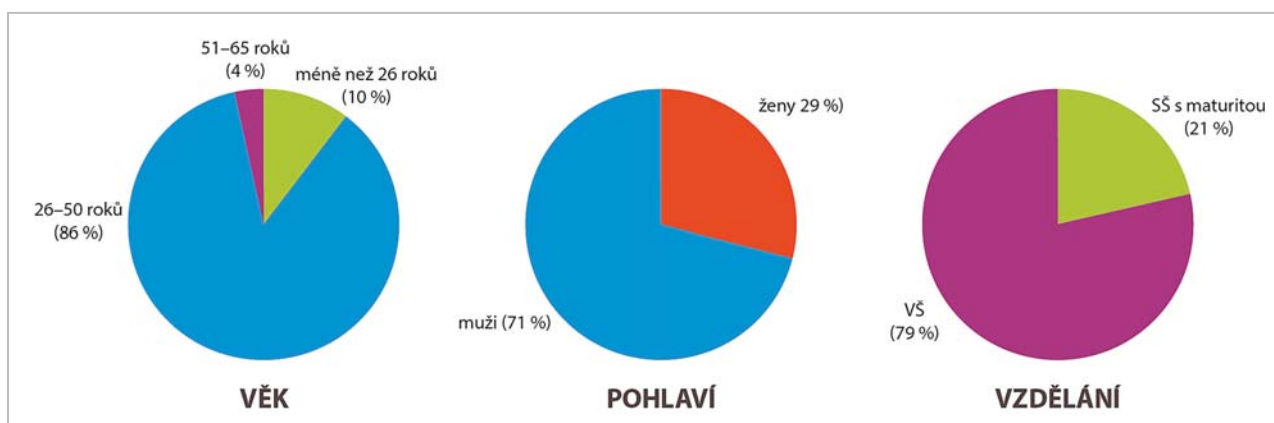
Ve skupině respondentů „tvůrce“ nejčastěji uvedeným oborem činnosti bylo kartograf (91 % odpovědí), dále technický pracovník GIS, geodet, vědec a další. Nejčastěji uváděným místem zaměstnání bylo univerzitní pracoviště, státní správa, zaměstnanec v soukromé společnosti a další.



Obr. 3 Charakteristika skupiny respondentů UŽIVATEL (grafika [1])



Obr. 4 Charakteristika skupiny respondentů TVŮRCE (grafika [1])



Obr. 5 Charakteristika skupiny respondentů PRODUCENT (grafika [1])

Ve skupině respondentů „producent“ nejčastěji uvedenou pracovní pozicí bylo ředitel společnosti, spolumajitel firmy, kartograf a další. Nejčastěji uváděnou charakteristikou společnosti byla soukromá firma s více zaměstnanci, státní sféra a univerzitní pracoviště.

Výsledky dotazníkového šetření se zaměřením na hodnocení významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby podle skupin respondentů a typu kartografických děl jsou uvedeny na obr. 6, 7, 8, 9, 10 a 11.

Ověření předpokladů vycházejících z krátkého pilotního dotazníkového šetření vycházelo z průměrných hodnot pro všechny sledované formy kartografické produkce (tištěná, digitální, atlasová). Výsledky ověření jsou následující:

- **Předpoklad 1: Největší význam mezi všemi netechnologickými aspekty v procesu mapové tvorby mají aspekty uživatelské, ekonomické a vizualizační.**

Ověření – skupina „UŽIVATEL“:

Podle výsledků šetření mají největší význam podle skupiny respondentů „uživatel“ netechnologické aspekty estetický (1. místo), uživatelský (2. místo) a vizualizační (3. místo), zatímco ekonomický aspekt je až na 7. místě v pořadí významnosti. Předpoklad **není možné potvrdit** na základě empirické evidence, zároveň však není možné předpoklad plně falzifikovat.

Ověření – skupina „TVŮRCE“:

Podle výsledků šetření mají největší význam podle skupiny respondentů „tvůrce“ netechnologické aspekty vi-

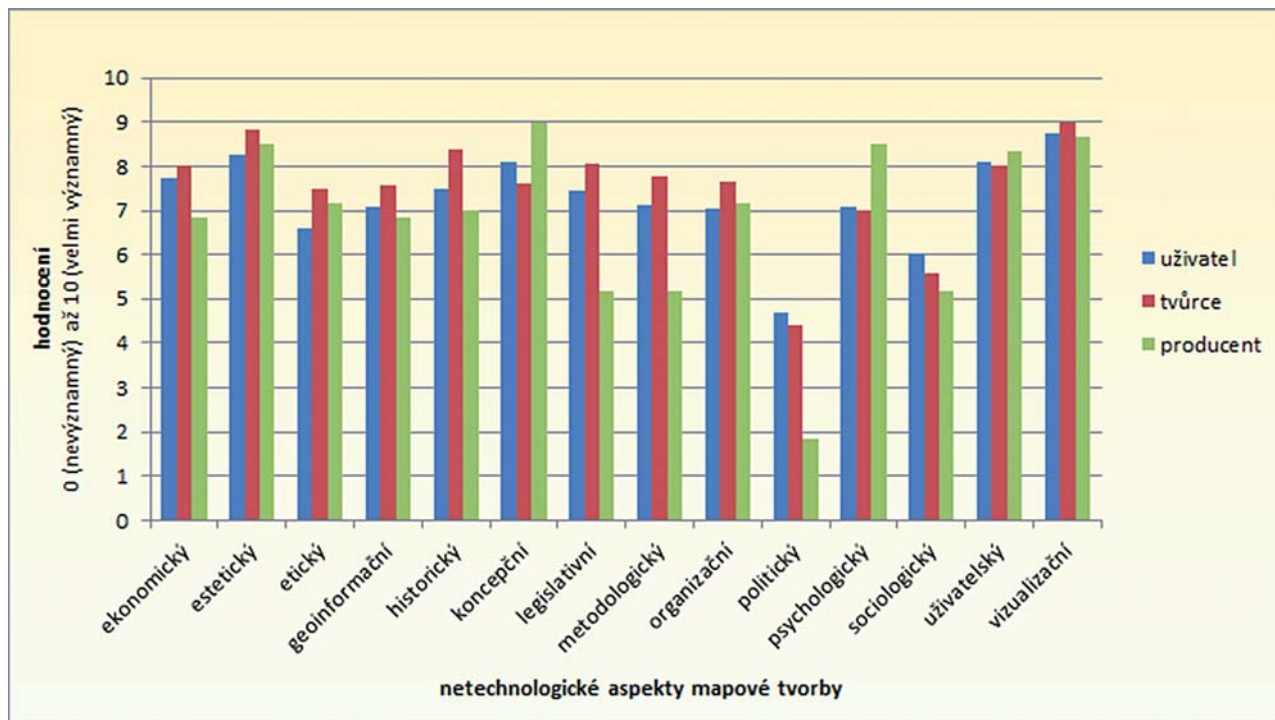
zualizační (1. místo), estetický (2. místo) a koncepční (3. místo), ekonomický aspekt je na 6. místě v pořadí významnosti. Předpoklad **není možné potvrdit** na základě empirické evidence, zároveň však není možné předpoklad plně falzifikovat.

Ověření – skupina „PRODUCENT“:

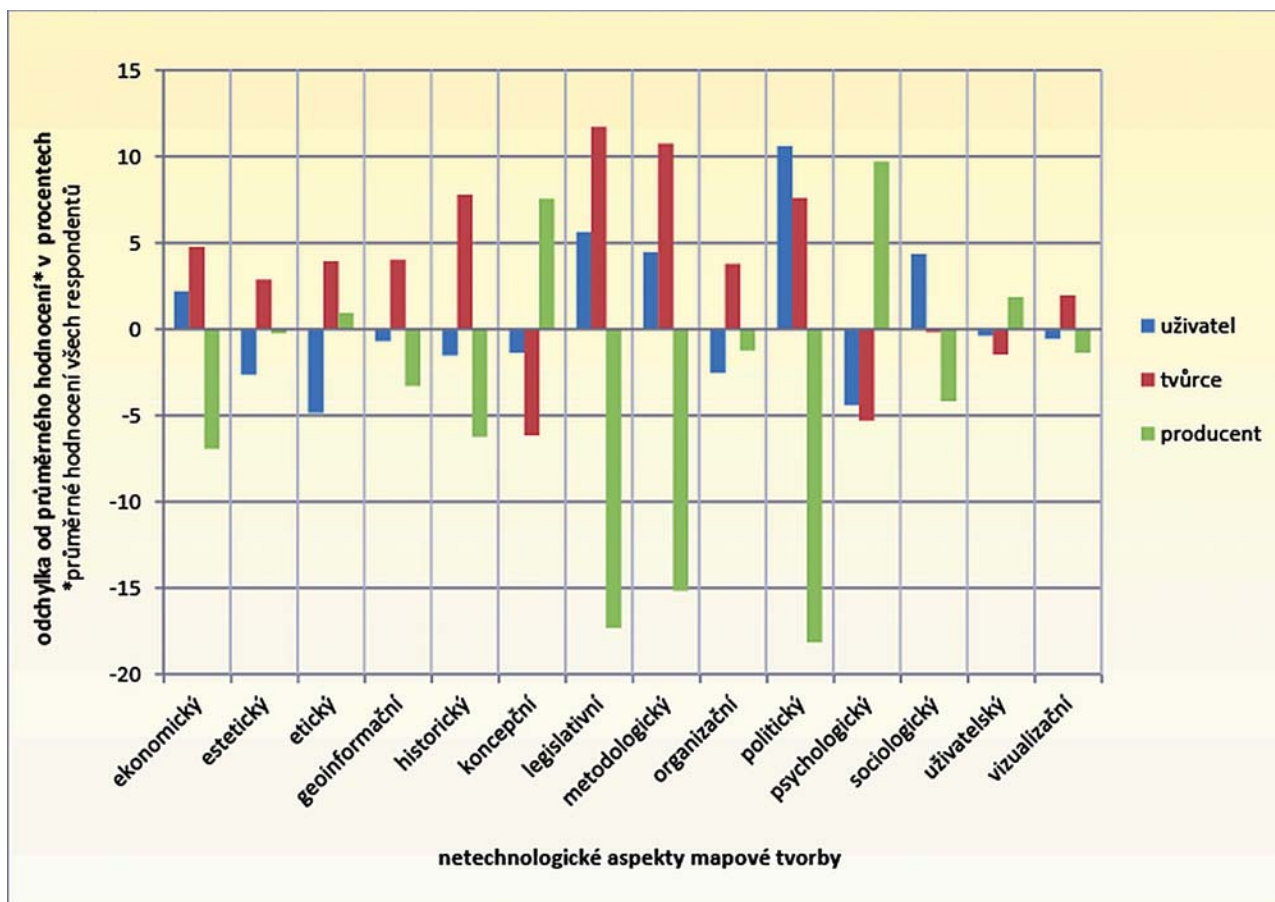
Podle výsledků šetření mají největší význam podle skupiny respondentů „producent“ netechnologické aspekty uživatelský (1. místo), estetický (2. místo) a vizualizační (3. místo), ekonomický aspekt je až na 10. místě v pořadí významnosti. Předpoklad **není možné potvrdit** na základě empirické evidence, zároveň však není možné předpoklad plně falzifikovat.

U všech tří skupin se mezi nejvýznamnějšími aspekty vyskytoval **aspekt vizualizační a aspekt estetický**. Ekonomický aspekt, který v rámci pilotního dotazníkového šetření byl vyhodnocen jako druhý nejvýznamnější, skončil až na nižších pozicích v rámci žebříčku hodnocených aspektů seřazených podle významnosti. Proto nebylo možné předpoklad potvrdit. Přesto si výsledky šetření nejsou nepodobné – koncepční aspekt, který skončil jako 4. v pořadí významnosti u pilotního dotazníkového šetření, označili jako 3. nejvýznamnější respondenti skupiny „tvůrce“ a estetický aspekt byl v pilotním testování na 5. místě, což není signifikantní rozdíl.

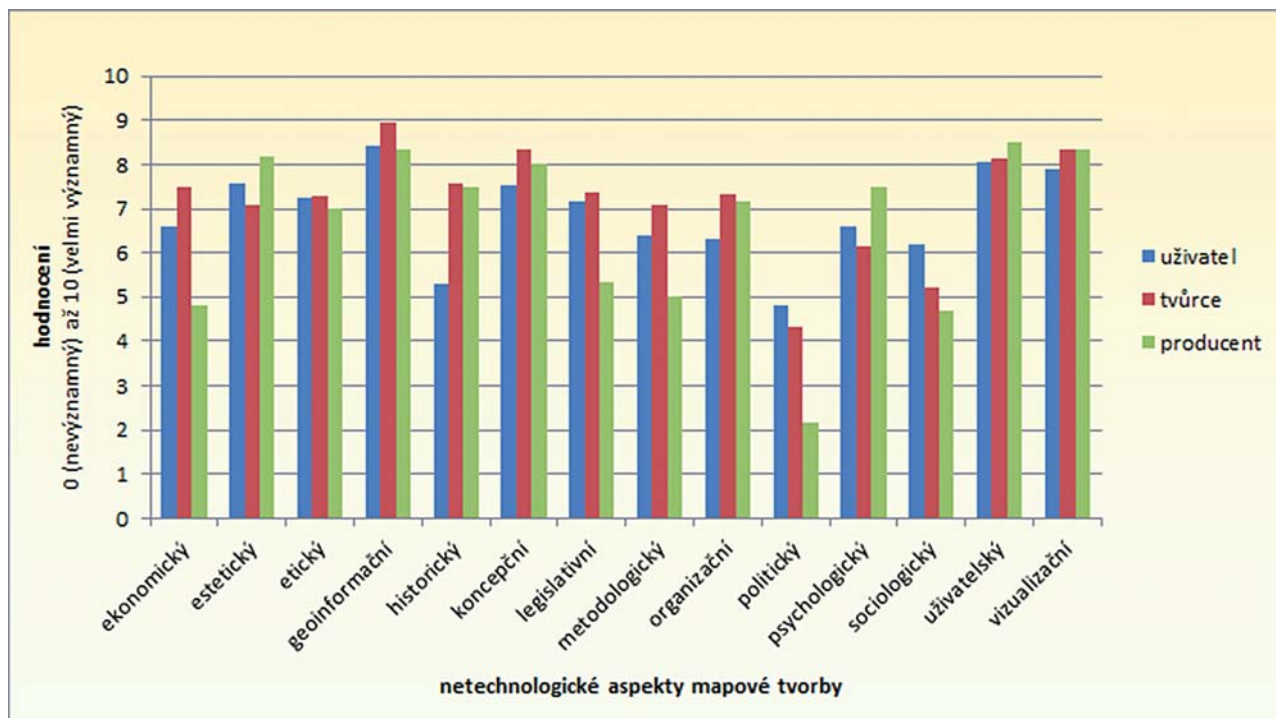
Obecně se dá říci, že vizualizační, estetické a uživatelské aspekty jsou chápány jako velmi významné většinou respondentů dotazníkového šetření.



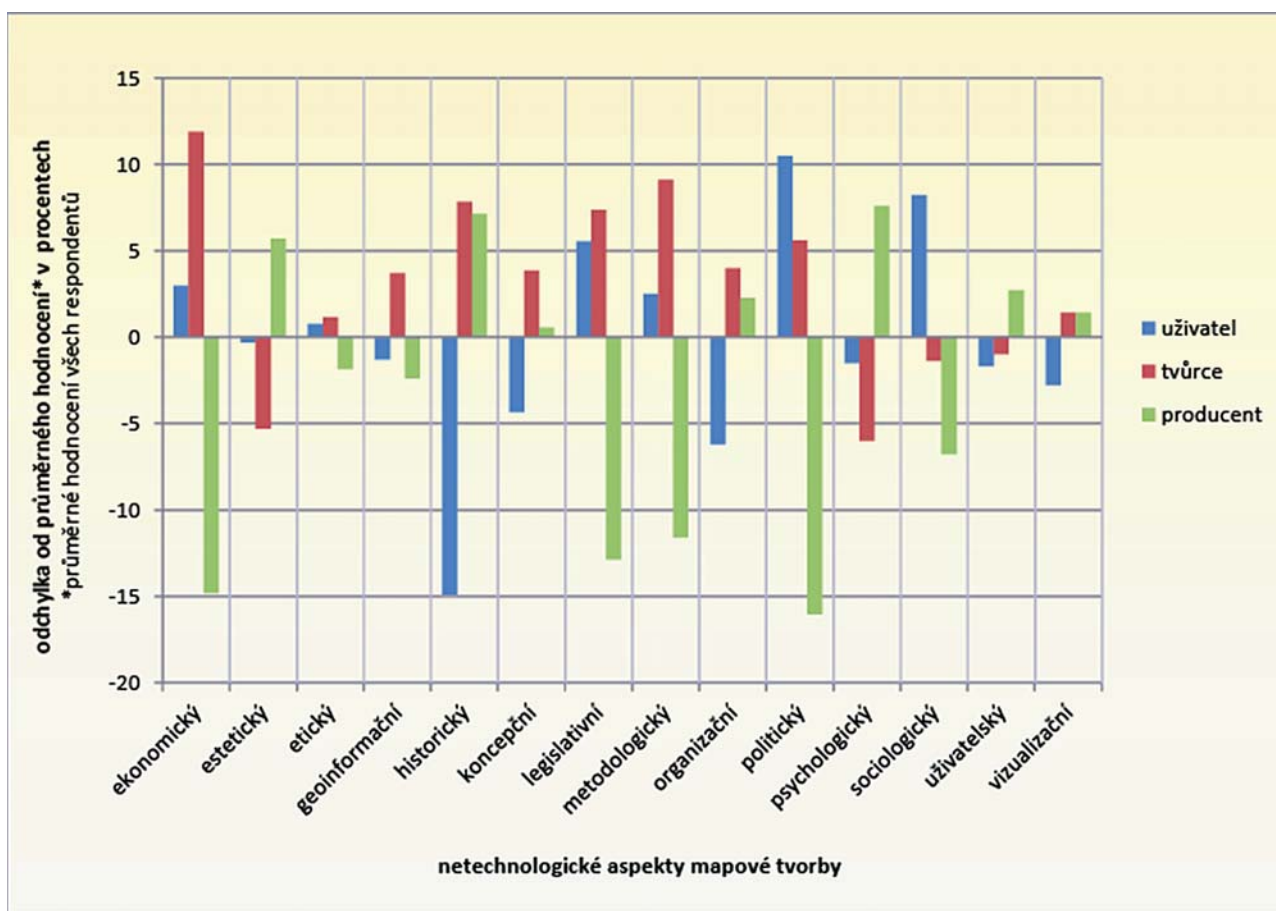
Obr. 6 Význam netechnologických aspektů mapové tvorby u tištěných kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])



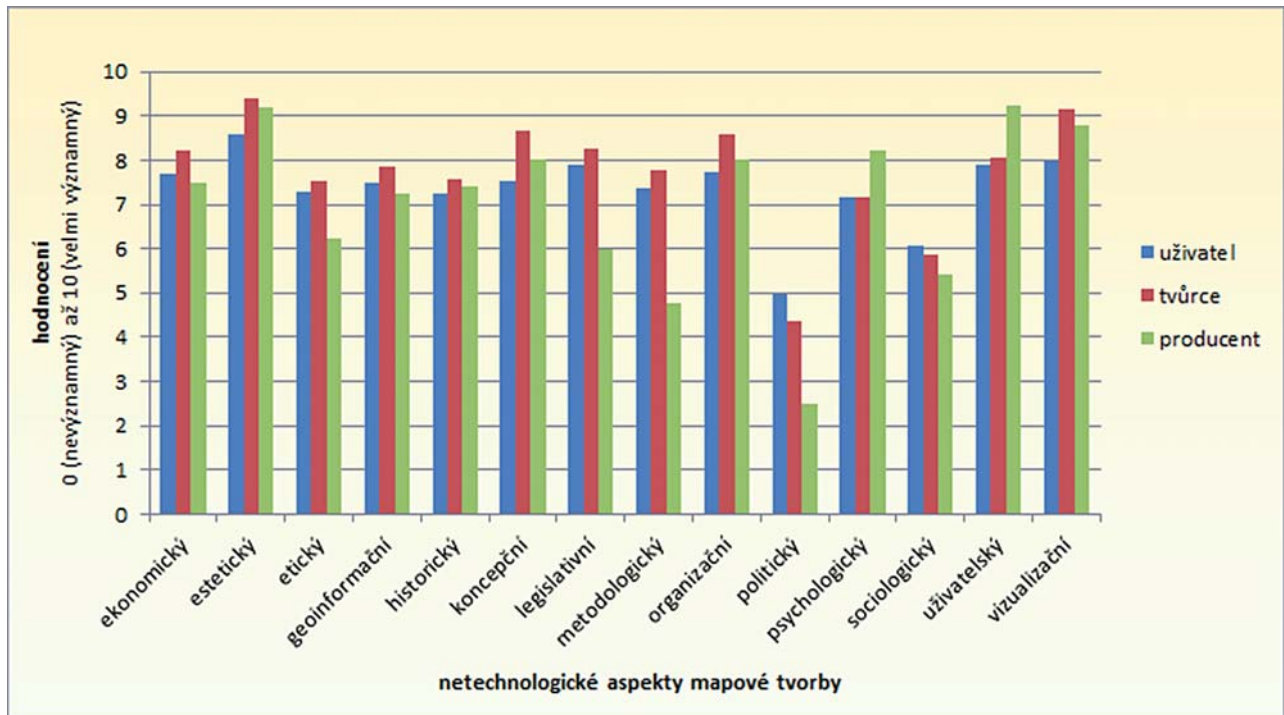
Obr. 7 Rozdíl názorů na význam netechnologických aspektů mapové tvorby u tištěných kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])



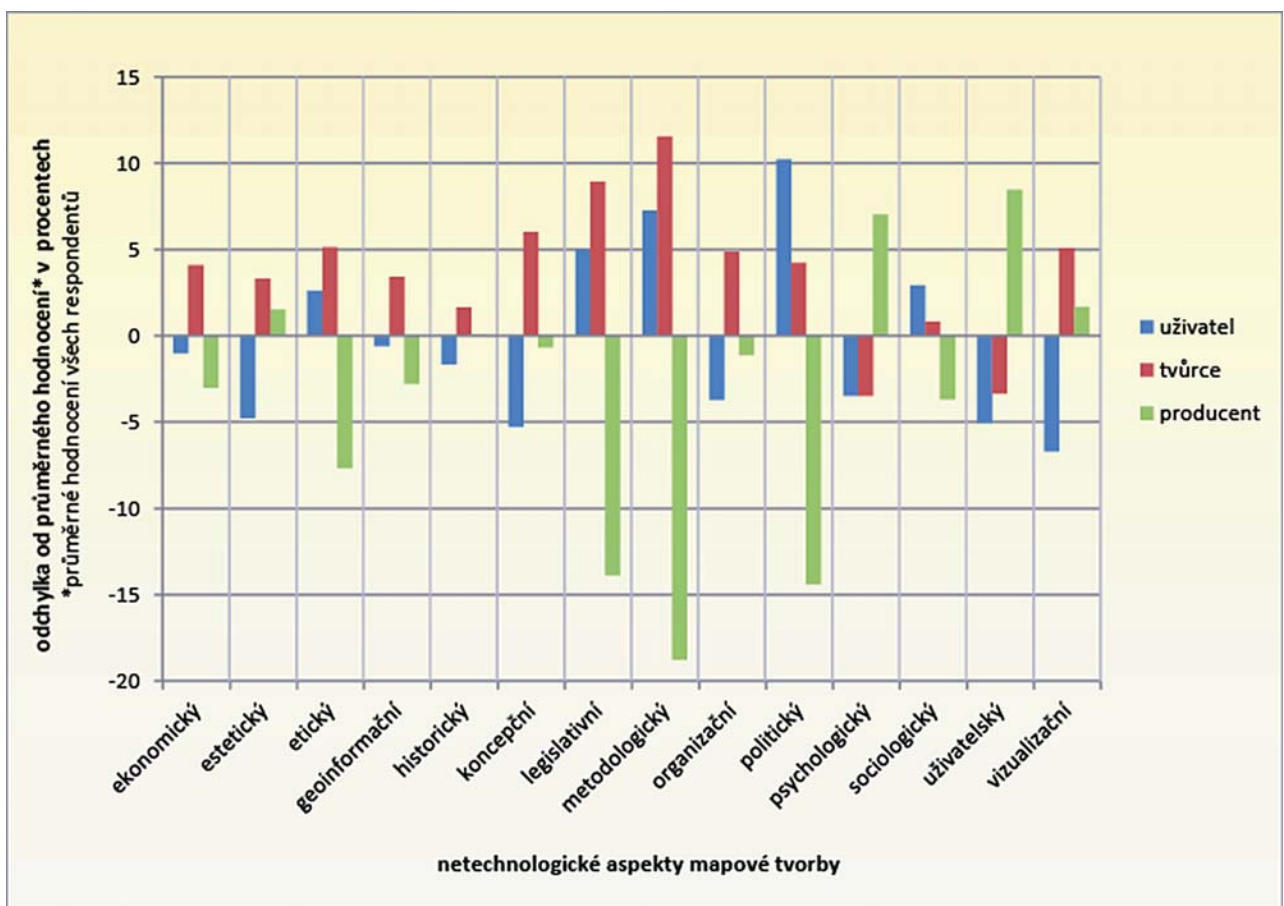
Obr. 8 Význam netechnologických aspektů mapové tvorby u digitálních kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])



Obr. 9 Rozdíl názorů na význam netechnologických aspektů mapové tvorby u digitálních kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])



Obr. 10 Význam netechnologických aspektů mapové tvorby u atlasových kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])



Obr. 11 Rozdíl názorů na význam netechnologických aspektů mapové tvorby u atlasových kartografických děl podle dotazníkového šetření (grafika [2])

- *Předpoklad 2: Nejmenší význam mezi všemi netechnologickými aspekty v procesu mapové tvorby mají aspekty politické a sociologické.*

Ověření – skupina „UŽIVATEL“:

Podle výsledků šetření mají nejmenší význam podle skupiny respondentů „uživatel“ netechnologické aspekty politický (14. místo) a sociologický (13. místo). Předpoklad je **možné potvrdit** na základě empirické evidence.

Ověření – skupina „TVŮRCE“:

Podle výsledků šetření mají nejmenší význam podle skupiny respondentů „tvůrce“ netechnologické aspekty politický (14. místo) a sociologický (13. místo). Předpoklad je **možné potvrdit** na základě empirické evidence.

Ověření – skupina „PRODUCENT“:

Podle výsledků šetření mají nejmenší význam podle skupiny respondentů „producent“ netechnologické aspekty politický (14. místo) a metodologický (13. místo). Sociologický aspekt je na 12. místě v pořadí významnosti. Předpoklad **není možné potvrdit** na základě empirické evidence, zároveň však není možné předpoklad plně falzifikovat.

Bodový rozdíl mezi v pořadí významnosti 12. sociologickým aspektem a 13. metodologickým aspektem v hodnocení respondentů skupiny „producent“ je pouze 0,11 bodu (1,1 %), je zde tedy velmi nízká hranice falzifikace vysloveného předpokladu, přičemž u zbylých dvou skupin respondentů byl předpoklad verifikován.

- *Předpoklad 3: Žádný z hodnocených netechnologických aspektů mapové tvorby nevykazuje signifikantně vyšší významnost než ostatní hodnocené aspekty.*

Ověření – skupina „UŽIVATEL“:

Podle výsledků šetření je maximální procentuální rozdíl v hodnocení významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby u skupiny respondentů „uživatel“ 12,5 %, a to mezi aspektem sociologickým (13. místo) a politickým (14. místo). Rozdíl mezi aspekty v pořadí do 5. místa významnosti je maximálně 3 %. Předpoklad je proto **možné potvrdit** na základě empirické evidence.

Ověření – skupina „TVŮRCE“:

Podle výsledků šetření je maximální procentuální rozdíl v hodnocení významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby u skupiny respondentů „tvůrce“ 12,2 %, a to mezi aspektem psychologickým (12. místo) a sociologickým (13. místo). Rozdíl mezi aspekty v pořadí do 5. místa významnosti je maximálně 2,1 %. Předpoklad je proto **možné potvrdit** na základě empirické evidence.

Ověření – skupina „PRODUCENT“:

Podle výsledků šetření je maximální procentuální rozdíl v hodnocení významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby u skupiny respondentů „producent“ 28 %, a to mezi aspektem metodologickým (13. místo) a politickým (14. místo). Rozdíl mezi aspekty v pořadí do 5. místa významnosti je maximálně 6 %. Předpoklad je proto **možné potvrdit** na základě empirické evidence.

Ačkoliv primární predikce autorky práce byla, že ekonomický aspekt se ukáže jako signifikantně nejvýznamnější, neodpovídají této predikci ani výsledky pilotního dotazníkového šetření, ani výsledky rozsáhlého on-line dotazníkového šetření.

Předpoklad, že žádný z aspektů není vnímán jako signifikantně významnější než ostatní aspekty, byl potvrzen výsledky ve všech skupinách respondentů.

Z rozhovorů s vybranými respondenty (především s odborníky ze skupin respondentů „tvůrce“ a „producent“)

vyplývalo, že některé z aspektů by oni sami nevymezovali a vnímají jeden aspekt jako součást aspektu jiného (např. aspekt estetický v rámci aspektu vizualizačního, aspekt koncepční v rámci aspektu geoinformačního apod.). Žádný z respondentů nenavrhl v rámci rozsáhlého on-line dotazníkového šetření nějaký další netechnologický aspekt mapové tvorby, který by bylo možné vymezit. Oproti tomu reakce respondentů z pilotního testování vedly k rozdělení koncepčního aspektu na aspekt „koncepční“ ve smyslu obsahu map a „organizační“ ve smyslu zajištění realizace mapové tvorby a mapové produkce – v pilotním testování byly tyto aspekty prezentovány v jednom aspektu s uvedením dvojího možného pojetí, protože i organizace je určitým způsobem plnění předem dané „konceptce“, avšak ve zcela jiném obsahovém významu.

4. Závěr

Výzkum významnosti jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby splnil cíl ověření předpokladů vyslovených na základě primárního krátkého dotazníkového šetření. Současně byly do realizace hlavního dotazníkového šetření zahrnuty poznatky získané z odborné diskuse, která následovala po publikování primárních výsledků.

Vymezení a podrobné charakteristice jednotlivých netechnologických aspektů mapové tvorby se autorka dále věnovala v rámci své disertační práce. Součástí tohoto hodnocení je např. podrobné hodnocení ekonomického aspektu z pohledu tvorby map, zajištění odborného zpracování, datových podkladů atd. Význam některých aspektů se při podrobném studiu jeví mnohem významnější než jak je obecně vnímán uživateli, tvůrci či dokonce producenty map, avšak obecný přehled a ověření předpokladů slouží k dobré orientaci v tom, jaké názory mohou kartografickou produkci v České republice ovlivňovat a poskytují prostor k tomu, aby byly zdůrazňovány skutečnosti méně známé nebo byly vysvětleny aspekty, které mapovou tvorbu přes všeobecné povědomí příliš neovlivňují.

LITERATURA:

- [1] VONDRÁKOVÁ, A.: Netechnologické aspekty mapové tvorby v atlasové kartografii. [Disertační práce.] Olomouc 2013. 152 s. – Univerzita Palackého v Olomouci.
- [2] VONDRÁKOVÁ, A.: Význam vybraných netechnologických aspektů mapové tvorby v atlasové kartografii. In: *Aktivity v kartografii venované pamiatke Ing. Jána Pravdu, DrSc.*, 2012. Zborník referátov. Bratislava, Kartografická spoločnosť SR 2012. ISBN 978-80-89060-21-4.
- [3] HENDL, J.: Definice pojmů a příklady [online]. 2012 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: www.ftvs.cuni.cz/hendl/metodologie/definice_hypotezy.htm.
- [4] GOOGLE. Google Terms [online]. 2012 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.google.com/google-d-s/terms.html>.
- [5] KRAAK, M. J.: Current Trends in Visualisation of Geospatial Data with Special Reference to Cartography. In: *Proceedings of XXIIth INCA Congress*. Ahmedabad, Gujarat, 2002. SDI-01, pp. 319-324.

Do redakce došlo: 7. 3. 2013

Lektorovala:
RNDr. Monika Kopecká, PhD.,
Geografický ústav SAV, Bratislava

Tvorba souvislé mapy I. vojenského mapování Habsburské monarchie – testovací oblast Ústecký kraj

Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.,
katedra mapování a kartografie,
Fakulta stavební, ČVUT v Praze

Abstrakt

Testování nové metody pro georeferencování vícelistových mapových děl navržené autorem. Jako testovací území byla zvolena oblast současného Ústeckého kraje, jako testovací data I. vojenské mapování Habsburské monarchie. Popsána je použitá metodika včetně sběru dat pro testovací oblast. Výsledky celkového vyrovnání jsou prezentovány formou bezešvé mapy Ústeckého kraje a číselných hodnot vyrovnaných transformačních parametrů s jejich středními chybami.

Creation of Seamless Map of the First Military Mapping of the Habsburg Empire – Usti Region Testing Area

Summary

Testing of the new method for georeferencing of map series designed by the author. The area of Usti region was chosen as the testing area. The First Military Mapping of the Habsburg monarchy was chosen as the testing data. The used method including ground control points collecting for testing area is thoroughly described. The results of overall adjustment are presented in the form of a seamless map of the Usti region and also by numerical values of adjusted transformation parameters with their mean errors.

Keywords: georeferencing, old maps, affine transformation, edge matching, adjustment of transformation parameters

1. Úvod

V souvislosti s poměrně velkým rozvojem využívání starých map pro rekonstrukci krajiny v posledních letech se stává stěžejní otázkou problematika jejich georeferencování. Správné souřadnicové umístění starých map je totiž nezbytnou součástí správné interpretace prostorových informací na těchto mapách. Jedním z největších problémů při georeferencování je návaznost více mapových listů, pokud je z nich mapové dílo složeno. Nově navržená metoda, která byla testována na území Ústeckého kraje s daty I. vojenského mapování Habsburské monarchie, umožní právě georeferencování vícelistových mapových děl včetně řešení návaznosti mapových listů.

2. I. vojenské mapování Habsburské monarchie

Z I. vojenského mapování Habsburské monarchie vznikaly první podrobné topografické mapy, které pokrývají prakticky celé území dnešní České republiky (ČR). Mapování nařídila Marie Terezie na popud maršála Leopolda Dauna po prohraných válkách s Pruskem, které vedly ke ztrátě Slezska v roce 1763. Mapováním celé monarchie byl pověřen Generální štáb ve Vídni, který byl zodpovědný Dvorské radě válečné. Kromě Tyrolska, Vorarlbergu, Itálie a Rakouského Nizozemí bylo celé území zmapováno za 23 let (1763–1785). Toto mapování bývá někdy též nazýváno josefské (podle císaře Josefa II., za jehož vlády bylo dokončeno). V našich zemích probíhalo v následujících letech:

- v Čechách 1764 až 1767,
- na Moravě 1764 až 1768,
- ve Slezsku 1763.

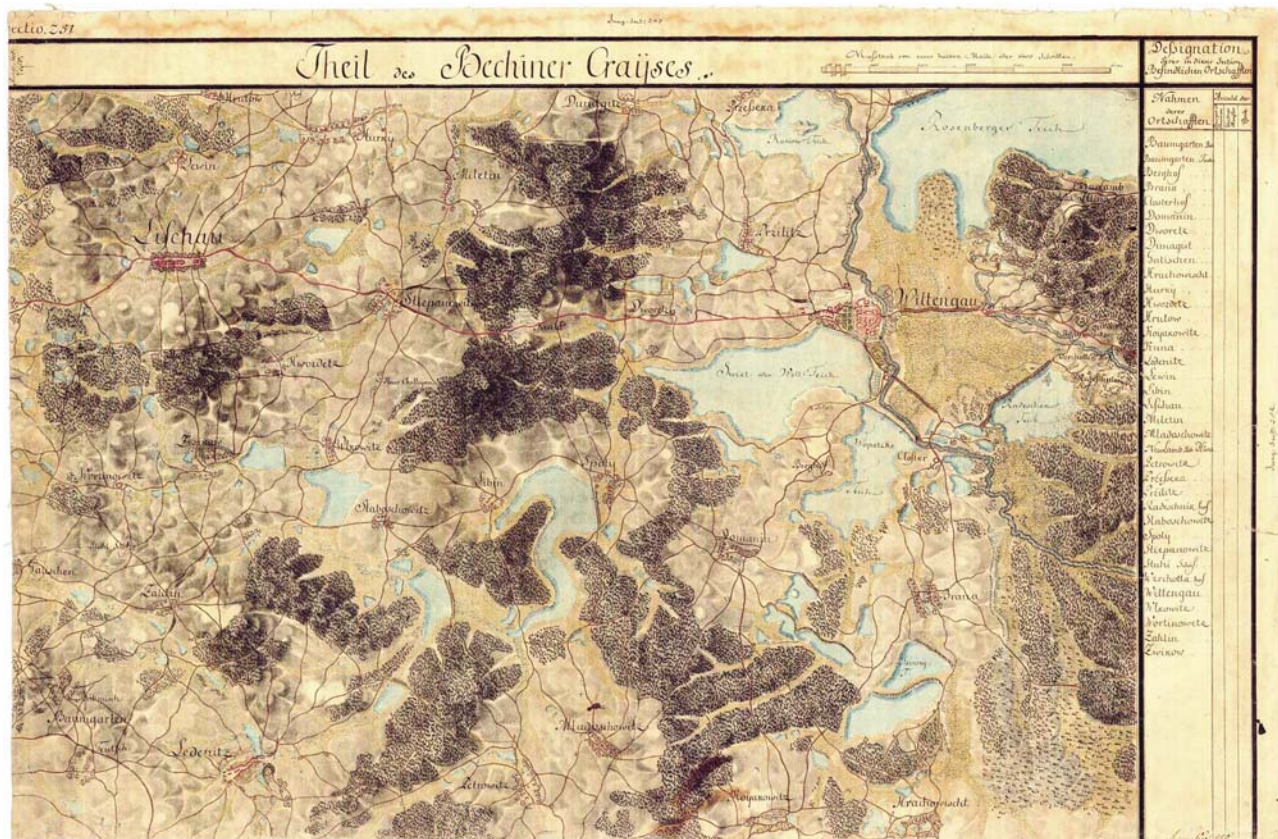
Právě Slezsko se stalo zkušební oblastí pro celé mapování. Na tehdejší dobu probíhalo mapování v nezvykle vel-

kém měřítku 1 : 28 800. Tato hodnota byla odvozena z požadavku, aby se 1 000 pochodových kroků (400 vídeňských sáhů) zobrazilo na mapě jako délka jednoho vídeňského palce. Každý mapový list zobrazoval území 209 km² na ploše 618 x 408 mm. Tímto způsobem vzniklo cca 5 400 mapových listů pro celou monarchii.

Jako podkladové mapy sloužily různé středněměřítkové mapy lokálních oblastí. V Čechách a na Moravě byly využity zvětšeniny Müllerových map. Částečně bylo využito grafické protínání, vzdálenosti se měřily krokováním nebo pouze odhadovaly. Většina území byla zakreslena pouze metodou od oka („à la vue“) při procházení terénu. Chyběly tak jakékoliv geodetické základy. Mapovaly se především vojensky důležité prvky krajiny: cesty, mosty, zděné budovy, louky, lesy, pastviny a vodní toky. Výškopis se neměřil, reliéf byl vyjádřen pouze nepravými sklonovými šrafováními a lavírováním. Z originálních sekcí mapy, které vznikaly v terénu, byly v zimních měsících vytvářeny čistokresby.

Kromě samotných map byl vytvářen vojensko-geografický popis území. V Čechách takto vzniklo ke 273 mapovým listům celkem 19 svazků tohoto popisu (přibližně 11 500 stran textu). Na Moravě vzniklo 126 mapových listů a 4 svazky popisu, ve Slezsku bylo vytvořeno 40 mapových listů. Kromě mapové kresby je na pravém okraji každého mapového listu vypracován soupis zobrazených obcí a uveden počet měšťanů, sedláků a možnost ustájení koní v nich (viz obr. 1). Bohužel, na řadě listů nejsou tyto údaje vyplněny. Studium textových popisů území se u nás zabývá E. Chodějovská [1].

Vzhledem k nedokonalostem map, které se projevily ve válkách s Pruskem v letech 1778 a 1779, nařídil císař Josef II. rektifikaci nejdůležitějších (severních) mapových listů. Ukázalo se, že bude nutné provést prakticky úplně nové mapování. Rektifikace v našich zemích probíhala následovně (přesný rozsah rektifikace je možné nalézt v [2]):



Obr. 1 I. vojenské mapování – Čechy, list č. 251

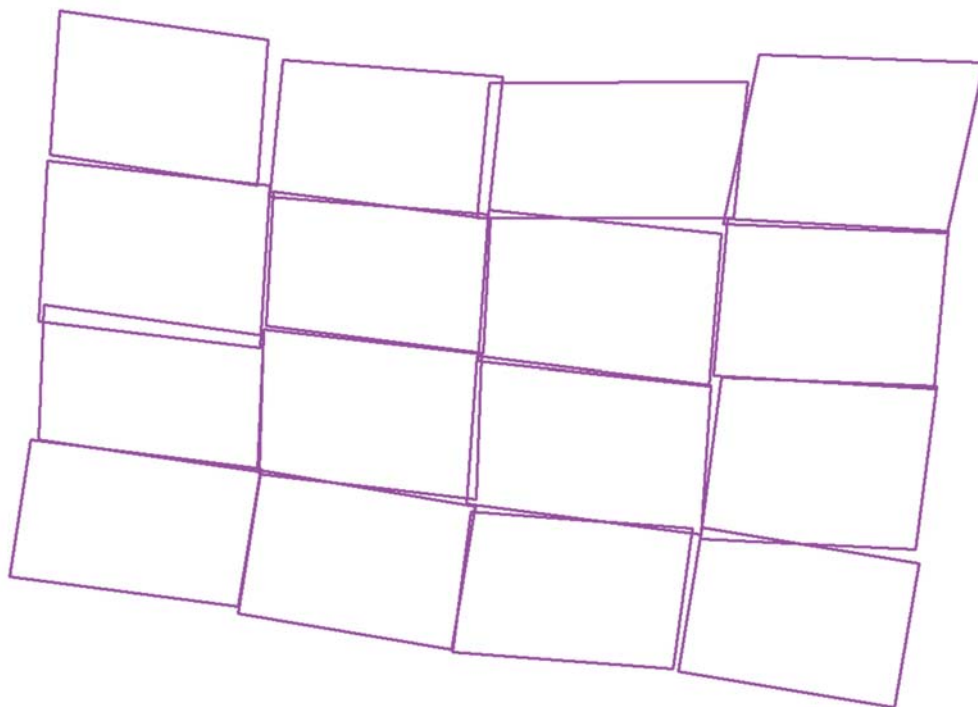
- v Čechách 1780 až 1783, znovu zmapováno 141 listů (a další 2 opraveny),
- na Moravě 1779 až 1781, znovu zmapováno 36 listů (a další 4 opraveny),
- ve Slezsku 1780, znovu zmapováno 30 listů (a zbývajících 10 opraveno).

Vzniklé mapy byly samozřejmě tajné. Originály a čisto-kresby mapových listů jsou uloženy v Rakouském státním archivu (Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv). Jejich zpřístupněním na internetu z území Čech se zabývala Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem [3]. Na tomto pracovišti také vznikl interpretační klíč nahrazující legendu mapy [4]. Více informací o historii tohoto mapového díla je možné nalézt v [5] nebo v [6].

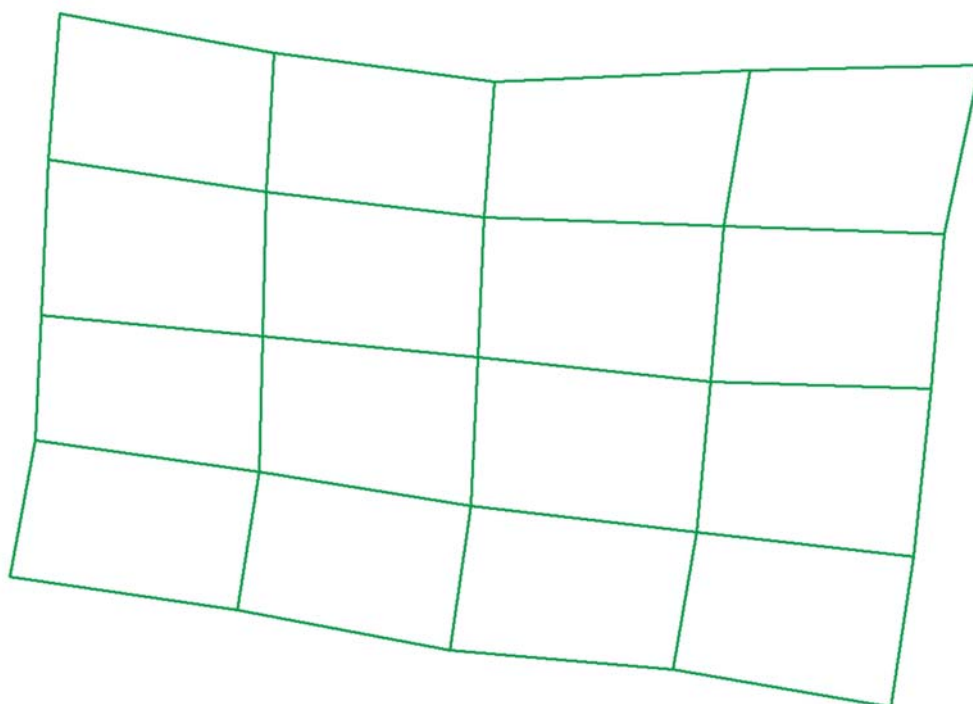
3. Metodika tvorby souvislé mapy

Vzhledem k uvedeným charakteristikám I. vojenského mapování není jeho souřadnicové připojení (georeferencování) snadným úkolem. Neexistuje totiž georeferencovaný klad mapových listů (souřadnice rohů listů nejsou v zeměpisných ani rovinných souřadnicích známy). Velké nepřesnosti v kresbě ukazují při analytických studiích zkoumání přesnosti jednotlivých mapových listů na střední polohové chyby v řádu několika stovek metrů (podle oblasti až 400 metrů). Nejvíce prostoru bylo této problematice věnováno na ČVUT v Praze [7], [8]. Všechny tyto analýzy byly však prováděny pouze se samostatnými mapovými listy.

Obecné principy georeferencování starých map byly důkladně rozebrány v monografii [9]. Z tohoto přehledu bude z hlediska I. vojenského mapování důležité zmínit kategorii map, kdy se jedná o mapové dílo, u kterého však neznáme ani souřadnicový systém, ani rozměry mapových listů. Protože nebyly použity geodetické základy, chybí u I. vojenského mapování vazba na souřadnicový systém. Vzhledem ke kvalitě dochovaných mapových listů není možné se spolehnout ani na rozměry mapových listů. V takovém případě jsou autorem zmíněny dva přístupy. V prvním případě je možné transformovat nejdříve mapové listy samostatně pomocí identických bodů v mapové kresbě (pomocí afinní transformace kvůli možné srážce papíru). Výsledkem jsou zpravidla nedoléhající nebo překrývající se mapové listy (viz obr. 2). Po těchto dílčích transformacích je možné odečíst souřadnice rohů mapy. Protože každý roh může být určen až čtyřikrát (na styku 4 mapových listů), je třeba tyto souřadnice průměrovat. Výsledkem tohoto procesu jsou vyrovnané souřadnice rohů mapových listů, vzniká nám tedy vlastně georeferencovaný klad mapových listů. Protože jsou oblasti mapových listů po průměrování obecně čtyřuhelníky, je třeba použít pro definitivní umístění map projektivní transformaci využívající právě 4 rohů. Tato je nereziduální při použití 4 bodů a rohy navazujících listů tak přesně odpovídají (viz obr. 3). V průběhu společné hrany sousedních mapových listů by mohlo dojít k deformaci (a tedy k nenávaznosti kresby), prakticky se však ukazuje, že tento vliv je zanedbatelný vzhledem k přesnosti mapové kresby, která vykazuje zpravidla daleko větší deformace.



Obr. 2 Ukázka polohy mapových listů po samostatných transformacích

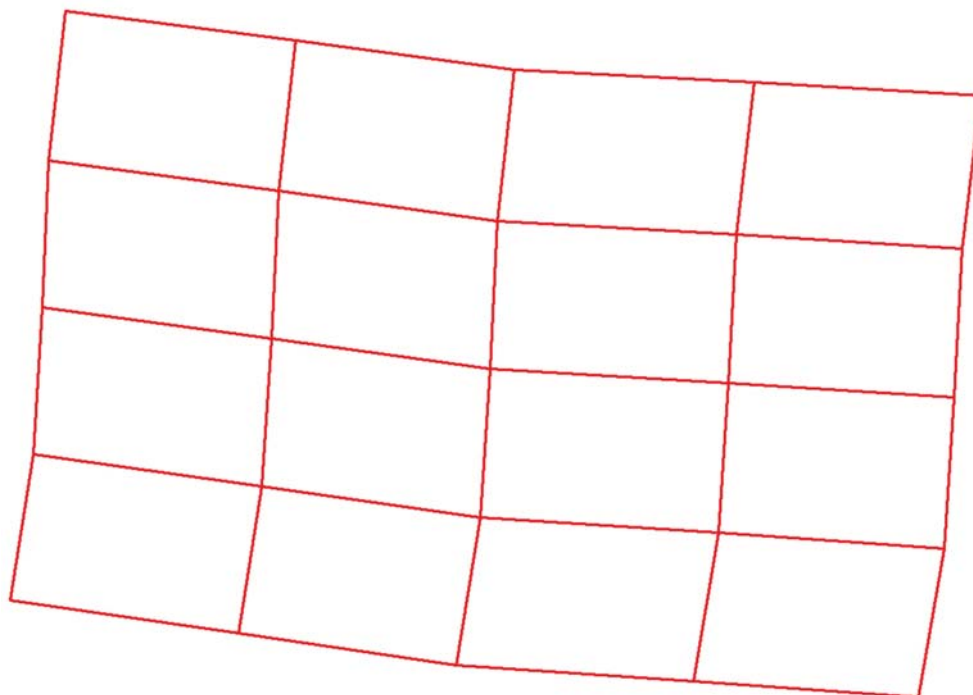


Obr. 3 Ukázka polohy mapových listů po průměrování souřadnic rohů

Druhý, autorem nově navržený způsob představuje společné vyrovnání transformačních koeficientů všech listů s podmínkami návaznosti hran. Odvozeny byly vztahy pro afinní transformaci a polynomickou transformaci 2. stupně, která bývá také při georeferencování starých map používána. Protože byla pro testování použita metoda využívající afinní transformaci, bude kladen důraz na ní. Veškeré vzorce a odvození jsou k dispozici v [9]. Princip metody

byl autorem představen na 19. kartografické konferenci v Bratislavě [10].

Metoda využívá matematický model vyrovnání měření zprostředkujících s podmínkami. Jako základní rovnice měření jsou použity transformační rovnice (afinní či polynomické), jako podmínkové rovnice zde vystupují vztahy, které definují totožnost rohů sousedních mapových listů (pro afinní transformaci) nebo totožnost průběhu společné



Obr. 4 Ukázka polohy mapových listů po vyrovnání s podmínkami

hrany (pro polynomické transformace). Výsledkem vyrovnání jsou pak transformační koeficienty pro všechny mapové listy. Po jejich aplikaci na příslušné obrazy vzniká souvislá mapa, kde sousední mapové listy na sebe přesně navazují (viz obr. 4). Při porovnání s výsledky průměrování rohů je zřejmé, že nově navržená metoda zachovává afinitu po transformaci jednotlivých listů a okrajové listy celé oblasti nejsou tolik deformovány. Další výhodou je možnost zhodnocení výpočtu standardními nástroji vyrovnávacího počtu. Proto byla právě tato metoda zvolena pro vytvoření souvislé mapy I. vojenského mapování.

4. Testovací oblast – sběr dat

Z principu metody je jasné, že pro vytvoření souvislé mapy je třeba pro každý mapový list nasbírat dostatečný počet identických bodů. Vzhledem k budoucímu použití souvislé mapy byl jako cílový určen Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Samozřejmě je třeba počítat s tím, že ve výpočtu se projeví nejenom nepřesnost map, ale také geometrická rozdílnost obou souřadnicových systémů. S-JTSK používá kuželové kartografické zobrazení; mapy I. vojenského mapování nejsou zpracovány v žádném definovaném souřadnicovém systému, ale geometrií se blíží spíše válcovému zobrazení. Přesto tento vliv nebude výrazný vzhledem k očekávané přesnosti map v řádu několika stovek metrů.

Zpracovaná oblast se prakticky shoduje s oblastí dnešního Ústeckého kraje. Byla vybrána z důvodu spolupráce na projektu Ministerstva kultury ČR, který se zabývá rekonstrukcí krajiny a databází zaniklých obcí právě v Ústeckém kraji. Celkem bylo tedy vybráno 39 mapových listů I. vojenského mapování. Pro každý z těchto listů byly v softwaru ArcGIS sbírány identické body. Pro každý bod byly určeny nejdříve pixelové (obrazové) souřadnice na obrazu mapy

a pak současné souřadnice v S-JTSK. Bodů, které by byly po téměř 250 letech dohledatelné, není mnoho. Jako první přicházejí do úvahy kostely, kláštery a kaple. Tyto objekty zpravidla vykazují dobrou stabilitu a jsou dohledatelné. Dále je třeba postupovat obezřetněji. Je možné použít různé další stavby (hrady, zámky, panské dvory), případně mosty přes větší vodní toky nebo křížení komunikací. Vždy je ale třeba otestovat identitu daného bodu. Jako významný pomocník se jeví již georeferencované mapy II. vojenského mapování, kde časový odstup není tak velký a objekty jsou lépe dohledatelné. Přesnost georeferencování těchto map se pohybuje v řádu několik desítek metrů a je tak pro daný účel dostatečná.

Struktura souborů s identickými body je následující. Jedná se o prostý textový soubor, kde každý řádek obsahuje 4 hodnoty (2 obrazové souřadnice a 2 reálné souřadnice bez uvádění rozměrů), viz ukázka:

| | | | |
|-----------|----------|----------------|----------------|
| 22.159877 | 4.817925 | -735933.720312 | -939191.242058 |
| 24.837435 | 7.263789 | -733899.723049 | -937808.447417 |
| 22.517227 | 8.941544 | -735246.212374 | -936294.763140 |
| 19.635005 | 4.679321 | -737672.419935 | -939005.173457 |
| 18.243150 | 4.668452 | -738630.213517 | -938917.860782 |
| 23.199515 | 4.130113 | -735238.248400 | -939772.466658 |

Soubor je nazván číslem mapového listu, aby byl při společném vyrovnání jednoznačně identifikovatelný. Kromě identických bodů je třeba ještě pro každý list vytvořit soubor s obrazovými souřadnicemi 4 rohů mapového listu v definovaném pořadí (levý horní, pravý horní, pravý dolní, levý dolní), viz ukázka:

| | |
|-----------|-----------|
| 1.809983 | 20.138626 |
| 26.295231 | 20.236727 |
| 26.403102 | 4.113097 |
| 2.047676 | 3.901300 |

Tento soubor pak slouží k vytvoření podmínek identity rohů pro sousední mapové listy.

V testovací oblasti Ústeckého kraje bylo celkem nasbíráno na 39 mapových listech 1 028 identických bodů, což dává průměr 26,4 bodu na mapový list. Body byly voleny pokud možno rovnoměrně po celé ploše listu. V testovací oblasti jsou problematické zejména mapové listy u státních hranic, které obsahují minimum kresby, a ta navíc obsahuje minimum trvalých objektů. Proto bylo v těchto listech nasbíráno zpravidla méně identických bodů. Přehled počtu identických bodů spolu s dalšími údaji dává **tab. 1**.

5. Výsledky společného vyrovnání

Do výpočtu vyrovnání vstupovalo celkem 39 souborů s identickými body, 39 souborů s obrazovými souřadnicemi rohů mapových listů a dále soubor definující polohu jednotlivých mapových listů v oblasti (viz ukázka). Pro zpracování celého vyrovnání byl vytvořen software, který provedl potřebné výpočty. Jeho výstupem je 39 souborů s transformačními koeficienty (viz ukázka), dále 39 souborů s přetransformovanými identickými body a soubor obsahující přetransformované souřadnice rohů mapových listů (ty vlastně tvoří výsledný klad mapových listů). Software vznikl jako výsledek diplomové práce [11].

Ukázka struktury vstupního souboru definujícího polohu mapových listů:

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1001 | 1002 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1003 | 1004 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1008 | 1009 | 1010 |
| 0 | 0 | 1014 | 1015 | 1016 | 1017 | 1018 |
| 0 | 1023 | 1024 | 1025 | 1026 | 1027 | 1028 |
| 1035 | 1036 | 1037 | 1038 | 1039 | 1040 | 1041 |
| 1051 | 1052 | 1053 | 1054 | 1055 | 1056 | 1057 |
| 0 | 1069 | 1070 | 1071 | 1072 | 0 | 0 |
| 0 | 1086 | 1087 | 1088 | 0 | 0 | 0 |

Ukázka struktury výstupního souboru s transformačními koeficienty:

| | |
|---------|----------------|
| omega_x | -6.289953 |
| omega_y | -11.522247 |
| m_x | 27239.220680 |
| m_y | 27654.547418 |
| Xt | -751913.864840 |
| Yt | -940877.131946 |

Výsledné transformační koeficienty udávají rotaci obou souřadnicových os, měřítkové číslo v obou osách a dále posun v obou osách. V rámci softwaru byl dále implementován výpočet středních chyb. Jedná se o střední souřadnicovou chybu celého vyrovnání, dále o střední chyby jednotlivých vyrovnaných transformačních parametrů a o střední chyby jednotlivých vyrovnaných měření (identických bodů). Pro porovnání byly taky vypočítány střední souřadnicové chyby jednotlivých map, pokud by byly transformovány samostatně (bez podmínek návaznosti). Některé z těchto údajů (nejzajímavější jsou patrně měřítková čísla) je možné nalézt v **tab. 1**.

Z **tab. 1** je vidět, že střední souřadnicové chyby jednotlivých listů, pokud jsou transformovány zvlášť, dosahují maximálních hodnot cca 450 metrů. To je v dobrém shodě s dříve publikovanými pracemi [7], [8]. Průměrná střední souřadnicová chyba je rovna 237 metrům. Tuto hodnotu lze porovnat se střední souřadnicovou chybou při společném vyrovnání mapových listů s podmínkami návaznosti. Tato dosahuje hodnoty 552 metrů. Je tedy vidět, že střední chyba se oproti průměrnému samostatnému listu zvětšila

více než dvojnásobně. Je to dáno zavedením podmínek návaznosti, které samozřejmě zhoršují rezidua na identických bodech. Je možné konstatovat, že pokud člověk pracuje v lokální oblasti jednoho mapového listu, je určitě výhodnější používat samostatný transformační klíč. Pokud bychom dále pracovali s bezešvou mapou, je třeba počítat s tím, že po celkovém vyrovnání je střední souřadnicová chyba cca dvakrát větší než u průměrného mapového listu.

V **tab. 1** jsou dále zobrazeny vyrovnané hodnoty měřítkových čísel po společném vyrovnání. Je vidět, že průměrné hodnoty se blíží hodnotě 28 800, což je hodnota použitá při mapování. Mezi jednotlivými listy však mohou být rozdíly. Měřítková čísla se pohybují mezi hodnotami 26 422 a 30 613, tedy cca o 2 000 na každou stranu. Ukazuje to na lokální deformace v některých oblastech. Při porovnání s měřítkovými čísly, která by vyšla po samostatných transformacích, nacházíme shodu zejména u mapových listů uvnitř vyrovnávané oblasti. Krajní mapové listy mohou vykazovat rozdíly způsobené neukotvením těchto listů na další mapy. Zde samozřejmě pomůže rozšířování oblasti o další mapy. Problémem zůstane rozšíření u státních hranicích, které mohou zůstat ukotvené pouze na jeden další mapový list. Tam je třeba očekávat větší deformace, a to také kvůli již zmíněnému menšímu počtu identických bodů.

Výsledkem vyrovnání je kromě transformačních parametrů jednotlivých map zmíněný klad mapových listů, který je možný vidět na **obr. 5**. Bezešvá mapa I. vojenského mapování, která je umístěna do tohoto kladu, je pak vidět na **obr. 6**.

6. Závěr

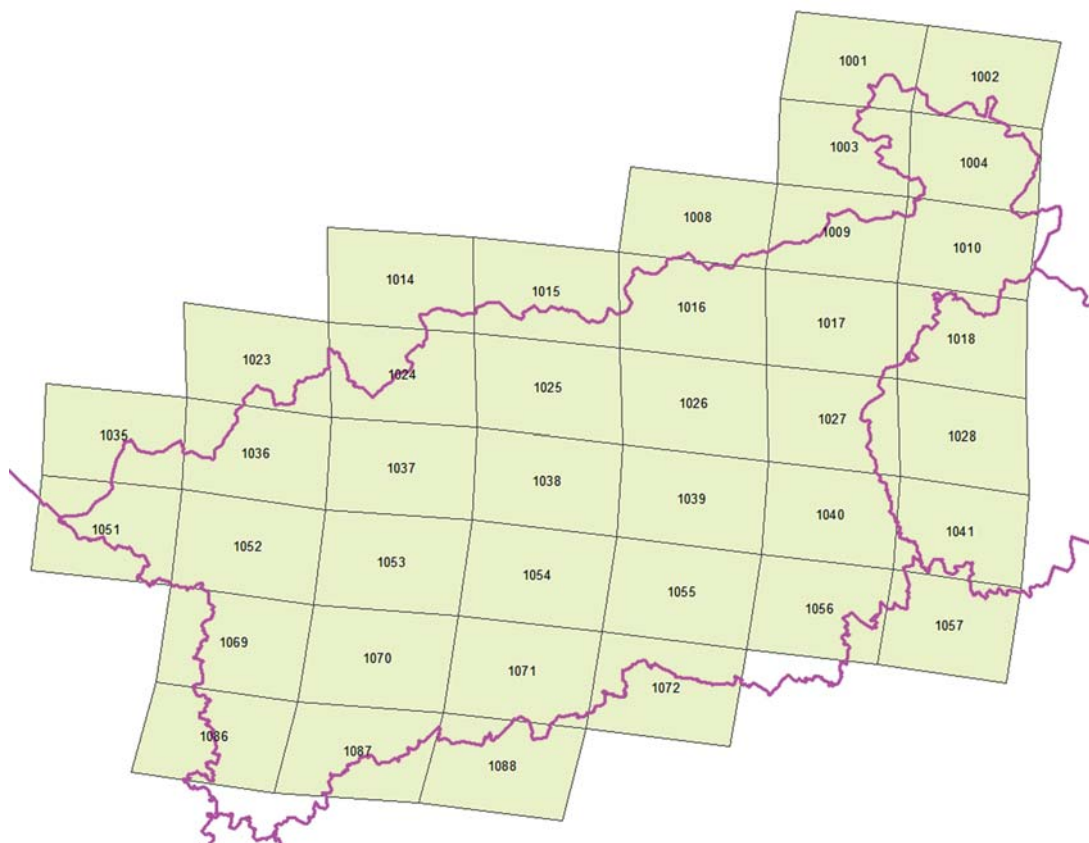
Po otestování autorem navržené metody na Müllerových mapách Čech a Moravy [10] se nyní naskytá možnost testování na daleko větším počtu mapových listů. I. vojenské mapování je ideálním příkladem mapového díla, pro které byla metoda navržena. První výsledky vypadají velice slibně, neboť souvislá mapa Ústeckého kraje splňuje požadované vlastnosti. Mapa je souvislá a kresba na sousedních mapových listech prakticky navazuje (rozdíly maximálně 150 metrů, zpravidla kolem 50 metrů, viz **obr. 7**).

Při detailním zkoumání výsledné bezešvé mapy je možné testovat shodu se současnými mapovými podklady (Ortofoto ČR, základní mapy ČR). Zde při zkoumání docházíme ke středním souřadnicovým chybám zhruba odpovídajícím výsledku vyrovnání (552 metrů). Střední polohová chyba tak odpovídá cca 780 metrům. Samozřejmě je možné nalézt dílčí oblasti s vyšší přesností, zejména uprostřed celé oblasti, kde jsou rozdíly oproti současným mapovým podkladům v řádu desítek až několika málo stovek metrů. V okrajových částech je možné nalézt rozdíly přesahující 2 kilometry.

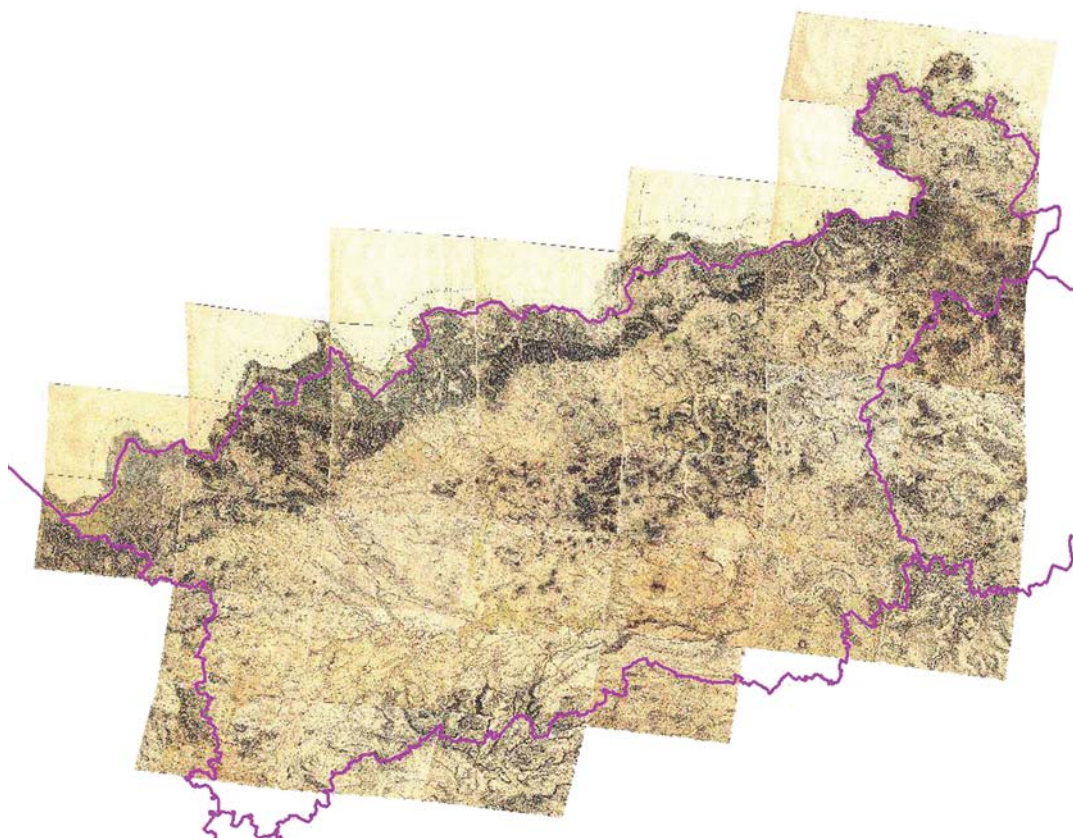
Plány do budoucna jsou zcela zřejmé. Cílem je vytvořit souvislou mapu pokrývající celé území ČR tak, jako máme nyní k dispozici mapy novějších vojenských mapování. Výsledek může sloužit zejména zájemcům o rekonstrukci krajiny. V plánu je implementace vyrovnání polynomičtých transformací druhého stupně stejnou metodou. Zde lze očekávat menší střední chyby než u afinních transformací, mapy však budou mírně deformované, což je dané tvarem polynomu. Podobnou metodu využívá i G. Molnár [12] pro vytváření souvislých map I. vojenského mapování z oblasti dnešního Maďarska.

Tab. 1 Počet identických bodů na jednotlivých mapových listech a výsledky vyrovnání

| Číslo listu v rámci Čech | Počet identických bodů | Měřítkové číslo v ose X po vyrovnání | Měřítkové číslo v ose Y po vyrovnání | Střední souřadnicová chyba samostatných listů [m] |
|-----------------------------|---------------------------|---|---|--|
| 001 | 19 | 27239 | 27655 | 39 |
| 002 | 13 | 27273 | 27724 | 55 |
| 003 | 17 | 27233 | 26535 | 47 |
| 004 | 27 | 27207 | 26422 | 216 |
| 008 | 8 | 30471 | 26735 | 222 |
| 009 | 24 | 27321 | 26760 | 111 |
| 010 | 26 | 27160 | 26855 | 311 |
| 014 | 10 | 30237 | 29731 | 129 |
| 015 | 15 | 30362 | 29961 | 103 |
| 016 | 30 | 30613 | 30227 | 158 |
| 017 | 26 | 27267 | 30069 | 365 |
| 018 | 26 | 27113 | 30041 | 400 |
| 023 | 11 | 30020 | 29375 | 141 |
| 024 | 29 | 30454 | 29688 | 442 |
| 025 | 36 | 30466 | 29817 | 63 |
| 026 | 32 | 30522 | 29709 | 134 |
| 027 | 31 | 27361 | 29671 | 407 |
| 028 | 28 | 26987 | 29900 | 402 |
| 035 | 10 | 29038 | 28094 | 202 |
| 036 | 27 | 30109 | 28256 | 344 |
| 037 | 29 | 30264 | 28508 | 223 |
| 038 | 31 | 30314 | 28703 | 34 |
| 039 | 30 | 30434 | 28877 | 112 |
| 040 | 36 | 27310 | 28803 | 306 |
| 041 | 29 | 26963 | 28765 | 375 |
| 051 | 24 | 28983 | 29842 | 420 |
| 052 | 29 | 29947 | 29863 | 341 |
| 053 | 33 | 30322 | 29975 | 226 |
| 054 | 32 | 30243 | 30124 | 138 |
| 055 | 29 | 30184 | 30341 | 110 |
| 056 | 29 | 27325 | 30322 | 451 |
| 057 | 27 | 27074 | 30406 | 369 |
| 069 | 43 | 29751 | 30492 | 177 |
| 070 | 30 | 30101 | 30517 | 265 |
| 071 | 30 | 30214 | 30444 | 152 |
| 072 | 34 | 30150 | 30570 | 352 |
| 086 | 29 | 29760 | 29009 | 255 |
| 087 | 30 | 30269 | 29213 | 216 |
| 088 | 29 | 30192 | 29396 | 422 |
| průměr | 26,4 | 29083 | 29164 | 237 |



Obr. 5 Vyrovnáný klad mapových listů



Obr. 6 Bezešvá mapa testovací oblasti Ústeckého kraje



Obr. 7 Detail návaznosti mapových listů

Příspěvek je podpořen z grantu Ministerstva kultury ČR v programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní kulturní identity (NAKI) DF12P01OVV43 „Rekonstrukce krajiny a databáze zaniklých obcí v Ústeckém kraji pro zachování kulturního dědictví“.

LITERATURA:

- [1] CHODĚJOVSKÁ, E.: Textové komentáře k sekcím I. vojenského mapování. In: Švejda, A. (ed.): Z dějin geodézie a kartografie, 2011, sv. 15, s. 127-130. Praha, Národní technické muzeum v Praze 2011.
- [2] CAJTHAML, J.: Nové technologie pro zpracování a zpřístupnění starých map. [Doktorská disertační práce.] Praha 2007. 158 s. – ČVUT v Praze. Fakulta stavební.
- [3] BRŮNA, V.-KŘOVÁKOVÁ, K.: Staré mapy v prostředí GIS a internetu. In: GEOS 2006 – 1st International Trade Fair of Geodesy, Cartography, Navigation and Geoinformatics – Conference Proceedings, pp. 235-241. Prague, March 16-18, 2006.
- [4] BRŮNA, V.-BUCHTA, I.-UHLÍŘOVÁ, L.: Identifikace historické sítě prvků ekologické stability krajiny na mapách vojenských mapování. Acta Universitatis Purkynianae 81, Studia Geoinformatica II [příloha CD ROM]. Ústí nad Labem, Univerzita J. E. Purkyně 2002. 46 s.
- [5] BOGUSZAK, F.-CÍSAŘ, J.: Vývoj mapového zobrazení území Československé socialistické republiky. III. díl – Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století. Praha, Ústřední správa geodézie a kartografie 1961. 129 s.
- [6] SEMOTANOVÁ, E.: Mapy Čech, Moravy a Slezska v zrcadle staletí. Praha, Libri 2001. 263 s.
- [7] PEŠŤÁK, J.-ZIMOVÁ, R.: Polohová přesnost objektů na mapách prvního a druhého vojenského mapování. Kartografické listy, č. 13, 2005, s. 92-100.
- [8] ZIMOVÁ, R.-PEŠŤÁK, J.-VEVERKA, B.: Historical Military Mapping of Czech Lands – Positional Accuracy of Old Maps. GIM International – The Global Magazine for Geomatics, Vol. 20, 2006, No. 10, pp. 21-23.
- [9] CAJTHAML, J.: Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy. Praha, Česká technika – nakladatelství ČVUT 2012. 172 s.
- [10] CAJTHAML, J.: Georeferencování vícelistových mapových děl. In: 19. kartografická konference – Kartografia a geoinformatika vo svetle dneška. Zborník referátov, s. 44-48. Bratislava, 8.-9. 9. 2011.
- [11] NOVÁK, J.: Georeferencování prvního vojenského mapování Rakouska–Uherska. [Diplomová práce.] Praha 2012. 70 s. – ČVUT v Praze. Fakulta stavební.
- [12] MOLNÁR, G.: Making a Georeferenced Mosaic of Historical Map Series Using Constrained Polynomial Fit. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Vol. 45, 2010, No. 1, pp. 24-30.

Do redakce došlo: 7. 3. 2013

Lektoroval:
doc. Ing. Miroslav Mikšovský, CSC.,
Praha

GEODETIKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR
recenzovaný odborný a vědecký časopis
Českého úřadu zeměměřického a katastrálního
a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Redakce:

Ing. František Beneš, CSc. – vedoucí redaktor
Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
tel.: 00420 284 041 415

Ing. Jana Prandová – zástupkyně vedoucího redaktora
Výzkumný ústav geodézie a kartografie, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava
tel.: 00421 220 816 186

Petr Mach – technický redaktor
Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
tel.: 00420 284 041 656

e-mail redakce: gako@egako.eu

Redakční rada:

Ing. Jiří Černožorský (předseda)
Zeměměřický úřad

Ing. Katarína Leitmannová (místopředsedkyně)
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Ing. Svatava Dokoupilová
Český úřad zeměměřický a katastrální

doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.
Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze

prof. Ing. Ján Hefty, PhD.
Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Ing. Štefan Lukáč
Komora geodetov a kartografov Slovenskej republiky

Vydavatelé:

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Chlumeckého 2, P. O. Box 57, 820 12 Bratislava 212

Inzerce:

e-mail: gako@egako.eu, tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach), 00421 220 816 186 (J. Prandová)

Sazba:

Petr Mach

Tisk:

Zeměměřický úřad



Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.

Toto číslo vyšlo v srpnu 2013, do sazby v červenci 2013.
Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

ISSN 1805-7446

<http://www.egako.eu>
<http://archivnimapy.cuzk.cz>
<http://www.geobibline.cz/cs>

Osmnáctiletá geomatika na Západočeské univerzitě v Plzni

ZČU

geomatika

V roce 1995 studenti poprvé nastoupili do studijního programu Geomatika na Západočeské univerzitě v Plzni (ZČU). Od té doby jich absolvovala již pěkná řádka a rozběhli se nejen po celé České republice, ale i do světa. Naši geomatici úspěšně vyměřují ve Švédsku, řídí katastrální pracoviště, vyučují na středních i vysokých školách, vedou významné evropské projekty, mapují, vyměřují, ale i programují aplikace jako například Národní geoportál INSPIRE.

Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí na internetu (www.vugtk.cz/slovník) výstižně charakterizuje geomatiku jako vědecký a technický interdisciplinární obor zabývající se sběrem, distribucí, ukládáním, analýzou, zpracováním a prezentací geografických dat (geodat) nebo geografických informací (geoinformací). V podmínkách České republiky je geomatika zaměřena převážně na sběr základních (referenčních) geodat různými způsoby měření, jejich zpracování a distribuci.

Díky takto rozsáhlému poli působnosti nemají absolventi studijního programu Geomatika problémy při hledání zaměstnání. Podle zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů, jsou absolventi studijního programu Geomatika oprávněni k výkonu zeměměřičských činností a po složení zkoušek odborné způsobilosti jim může být jako fyzické osobě uděleno úřední oprávnění k ověřování výsledků zeměměřičských činností (ÚOZI).

Strukturované vysokoškolské studium geomatiky na ZČU v Plzni se uskutečňuje ve formě tříletého bakalářského studia (Bc.) s dvouletým navazujícím magister-

ským studiem (Ing.) v prezenční a kombinované formě. Kombinovaná forma studia pro pracovníky z praxe ve specializaci Geodézie a katastr nemovitostí byla na základě poptávky resortu ČÚZK otevřena na ZČU jako první studium v kombinované formě v České republice. Na ZČU v Plzni je také akreditován společně s Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým, v.v.i., ve Zdibech (VÚGTK) čtyřletý doktorský studijní program Geomatika v prezenční a kombinované formě (Ph.D.)

V odborné a vědecko-výzkumné oblasti spolupracuje oddělení geomatiky s řadou státních orgánů a organizací (MV, MMR, MZe, MF, MK, ČÚZK, Zeměměřičský úřad, katastrální úřady, Ústav územního rozvoje, Národní památkový ústav, VÚGTK), s územně samosprávnými celky a obecní samosprávou (Plzeňský kraj, Liberecký kraj, Kraj Vysočina, Magistrát města Plzně, Magistrát hlavního města Prahy) a též s řadou významných firem, které aktivně působí v oblasti GIS a kam také absolventi ZČU často nastupují.

Tím je zajišťována zpětná vazba a průběžně ovlivňováno curriculum studijního programu Geomatika. Podrobné informace o náplni studia, jeho specializacích a podmínkách absolvování tohoto programu na ZČU v Plzni jsou uvedeny na stránkách <http://gis.zcu.cz>. Závěrečné kvalifikační práce absolventů jsou zveřejňovány na portálu KMA <http://bit.ly/17f8le9>.

Pedagogické a vědecké pracovníky oddělení geomatiky čeká mnoho práce spojené s účastí na evropských projektech sedmého rámce a dalších národních a regionálních projektech. Ale vždy v popředí zůstává radostná práce s našimi studentkami a studenty.

Fotogrammetrie



Geodézie



GIS



RYTEC
GEODET A KARTOGRAF
ASTRONÓM A MATEMATIK
VODOHOSPODÁR
STAVITEĽ A ARCHITEKT
PEDAGÓG
VOJAK



**SAMUEL
MIKOVINI**
významný slovenský inovátor

VÝSTAVA

18. 07. – 31. 10. 2013

9.00 – 16.00 hod. (ut., str., pia.)

9.00 – 18.00 hod. (po., št.)

Miesto konania:

CVTI SR
Lamačská cesta 8/A
Multifunkčná miestnosť
Bratislava



Geotronics Slovakia

PETER ODĽHÝ
design by



NITT SK
Národná infraštruktúra
pre podporu transferu technológií
na Slovensku



Podujatie sa koná v rámci implementácie národného projektu: Národná infraštruktúra pre podporu transferu technológií na Slovensku – NITT SK. Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ