

Zpřesnění vybraných objektů ZABAGED® pomocí ortofotosnímků a dat leteckého laserového skenování

Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.

Praha

jirisima77@gmail.com

1 Historie vzniku ZABAGED®

Základní báze geografických dat (ZABAGED) je digitální vektorový geografický model území České republiky, který spravuje Zeměměřický úřad. Vzhledem sice připomíná topografickou mapu středního měřítká, ale její informační obsah je mnohem bohatší a polohová přesnost vyšší. Původ zdroje jejího obsahu sahá až do 60. let minulého století, kdy byla z černobílých leteckých měřických snímků na filmu vyhotovena zejména pro vojenské účely Topografická mapa v měřítku 1:10 000 v Gaussově zobrazení v 6stupňových pásech, jejíž obsah byl však zpřístupněn pouze osobám prověřeným pro stupeň TAJNÉ. Od podzimu roku 1968 ji však civilní orgány nesměly dále používat a národní resorty geodézie a kartografie v České socialistické i Slovenské socialistické republice byly přinuceny vytvořit nové státní mapové dílo s redukováným obsahem, v jiném kladu listů, značkovém klíči a bez souřadnicových sítí v systému JTSK (Základní mapu ČSSR 1: 10 000).

Vektorová forma ZABAGED vznikala od roku 1994 vektorizací aktualizovaných vydavatelských originálů ZM 10 – polohopisu, výškopisu a vodstva, přičemž byly vynechány intravilány, vyznačující se kartografickými odsuny vzájemně blízkých budov a komunikací vzhledem k rozměrům a kolizím kartografických značek. Střední polohová chyba bodových a liniových prvků na těchto podkladech byla 0,8 mm, tj. 8 metrů ve skutečnosti. Ty byly pak doplněny v letech 2000-2003 stereofotogrammetrickým vyhodnocením budov na digitálních fotogrammetrických pracovních stanicích.

Následovala éra aktualizací tohoto produktu, kdy se ukázalo jako nejefektivnější periodické pořizování leteckých měřických snímků a tvorba ortofota na celém území státu. V letech 1998 – 2002 byly vyhotoveny ještě černobílé snímky na filmu v různě velkých lokalitách podle kapacit orgánů geodézie a kartografie v krajích a centrálně vyhotoveno černobílé ortofoto s rozměrem pixelu 50 cm ve zobrazovací rovině mapy. V letech 2003 až 2011 již bylo barevné letecké měřické snímkování realizováno v Pásmech Západ – Střed a Východ, od roku 2009 již s rozměrem pixelu 25 cm a v letech 2010, 2011 a 2013 se uskutečnilo letecké laserové skenování celého státního území s průměrnou hustotou 1,4 bodu /m². Od roku 2012 je periodické letecké měřické snímkování realizováno ve dvouletém intervalu v Pásmech Západ a Východ, přičemž od roku 2016 se rozměr pixelu Ortofota ČR dále zmenšil na 20 cm.

2 Vlastnosti Ortofota ČR

Princip tvorby většiny ortofot spočívá ve vyhotovení zdánlivě bezešvé mozaiky středových partií všech pořízených leteckých měřických snímků jejich ortogonalizací s využitím

mřížového digitálního modelu reliéfu. Ortofota je polohově správné pouze tehdy, jsou-li zobrazené objekty na ploše použitého digitálního modelu reliéfu nebo v jeho těsné blízkosti. Vyšší objekty tak vykazují radiální posuny, které v případě využití středových partií ortogonalizovaných snímků mohou na jejich okraji dosáhnout až třetiny jejich výšky, na okraji celých ortogonalizovaných snímků pak až 2 třetiny jejich výšky. Nevýhodou ortofot jako mozaik středových partií ortogonalizovaných snímků je, že až 75 % rohů budov v úrovni terénu je zakryto střešním pláštěm, perspektivním sklopením vlastních budov a blízké stromové vegetace.

V případě využití celých ortogonalizovaných snímků, které má zhotovitel Ortofota ČR k dispozici, je však každá budova zobrazena až na 6 sousedních snímcích v řadách pořízených s 60% podélným a 30% příčným překrytem, takže vždy je každý roh domu viditelný alespoň na 1 ortofotosnímku a tam může být vyhodnocena jeho poloha.

3 Ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR

První rozsáhlou akcí, jejíž technologii vytvořil autor v roce 2018, bylo ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vyhotoveného v roce 2017 v západní polovině a v roce 2018 ve východní polovině celého státního území. Vybral celkem 210 katastrálních území, ve kterých byla k dispozici kvalitní Digitální katastrální mapa (DKM) s kódem kvality 3, zaručující, že 1164 vybraných rohů domů v úrovni terénu a 305 jednoduchých sloupů VN bez patek budou disponovat kódem kvality 3, tj. střední souřadnicovou chybou 14 cm.

Externista, vybraný Zeměměřickým úřadem, který není ani geodet, ani kartograf či fotogrammetr, ale informatik s orientací na počítačovou grafiku, vyhodnotil polohu těchto kontrolních bodů na ortofotu s využitím profesionálního monitoru stolního počítače a softwaru QGIS. Po započtení vlivu polohové přesnosti kontrolních bodů ($m_{xy} = 0,14$ m) aplikací zákona o hromadění středních chyb byla stanovena absolutní polohová přesnost Ortofota ČR vůči souřadnicovému referenčnímu systému JTSK hodnotami 0, 28 m v Pásmu Západ a 0, 26 m v Pásmu Východ při rozměru pixelu 20 cm v zobrazovací rovině.

Rozhodujícím faktorem získání této vynikající polohové přesnosti je důsledné použití mřížového digitálního modelu reliéfu DMR 4G s oky po 5 m a výškovou přesností 30 cm v otevřeném terénu a 1 m v lesích. Na celém území ČR jej představuje 31,5 mil. bodů.

4 Formy aktualizace a zpřesnění polohopisné složky ZABAGED

Obsah současné ZABAGED (2019) ilustruje její Katalog objektů zahrnující 8 kategorií, 128 typů objektů, jejich definici, formu geometrického vyjádření, údaj o polohové přesnosti, zdroji pořízení geometrických i popisných dat a další atributy. Aktualizace a zpřesnění polohopisné složky ZABAGED pomocí Ortofota ČR probíhá od roku 2000 již po páté; řada nových informací je permanentně získávána od několika desítek správců objektů a tematických databází. Od roku 2013 se uskutečňují v Zeměměřickém úřadě akce ke zpřesnění polohy vybraných objektů ZABAGED, aby tato databáze mohla být hlavním zdrojem geoprostorových dat pro začínající tvorbu Základní topografické mapy 1: 5000, která požaduje, aby jednoznačně identifikovatelné objekty byly určeny se střední polohovou chybou 1 m nebo i menší.

V dosavadních verzích Katalogu ZABAGED byla polohová přesnost objektů charakterizována vágním pojmem „**geometrická přesnost**“ v kategoriích A až E, což odpovídá období vzniku ZABAGED vektorizací ZM 10 v letech 1994-1999. Různé typy objektů byly zařazeny do úrovně A (pouze geodetické body základních a podrobných bodových polí), úrovně B – se střední polohovou chybou do 5 m, úrovně C – do 15 m, D – do 30 m a E s touto chybou podstatně větší, jestliže šlo o objekty převzaté z tematických map středních měřítek (1: 50 000 nebo 1: 100 000). Povinně přijatá norma ČSN EN ISO 19157 však požaduje, aby polohová přesnost byla charakterizována **střední polohovou chybou**, která se vyznačuje jinou distribuční křivkou a která teoreticky připouští jako zdroje k tvorbě Základní topografické mapy 1: 5000 pouze mapové podklady s kódy kvality 3 a 4.

Na **69 % území ČR** jsou však dosud pouze katastrální mapy s původem ve stabilním katastru a označené nyní jako **katastrální mapy digitalizované (KMD)** s kódem kvality 8 (tj. 1m eventuálně i více). ČÚZK uvádí statistiku podle počtu katastrálních území, která vyznívá příznivěji (**55 % katastrálních území**). Jejich využití pro zkvalitnění dat ZABAGED (v rámci akce ZABARAK 2015-2021) je tedy přinejmenším diskutabilní a proto bylo v Zeměměřičském úřadě na základě autorova projektu realizováno v letech 2018 a 2019 geodetické ověření vybraných typů bodů polohopisu celkem ve **27 vybraných lokalitách** ve Středočeském, Jihočeském, Jihomoravském, Zlínském, Moravskoslezském kraji a kraji Vysočina s mapami těchto vlastností (viz obr. 1).

5 Použité způsoby geodetického ověření polohy kontrolních bodů

Kontrolní body byly vždy zaměřovány z jednoho nebo i dvou stanovisek, jejichž poloha byla určena technologií GNSS-RTK (na stanovisku měřeno 4 minuty před a po cca hodině opět po skončení měření kontrolních bodů. Vnitřní přesnost (preciznost) **určení prostorové polohy stanovisek** byla vysoká (kolem 1 cm), ale absolutní přesnost ovlivnila nutná transformace ze systému ETRS 89 do S-JTSK pomocí globální transformace dostupné na Geoportálu ČÚZK jejíž střední chyba je na většině území ČR 3 cm; v každém případě je však **střední polohová chyba 0,037 m** menší než je požadována pro zaměření bodů podrobného polohového bodového pole.

Vlastní **kontrolní body** byly zaměřeny z těchto stanovisek totální stanicí s laserovým měřením délek, většinou na odrazný hranol na výtyčce při délce záměry převážně do 90 m. Měření ve všech lokalitách se řídilo předem vypracovanými měřickými náčrtky v rámci předchozí rekognoskace lokalit, kdy byly identifikovány vhodné orientační směry na zhušťovací body a kontrolní body na budovách, vodních tocích, železničních tratích, sloupech VN, v ose silnic a na křižovatkách. Přesnost vlastního podrobného měření byla ověřena na 89 kontrolních bodech jejich zaměřením ze dvou stanovisek. Dosažená **střední polohová chyba 0,04 m** je rovněž vynikající.

Rohy budov byly zaměřeny totální stanicí s laserovým měřením délek na odrazný hranol na výtyčce, jen minimálně přímo odrazem laserového paprsku od stěny. Kontrolní body v ose železniční trati byly určeny rozpúlením rozchodu koleje a postavením výtyčky s hranolem na tento bod. Podobně byly zaměřeny body v ose neevidovaných silnic a cest a ve středu úrovnových křižovatek. Body v ose jednočarých vodních toků (do šířky 3 m) byly zaměřeny technologií GNSS-RTK, přičemž GNSS rover se umístil do osy toku. Břehové čáry byly ve

vybraných kontrolních bodech realizovány výtyčkou s odrazným hranolem a jejich poloha zaměřena totální stanicí z nejbližšího stanoviska. Podobně byly zaměřeny středy sloupů VN a VVN.

Zvláštní akcí, realizovanou na všech krajských pracovištích odboru ZABAGED Zeměměřického úřadu od roku 2013, bylo **zpřesnění průběhu vodních toků zakrytých na leteckých snímcích hustou stromovou vegetací**. Průběh těchto toků a jejich meandry pod stromy byly v době tvorby Topografické mapy 1:10 000 stereofotogrammetricky vyhodnoceny jen přibližně a generalizovaně a takto se dostaly přes Základní mapu 1: 10 000 až do vektorové ZABAGED.

Postup nápravy využil **data leteckého laserového skenování** celého území ČR v letech 2010-2013 uspořádaných do digitálního modelu reliéfu DMR 5G, který obsahuje cca 11 milionů bodů o průměrné hustotě 1,4 bodu/m². Ovšem, korunami stromů a zpět k senzoru pronikne jen asi 16 % z nich, což je 1 bod na 2x2 m. Ale i tato hustota postačuje na vytvoření DMR 5G, resp. jeho stínovaného modelu, který zobrazí všechny neviditelné meandry toku, které jsou pak přeneseny do aktualizované ZABAGED a tak zkvalitní její obsah i polohovou přesnost.

6 Výsledky ověření absolutní polohové přesnosti vybraných typů objektů ZABAGED®

V období od května 2018 do září 2019 byl v Zeměměřickém úřadě pod vedením autora realizován následující rozsah geodetického ověření zpřesněných objektů ZABAGED® (zejména v rámci akce ZABARAK), a zpřesnění polohy dalších objektů s využitím Digitálního modelu reliéfu DMR 5G z dat leteckého laserového skenování celého území ČR v letech 2010-2013:

	<i>Střední polohová chyba</i>
630 KB - rohů budov v úrovni terénu,	0,5 m
47 KB v ose neevidovaných silnic a cest,	0,5 m
16 KB ve středu křižovatky,	1,5 m
35 KB v ose jednokolejné železniční trati a používané vlečky,	0,2 m a 0,4 m u vlečky
38 KB - sloupů vysokého a velmi vysokého napětí,	1,5 m
49 KB v ose jednočarého vodního toku,	1,0 m a 1,5 m v zákrytu stromy
28 KB bodů břehových čar vodních toků širších než 4 m.	1,5 m a 2,0 m v zákrytu stromy

Rozsah geodetického ověření polohové přesnosti vybraných objektů ZABAGED v letech 2018 a 2019 je dosti reprezentativní, aby umožnil nahradit dosavadní vágní údaje o geometrické přesnosti těchto objektů typickými hodnotami střední polohové chyby. Polohová přesnost dalších typů objektů v Katalogu objektů ZABAGED® byla odvozena na základě 20letých zkušeností autora s analýzami a využitím Ortofota ČR. Tyto doporučené hodnoty mají být uvedeny v novém vydání katalogu objektů ZABAGED® se na počátku roku 2020.

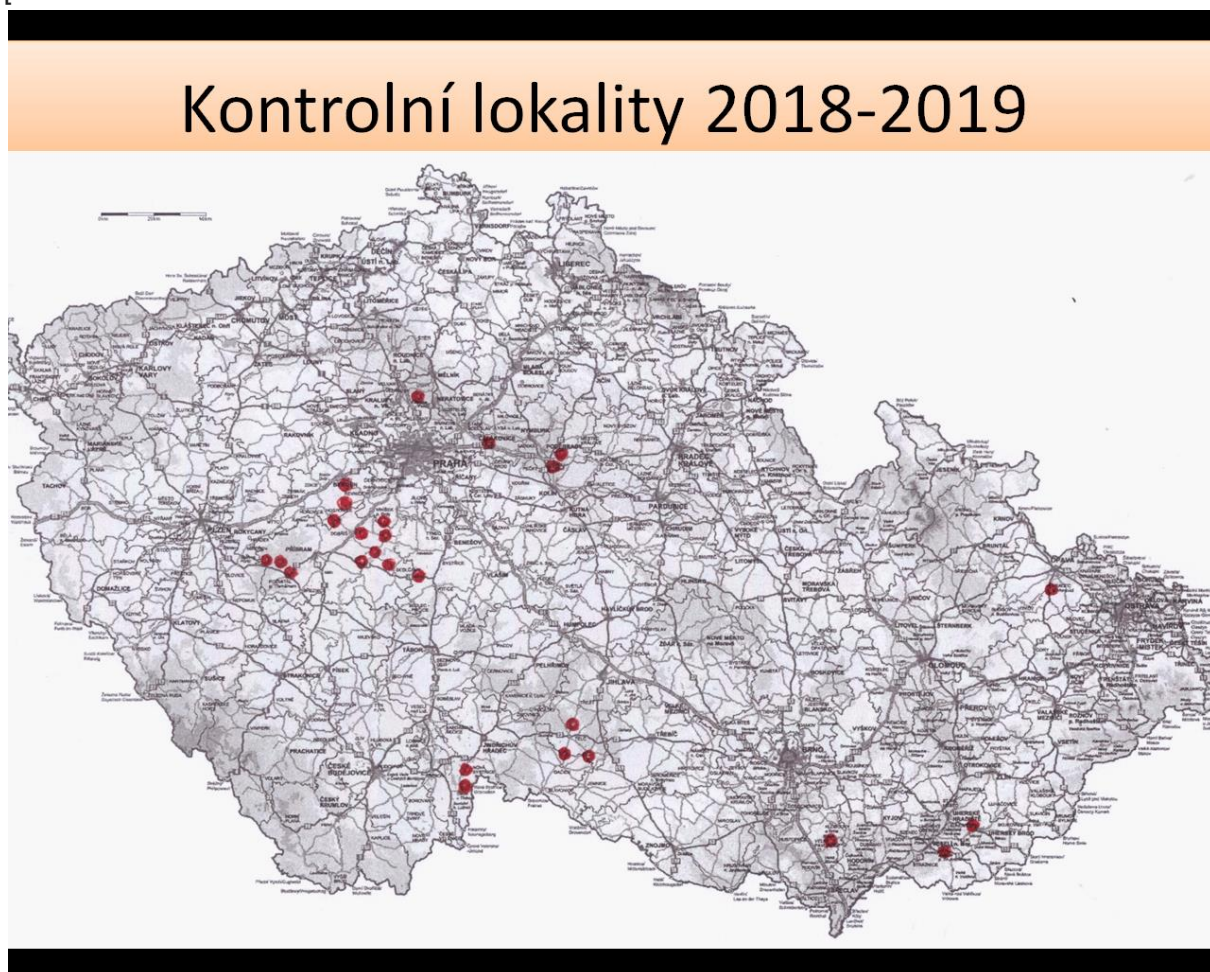
V souboru 630 kontrolních bodů v rozích budov na katastrálních mapách typu KMD bylo nalezeno jen 13 bodů (2 %), jejichž střední polohová chyba přesáhla hodnotu 1,5 m, takže by již představovala hrubou chybu v případě využití při tvorbě Základní topografické mapy 1:5000. V takových případech je nutno dát přednost určení jejich souřadnic z jednotlivých

ortofotosnímků, kde byla ověřena střední polohová chyba 0,221 m na 333 kontrolních bodech.

Použitá literatura a zdroje

- [1] Katalog objektů ZABAGED®, verze 3.0 ve znění dodatku č. 1 a č. 2. Zeměměřický úřad, duben 2018, 158 s.
- [2] ŠÍMA, J.: Základní báze geografických dat – dílo jedné generace českých zeměměřičů. Geodetický a kartografický obzor, 62/104, 2016, č. 4, s. 73-84.
- [3] ŠÍMA, J.: Výsledky geodetického ověření zvýšení přesnosti vybraných objektů ZABAGED® s využitím geodat z KMD a ortofotosnímků. Technická zpráva, Zeměměřický úřad, červen 2019, 24 s., 2 přílohy.
- [4] ŠÍMA, J.: Ověření polohové přesnosti Ortofota ČR na celém státním území (2017-2018). Geodetický a kartografický obzor, 65/107, 2019, č. 11, s. 253-258.

[



Obrázek 1