

2. díl: Ortofotomapa jako soudobý nástroj zobrazování územní reality

V předchozím dílu jsme definovali vlastnosti mapy, leteckého snímku, ortofotosnímku a popsali vznik oblíbeného kartografického díla – ortofotomapy.

Optimální rozlišení ortofotomapy

Montáž téže scény v měřítku 1 : 600 na obr. 7 názorně dokumentuje potřebu volby optimálního prostorového rozlišení ortofotomapy (rozměru pixelu v území), **úměrného** potřebě dostatečně ostrého a podrobného zobrazení sledovaných objektů a jevů. Vzhledem k tomu, že jde o barevné snímky a každý pixel je vybaven 3 informacemi o optické hustotě barevných složek R (červená), G (zelená) a B (modrá), jsou výsledné soubory digitálních dat velmi obsáhlé. Ortofotomapa, pokrývající 1 mapový list Státní mapy 1 : 5000 (2500 x 2000 metrů) s rozlišením 0,5 metru v území, představuje objem 58 MB ve formátu TIFF bez geografického názvosloví a jiných vektorových prvků. Podobně 1 list katastrální mapy v měřítku 1 : 2000 (1250 x 1000 m), pokrytý ortofotomapou s rozlišením 0,2 metru v území, představuje objem až 93 MB.

Zobecněním dosavadních zkušeností z praxe byla vytvořena doporučení pro volbu optimálního rozměru pixelu v území v závislosti na měřítku referenční mapy, se kterou má být ortofotomapa srovnávána nebo ji má doplňovat či aktualizovat. Toto měřítko zároveň charakterizuje požadovanou úroveň podrobnosti a polohové přesnosti, které jsou typické zpravidla pro příslušné základní státní mapové dílo (např. Základní mapu České republiky, Státní mapu 1 : 5000, digitální katastrální mapu, Technickou mapu města apod.).

Využitím doporučení v tab. 2 se uživatel může vyvarovat zbytečných nákladů, ale i zklamání z neadekvátního výsledku aplikace ortofotomapy pro jím sledované cíle. Někdy může být užitečné **interpretovat** barevný rastrový **výtisk ortofotomapy na velkoformátové tiskárně** nebo přímo na monitoru pracovní stanice. Pak je třeba mít na zřeteli, že ortofotomapu s rozlišením 1 metr v území lze uspokojivě zvětšit do



Obr. 7 – Porovnání stejné části krajiny zobrazené na ortofotomapě s různým rozlišením v území

měřítku maximálně 1 : 10 000, při rozlišení 0,4 nebo 0,5 metru v území pak do měřítka maximálně 1 : 2000, při rozlišení 0,2 nebo 0,25 metru v území do měřítka maximálně 1 : 1000 a při rozlišení 0,1 metru do měřítka 1 : 500.

Kdy je důležitá polohová přesnost ortofotomapy

Jestliže zvolené aplikace ortofotomapy mají převážně charakter **interpretace** kvalitativních charakteristik předmětů a jevů na zemském povrchu nebo jen vyšetření jejich relativních polohových vztahů **bez návaznosti na souřadnicový referenční systém** (S-JTSK nebo WGS84), nemusíme se zvlášť starat o **absolutní polohovou přesnost tohoto produktu**. Je však řada aplikací, kdy porovnáváme nebo na monitoru počítače přímo ztotožňujeme aktuální ortofotomapu se zpravidla starší konvenční (čárovou) mapou téhož území nebo s topologickovektorovou bází geografických dat (např. ZABAGED či DMÚ 25) a případnou polohovou chybu v ortofotomapě bychom mohli nesprávně přisoudit přiřazované

mapě. Pomocí ortofotomapy lze totiž určovat polohové souřadnice ve výše uvedené referenčních systémech (pokud jejich přesnost odpovídá požadavkům uživatele, např. projektantů pozemkových úprav nebo účastníků integrovaného záchranného systému).

Oddělení geomatiky na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni se od roku 2002 systematicky věnuje výzkumu vlastností ortofotografických zobrazení pokrývajících celé území České republiky a dospělo k několika důležitým závěrům o absolutní polohové přesnosti těchto produktů. Ukazuje se, že hodnota střední souřadnicové chyby ortofotomapy zřetelně **závisí na kvalitě provedené předchozí digitální automatické aerotriangulaci** opírající se přesně zaměřené, dobře identifikovatelné a optimálně rozložené **východní vlíčovací body**. V případě Digitálního ortofota České republiky (viz položka 1 v tab. 1 v předchozím dílu tohoto článku) jsou jimi výhradně vybrané trigonometrické a zhušťovací body signalizované před snímkovým letem bílými rameny ve tva-

ru kříže. V osmi zkušebních lokalitách bylo geodeticky zaměřeno 290 kontrolních bodů a z jejich určení na ortofotomapách s rozlišením 0,5 m v území vyšla průměrná hodnota střední souřadnicové chyby 0,53 metru, tj. 1,1 pixelu! Přitom v žádné lokalitě nebyla zjištěna významnější **systematická chyba, která může použít ortofotomapy k určování polohových souřadnic zcela znehodnotit.**

Je ovšem třeba říci, že na ortofotomape lze zpravidla nalézt jen menší procento bodů zcela jednoznačně identifikovatelných (jsou to například paty sloupů, viditelné rohy domů v úrovni terénu, rohy plotů, zídek a překladů mostků, středy poklopů studní a melioračních zařízení). Lomové body vlastnických hranic na katastrální mapě jsou na ortofotomape identifikovatelné jen výjimečně nebo po jejich přednáletové signalizaci terčíky nebo kontrastním nátěrem. V ostatních případech může být identifikován a vyhodnocen jen průběh hranic **skutečného užívání půdy**, komunikací, vodních toků a ploch a lesních porostů, pokud nejsou zakryty perspektivním obrazem vyššího objektu nebo stromů. S ohledem na tyto skutečnosti lze reálně uvažovat o **dosazitelné střední souřadnicové chybě ortofotomapy 1,5 až 2,5 rozměru pixelu v území**, jestliže nebyla zjištěna významná systematická chyba některé souřadnice (větší než 2 pixely) v celé lokalitě, mající obvykle původ v „ošizené“ digitální automatické aerotriangulaci.

Současné a perspektivní možnosti využití ortofotomap

Periodická aktualizace Základní báze geografických dat (ZABAGED, Digitálního modelu území (DMÚ 25) a databáze k administraci a kontrole zemědělských dotací v Evropské unii

Jde v současné době o nejrozsáhlejší aplikaci periodického ortofotografického zobrazení celého území České republiky na základě barevného leteckého měřického snímkování v měřítku 1 : 23 000 v intervalu 3 let. Iniciátory a investory této akce jsou ústřední správní orgány – Český úřad zeměměřický a katastrální, Ministerstvo obrany ČR a Ministerstvo zemědělství ČR, které také tento projekt financují z vlastních kapitol státního rozpočtu. Realizátory projektu jsou jednak soukromé firmy zajišťující letecké měřické snímkování na základě veřejné zakázky, jednak fotogrammetrická pracoviště Zeměměřického úřadu (zeměměřický odbor v Pardubicích) a Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu

Tab. 2 – Optimální rozměr pixelu v území pro různé aplikace ortofotomapy

	Měřítko referenční mapy (úroveň podrobnosti zobrazených objektů a jevů)	Rozměr pixelu v území	Typické příklady využití ortofotomapy s tímto prostorovým rozlišením
1	1 : 50 000 – 1 : 25 000	1 m	CHKO, národní parky, povodí řek, turistické oblasti
2	1 : 10 000 – 1 : 5 000	0,5 nebo 0,4 m	aktualizace ZABAGED a DMÚ 25, IACS-GIS, plošná inventarizace škod po živelných pohromách
3	1 : 2 000 – 1 : 1 000	0,2 nebo 0,25 m	GIS obcí a měst, pozemkové úpravy, stavební úřady, integrovaný záchranný systém, ortofotomapa dálnice
4	1 : 1 000 (souvislá zástavba) – 1 : 500	0,1 m	městská infrastruktura, městské památkové zóny, inventarizace městské zeleně

v Dobrušce (VGHMÚF), která vyhotovují digitální ortofotomapy s rozlišením 0,50 m v území, v kladu listů Státní mapy 1 : 5000 a georeferencované do S-JTSK (viz položka 1 v tab. 1). Hlavními uživateli jsou opět Zeměměřický úřad (pro aktualizaci Základní báze geografických dat – ZABAGED), VGHMÚF (pro aktualizaci Digitálního modelu území – DMÚ 25) a zejména orgány a organizace rezortu Ministerstva zemědělství (pro potřeby aktualizace databáze k administraci a kontrole zemědělských dotací v Evropské unii – IACS / GIS).

Identifikace hrubých chyb na katastrálních mapách v sáhovém měřítku před jejich digitalizací

Jde o souvislý rastr původně ostrovních map pozemkového katastru, transformovaný do S-JTSK postupem podle Václava Čady, nebo o platné katastrální mapy dosud v sáhovém měřítku transformované pouze na rohy mapových listů (tzv. orientační mapy parcel v rastrové formě). Oba druhy map byly převedeny do rastrové formy skenováním s hustotou 400 DPI, takže 1 pixelu odpovídá čtverec o straně 0,183 metru v území.

Při ztotožnění (superpozici) těchto map s ortofotomapou s rozlišením 0,5 m v území může být bod nalezený na ortofotu a tentýž bod v rastru sáhové mapy ve skutečnosti ještě identický, je-li jejich vzdálenost menší než 2,1 metru s rizikem 33 %, resp. 3,4 metru v území s rizikem pouhých 5 %. **Rozdíl v poloze identického bodu na ortofotu a v georeferencovaném souvislém rastru mapy pozemkového katastru nebo v georeferencovaném rastru platné katastrální mapy v sáhovém měřítku (nyní jako orientační mapa parcel) větší než 5 metrů v území tedy signalizuje evidentní hrubou chybu v mapě** náhodné nebo systematické povahy. Již rozdíly **větší než 3 metry** je třeba považovat za **významné** a kon-

frontovat je se sousedními kontrolovanými body. Tímto postupem lze účinně identifikovat příčiny hrubých nesouladů na stýkách sousedních listů orientační mapy parcel nebo systematické posuny a pootočení budov na katastrálních mapách v rozporu se skutečností.

Z hlediska rozsahu možné **identifikace obsahu katastrální mapy** na barevné ortofotomape je ovšem třeba znovu upozornit na následující **omezující faktory**:

- ▶ prostorové rozlišení 0,5 metru neumožňuje zvětšení ortofota na monitoru pracovní stanice více než do měřítko 1 : 1500, jinak jsou již obrysy a linie na objektech „zubaté“,
- ▶ skutečný půdorys budovy je často zakryt přesahem střechy nebo stěnou v důsledku radiálního posunu jejího zobrazení, zejména je-li budova vícepodlažní,
- ▶ nerespektování průběhu vlastnických hranic při obdělávání zemědělské půdy a stavebních činnostech (ortofoto zobrazuje skutečný stav užívání půdy),
- ▶ části hranice nebo objektu mohou být zakryty vzrostlou vegetací.

Přes uvedená omezení je Digitální ortofoto ČR s rozlišením 0,5 metru v území efektivním a pro katastrální úřady a pracoviště snadno dostupným nástrojem na identifikaci hrubých a systematických chyb na sáhových mapách georeferencovaných různými postupy do souřadnicového referenčního systému JTSK. Porovnání ortofota, vytvářeného periodicky každé tři roky, umožňuje identifikovat všechny **nové objekty** v území (někdy i dosud nedokumentované geometrickým plánem), posoudit tak aktuálnost katastrální mapy a přispět ke zkvalitnění revize katastrálního operátu.

Jednoduché a komplexní pozemkové úpravy

Barevná ortofotomapa s rozlišením 0,5 metru v území umožní projektantovi

pozemkových úprav získat informace o druzích užívání půdy, celkovém uspořádání cestní sítě, zástavby a výskytu lesních pozemků. Pokud má k dispozici barevnou ortofotomapu zájmového území s rozlišením 0,2 metru v území a georeferencovanou do S-JTSK, může ji navíc využít jako podklad pro projekt plánu společných zařízení, rozvržení a doplnění cestní sítě a pro návrh změny druhu užívání některých pozemků. Ani ortofotomapa se zvláště vysokým rozlišením (například 0,1 metru v území) však nemůže nahradit geodetická měření pro tvorbu digitální katastrální mapy v extravilánu, kde byla realizována komplexní pozemková úprava,

protože k tomuto účelu by musely být před leteckým snímkováním signalizovány terčíky nebo kontrastním nátěrem všechny lomové body vlastnických hranic a mapovacích objektů. To sice nemusí být technický problém, ale nutná údržba při čekání na bezoblačné počasí může organizačně i nákladově celou akci značně zkomplikovat.

Územní plánování

Pro potřeby územního plánování se shromažďují územně analytické podklady na úrovni 205 obcí s rozšířenou působností a 14 krajů ČR. Jejich další digitální zpracování do podoby územního plánu obce (města), územního plánu velkého územního celku (například Krkonoše) nebo zásad územního rozvoje krajů, využívá technologii geografického informačního systému (GIS). Barevná ortofotomapa s rozlišením 0,2 metru v území, georeferencovaná do souřadnicového systému JTSK, může být jednou z vrstev GIS, která proti mapě obdobného měřítka vyniká podrobností a aktuálností svého obsahu. V případě velkých územních celků a krajů může stejnou roli sehrát barevná ortofotomapa s rozlišením 0,5 metru v území. Významnou součástí výše zmíněných územních plánů mohou být v blízké době také 3D interaktivní mapy celé České republiky, krajů a velkých územních celků (viz tab. 1), jejichž základními složkami je barevná ortofotomapa a digitální model reliéfu.

Geografické informační systémy v územní samosprávě

Orgány územní samosprávy využívají již nyní digitální barevnou ortofotomapu jako jednu ze základních vrstev geografických informačních systémů obcí, měst a krajů. Například krajské úřady zakupují licence



Obr. 8 – Příklad použití barevné infračervené ortofotomapy k inventarizaci městské zeleně Bratislavy (použita digitální kamera Vexcel s rozlišením rozlišení 10 cm/pixel).

pro nekomerční užití tohoto produktu (často s rozlišením 0,2 metru v území), a to nejen pro potřebu vlastních odborných útvarů, ale pro obecní úřady, kraje, zřizované organizace a další subjekty, které svou činností přispívají k rozvoji kraje.

Barevnou ortofotomapu v kombinaci s digitální katastrální mapou nebo rastrovou orientační mapou parcel využívají stavební úřady, policie, zdravotnická a záchranná služba (například pro krizové plánování a řízení integrovaného záchranného systému).

Dokumentace rozsahu a následků živelných pohrom

Katastrofální povodně na Moravě (červenec 1997), v Čechách (srpen 2002) a orkán Kyrill (leden 2007) plně potvrdily důležitost a nezastupitelnost ortofotografického zobrazení územní reality pro operativní dokumentaci rozsahu a následků podobných živelných pohrom.

Díky leteckému měřickému snímkování a radarovému snímání území ČR z družice (funkčnímu i v noci a při souvislé oblačnosti) bylo možno vytvořit ortofotomapy celých povodí v časové řadě a tak nejen dokumentovat rozsah záplavy, ale i predikovat její další vývoj.

V případě orkánu Kyrill poskytly operativně pořízené a detailní barevné ortofotomapy nejen přesnou informaci o rozsahu škod na lesních porostech (např. v Národním parku Šumava), ale staly se i vynikajícím mapovým podkladem pro plánování a řízení likvidace lesní kalamity.

Optimální rozlišení pro tyto účely je 0,5 metru v území, přičemž ortofotomapa má být georeferencována do S-JTSK, aby byla možné provést superpozici lesnické porostní mapy.

Cestovní ruch a turistika

Barevná ortofotomapa doplněná turistickými trasami a ikonami objektů souvisejících s cestovním ruchem (vytištěná na papíře nebo plastové fólii) je pro většinu uživatelů srozumitelnější než generalizovaná topografická mapa středního měřítka vyžadující znalost použitého souboru mapových značek (kartografickou gramotnost). Optimální rozlišení je 0,5 metr nebo 1 metr v území a velmi výhodné je zobrazení sítě geografických souřadnic v systému WGS84, ve kterém poskytují výsledky okamžitého určení polohy v území příruční aparatury GPS, jimiž je již nyní vybaveno mnoho pěších turistů, cyklistů i řidičů aut. Pro propagaci cestovního ruchu

a turistických cílů na internetu a v informačních kioscích je perspektivním nástrojem 3D interaktivní vizualizace umožňující virtuální procházky (kolem objektů turistického zájmu, ulicemi měst) nebo průlety nad zájmovou lokalitou s volbou směru a výšky pohledu (například 3D vizualizace Moravskoslezského kraje).

Trendy do budoucna

Technologií, bezpochyby i v České republice široce aplikovanou po roce 2010, bude pořizování leteckých měřických snímků **digitálními komorami**, jejichž vysoké rozlišení (7 – 9 mikrometrů v rovině elektronicky snímaného obrazu) nabízí snadno dosáhnout rozlišení ortofotomapy 0,05 až 0,25 metru v území se současným zmírněním perspektivního zkreslení vysokých objektů při použití zorného úhlu objektivu 60° namísto dosud obvyklých 90°. Je však třeba i nadále mít na zřeteli smysluplnost tak vysokého rozlišení, protože objemy zpracovávaných obrazových dat pak nepředstavují stovky megabytů, ale stovky gigabytů! K dalšímu zpřesnění lokalizace zájmových objektů na ortofotomapě (se střední souřadnicovou chybou menší než 0,3 m) je však již třeba disponovat velmi přesným digitálním modelem reliéfu, který může být získán například **leteckým laserovým skenováním**. Obě perspektivní technologie jsou v současné době předmětem pilotních projektů a jejich využití pro periodické ortofotografické zobrazení celého území ČR se předpokládá již v druhé dekádě tohoto století. ☒

— Jiří Šíma,
Západočeská univerzita v Plzni

Autor děkuje společnosti Eurosense za zapůjčení ukázek ortofotomap pro účely článku.