

# HISTORICKÁ ORTOFOTOMAPA SLOVENSKA – ANALÝZA POLOHOVEJ PRESNOSTI A JEJ APLIKÁCIE PRI IDENTIFIKÁCIÍ PARCIEL

Miroslav KARDOŠ, Ján TUČEK, Zuzana SLATKOVSKÁ,  
Julián TOMAŠTÍK

**The historical orthophotomap of Slovakia – analysis of the positional accuracy and its application in identification of parcels**

**Abstract:** The historical orthophotomap covers whole territory of the Slovak Republic and was created from the aerial photos from the period before collectivisation of agricultural land (1949-1952). Technical University in Zvolen obtained a multi-license of database for unlimited use and publication within the project Centre of Excellence for Decision Support in Forest and Country. One part of the requirements for the process of public procurement was to achieve the positional accuracy of the displayed elements in the terrain plane defined by the criterion RMSE ( $m_{xy} \leq 3$  m). We analysed reaching of defined parameters by the comparison of coordinates of identified points in actual and the historical orthophotomap. The quality of the selected points in actual orthophotomap was checked using the accurate vector data from cadastre. In addition, we focused on the evaluation of qualitative aspect of the historical orthophotomap, including identification of errors in seamline areas, as well as the errors resulting from the orthorectification process. We also deal with other application of the historical orthophotomap in the field of forestry, geodesy, cartography and cadastre. One of them is the possibility of identification of the boundaries of the original lots displayed in the old cadastral maps in selected cadastral districts. We also focused on the other applications like its utilization in the land consolidations, where it can be applied within the landscape analysis and planning and designing new lots.

**Keywords:** historical orthophotomap, positional accuracy, photogrammetry, cadastral maps, land consolidation

## Úvod

Letecké meračské snímky a z nich odvodené produkty, ako napr. digitálne výškové modely, resp. ortofotomapy, sa úspešne dlhodobo uplatňujú vo vedecko-výskumnej činnosti. Sú cenným zdrojom kvantitatívnych a kvalitatívnych informácií o objektoch, ktoré sú na nich zaznamenané. Na rozdiel od tradičných analógových máp poskytujú pridanú hodnotu, ktorá spočíva v reálnom zobrazení objektov zachytených objektívom kamery v čase expozície. Z pohľadu ich aplikácie patrí medzi najčastejšie štúdium krajiny a jej zmien z historického aspektu (Boltížiar a Oláh, 2008; Boltížiar et al., 2013), či priamo identifikácia zmien krajinej pokrývky (Stanková a Čerňanský, 2004; Chudý a Tunák, 2004; Brůna a Křováková, 2005; Nociarová, 2013). Na identifikáciu zmien krajinej pokrývky sa používajú rôzne metódy založené na retrospektívnej analýze, resp. digitálne metódy interpretácie (Feranec et al., 2004).

Podkladom pre analýzy býva štandardne ortofotosnímka, resp. ortofotomapa, ktorá vzniká procesom diferenciálneho prekresľovania pôvodných leteckých meračských snímok. Proces ich vyhotovenia a výsledná polohová presnosť ortofotomapy je do značnej miery závislá od kvality vstupných údajov, z ktorých niektoré zvyčajne pri týchto archívnych materiáloch nie sú k dispozícii (napr. kalibračné protokoly použitých leteckých kamier, lícovacie body, nedostatočný pozdĺžny a priečny prekryt snímok pre využitie postupov automatickej aerotriangulácie a ďalšie).

doc. Ing. Miroslav KARDOŠ, PhD., prof. Ing. Ján TUČEK, CSc., Ing. Zuzana SLATKOVSKÁ, Ing. Julián TOMAŠTÍK, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: miroslav.kardos@tuzvo.sk

Pri spracovaní blokov leteckých snímok je najefektívnejšou metódou využívanie automatickej aerotriangulácie (Wolf a Dewitt, 2000; Linder, 2006; Lillesand et al., 2008), pri ktorej je možné aj s menším počtom lícovacích bodov vyrovnávať bloky pozostávajúce rádozo stoviek snímok.

Predpokladom pri vyhotovení ortofotomáp z archívnych leteckých snímok z pohľadu štandardného fotogrametrického procesu je existencia parametrov vonkajšej orientácie leteckých meračských snímok, ktoré môžeme určiť v procese automatickej aerotriangulácie (AAT). Známe prvky vnútornej a vonkajšej orientácie umožňujú rekonštruovať situáciu, ktorá bola v čase expozície snímok, t. j. definovať vzťah medzi bodmi na zemskom povrchu a ich identickými párovými obrazmi na leteckých snímkach.

Jedným z najdôležitejších parametrov, ktorý priamo ovplyvňuje výslednú geometrickú presnosť ortofotomapy, ale je aj príčinou ďalších chýb, je digitálny model terénu (DMT) – napr. Lohr (2003), Albertz a Wolf (2004), použitý v procese digitálneho diferenciálneho prekresľovania. Vplyvom použitia nesprávneho DMT môžu vznikáť rôzne polohové posuny prekreslených bodov, zmazy a pod. Pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní dochádza ku korekcii obrazových prvkov pôvodnej snímky vyhotovenej centrálnou projekciou do podoby ortogonalizovanej snímky – ortofotosnímky, pričom sa pre tento účel využívajú rôzne metódy rastrovania.

Pri analýze snímok z viacerých časových radov je dôležitá ich geometrická presnosť a vzájomná koincidencia. Viacero prác sa venovalo problematike polohovej presnosti ortofotomáp (Potůčková, 2004; Melichárek, 2005; Chudý et al., 2007). Zameriavali sa však predovšetkým na ortofotomapy vytvorené z aktuálnych údajov.

Archívne letecké meračské snímky sa úspešne aplikujú aj v oblasti identifikácie zmien reliéfu najmä v zosuvných územiach (Walstra et al., 2007; Prokešová et al., 2010), kde sa dajú kvantifikovať objemy presunutých svahových hmôt. Časté uplatnenie nachádzajú aj v oblasti geomorfológie, napr. pri skúmaní fluviaálnych foriem reliéfu (Grešková, 2003; Rusnák, 2010), v hodnotení zástavby sídiel (Sádovská, 2011), resp. v geografickom výskume (Pavelková et al., 2007).

Samostatnú pozornosť si zaslúži využitie leteckých meračských snímok v lesníctve, kde nachádzajú uplatnenie už po desaťročia. Podstatnú mieru tvorí ich využitie v oblasti lesníckeho mapovania, pričom dominuje metóda vyhodnotenia na digitálnych fotogrametrických staniách (Šandorfi a Chudý, 2004; Halvoň, 2008). Letecké meračské snímky primárne slúžia ako zdroj údajov na aktualizáciu tematických lesníckych máp, ktoré sa realizuje pravidelne každých 10 rokov v súvislosti s obnovou programov starostlivosti o les. S odstupom času sa zároveň stávajú bohatým informačným zdrojom pri štúdiu lesných ekosystémov.

Existencia komplexného kartografického diela – historickej ortofotomapy – posunula výskum v oblasti zmien krajiny na novú, kvalitatívne vyššiu úroveň. V príspevku sme sa zamerali na jej aplikácie, ktorým doposiaľ nebola venovaná väčšia pozornosť. Rovnako považujeme za dôležité aj stanovenie jej polohovej presnosti, ktorú môžeme očakávať pri použití ortofotomapy na ďalšie analýzy.

## 1. Historická ortofotomapa Slovenska

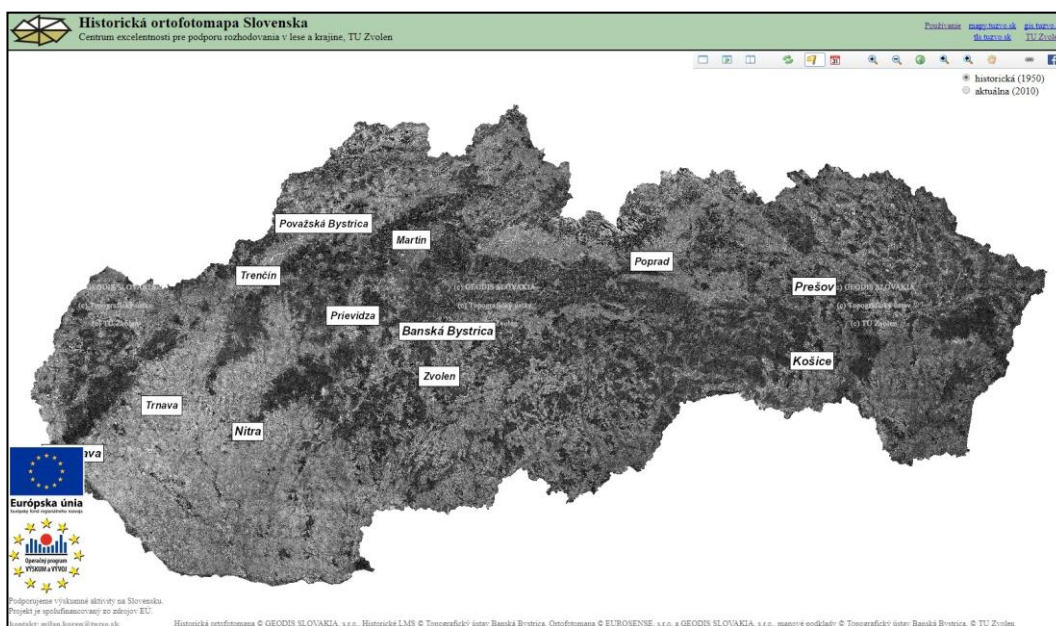
Historická ortofotomapa Slovenskej republiky (ďalej HOFM – obr.1) bola vytvorená spracovaním čierne-bielych leteckých meračských snímok z archívu Topografického ústavu v Banskej Bystrici. Pre potreby *Centra excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine* bola zakúpená licencia na historickú ortofotomapu od spoločnosti GEODIS SLOVAKIA, s.r.o. Technická univerzita (TU) vo Zvolene v rámci projektu získala multilicenciu na neobmedzené použitie a publikovanie historickej ortofotomapy Slovenskej republiky z obdobia pred kolektivizáciou (1949 – 1952).

HOFM je sprístupnená na mapovom portáli Centra excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine, TU Žvolen (<http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>).

HOFM predstavuje kartografické dielo vytvorené postupnosťou krokov od skenovania archívnych leteckých meračských snímok, digitálneho diferenciálneho prekresľovania až po bezošvé mozaikovanie do výslednej podoby. Predstavuje súbor digitálnych údajov zobrazujúcich územie Slovenska na základe obsahu archívnych leteckých meračských snímok z obdobia pred kolektivizáciou realizované vo forme databáz a súborov podľa nasledovnej technickej špecifikácie:

- plošný rozsah: celé územie Slovenskej republiky,
- aktuálnosť k roku 1949, v prípade neexistencie archívnych snímok z roku 1949 na časti územia najbližšia aktuálnosť k roku 1949,
- štruktúra zodpovedajúca kladu mapových listov Štátnej mapy odvodenej v mierke 1 : 5 000 (ŠMO5),
- priestorová rozlišovacia schopnosť 0,5 m,
- polohová presnosť zobrazených prvkov na HOFM v rovine terénu  $m_{xy} \leq 3$  m,
- súradnicový systém S-JTSK, S-JTSK03 a ETRS 89, kartografické zobrazenie UTM N34,
- rastrový formát TIFF, JPG.

HOFM je vyhotovená z archívnych snímok zaznamenaných počas vegetačného obdobia.



Obr. 1 Historická ortofotomapa SR (<http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>)

## 2. Identifikácia pôvodných pozemkov z historickej ortofotomapy vo vybraných lokalitách

Pozemkové úpravy (PÚ), resp. Register obnovenej evidencie pozemkov (ROEP) vo funkcii nástrojov na usporiadanie pozemkového vlastníctva, sú časovo, finančne a spracovateľsky náročné. Podobne náročná je aj problematika obnovenia hraníc pôvodných pozemkov prostredníctvom geometrického plánu na obnovu hraníc pôvodnej nehnuteľnosti.

HOFM sa javí ako vhodný podklad pri identifikácii hraníc pôvodných pozemkov z obdobia pred kolektivizáciou, rovnako aj pri usporiadaní pozemkového vlastníctva. Z podkladov HOFM vieme zistiť informácie o priebehu hraníc, ich geometrickom tvare či spôsobe využívania pozemkov. Ich využitie je aktuálne najmä pri spracovaní projektov PÚ, kde môžu slúžiť ako dobrý základ na navrhovanie a umiestnenie nových pozemkov. Vzhľadom na kvalitu snímok, z ktorých sa HOFM vyhotovuje, ostáva problémom určenie polohy lomových bodov parciel. Pri porovnávaní údajov registra E katastra nehnuteľností (E KN) tiež treba brať do úvahy pôvod máp, ktoré boli v daných katastrálnych územiach vyhlásené za určený operát. Veľmi často sú to najmä pôvodné mapy z obdobia starých pozemkových katastrov z územia Česko-Slovenska, ktorých presnosť je adekvátna metódam ich vyhotovenia. Vzájomným prekrytím rastrovej ortofotomapy a vektorovej kresby hraníc parciel určeného operátu sa dajú identifikovať prirodzené prírodné hranice (zarastené medze, terasy) viditeľné na ortofotomape.

Repáň et al. (2001) uvádzajú, že takýmto spôsobom možno získať informácie o kvalite geometrického a polohového určenia pôvodných nehnuteľností na určitých lokalitách. Na základe porovnania ortofotomapy s grafickým operátom KN sa identifikujú „problémové“ miesta, napr. výrazné nesúlady s priebehom reálnych hraníc pozemkov, posuny hraníc lesa, stavebné objekty s cieľom určenia rozsahu nevyhnutného zamerania obvodu PÚ v teréne. Väčšiu časť obvodu PÚ je možné odsúhlasiť priamo na základe ortofotomapy. Ortofotomapa je nenahraditeľná v procese umiestnenia hraníc nových pozemkov do reálnej situácie v digitálnom prostredí. V prípade projektovania rozdeľovacieho plánu len na základe vektorového mapovania sa problémy identifikujú až po vytýčení v teréne, čo pri odmietnutí vlastníckmi potenciálne znamená časovo a finančne nákladné zopakovanie procesu spracovania, schvaľovania a vytýčenia rozdeľovacieho plánu. Ortofotomapa predstavuje jedinečný prínos v procese jednoznačnej prezentácie rozdeľovacieho plánu vlastníkom formou zrozumiteľnej identifikácie hraníc nových pozemkov s reálnym stavom v teréne.

### 3. Vyhodnotenie polohovej presnosti a rádiometrickej kvality historickej ortofotomapy

V roku 2016 vydal Úrad geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) Slovenskej republiky *Metodický návod na kontrolu kvality ortofotomozaiky č. O 84.11.13.32.92-16* (ÚGKK, 2016). Metodický návod ustanovuje zásady, postup a náležitosti pri vykonávaní kontroly kvality ortofotomozaiky, ktorej zhotoviteľom je právnická osoba zriadená úradom, alebo externý subjekt.

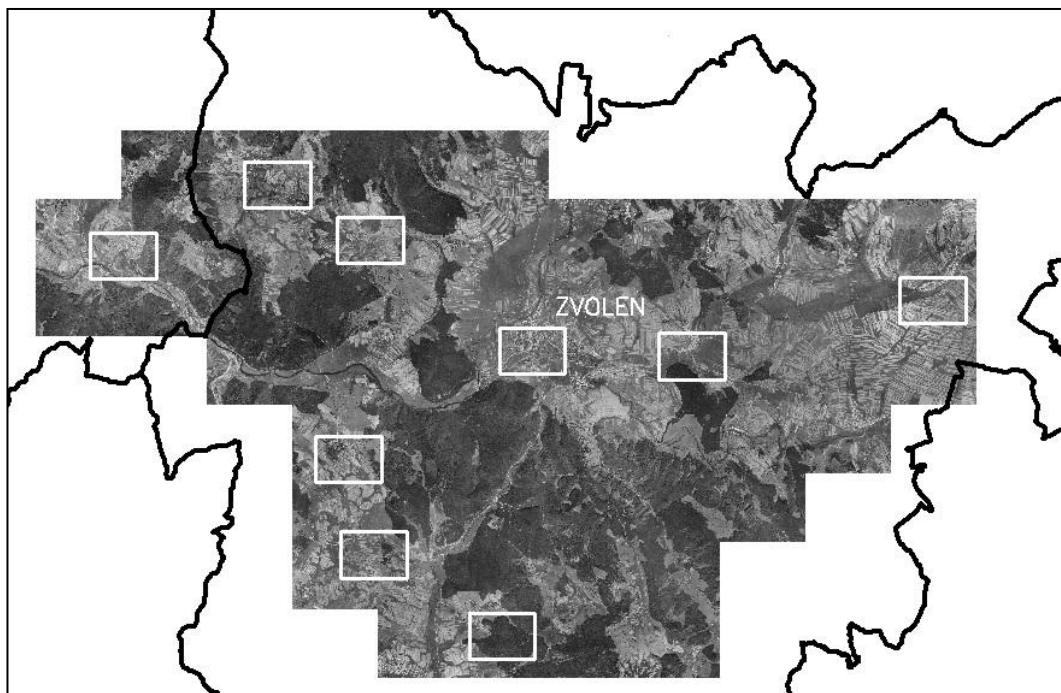
Metodický návod upravuje postup:

- a) kontroly rádiometrickej a sémantickej kvality ortofotomozaiky,
- b) kontroly polohovej presnosti ortofotomozaiky,
- c) vyhodnotenia výsledkov a zistených skutočností kontroly rádiometrickej a sémantickej kvality a kontroly polohovej presnosti ortofotomozaiky.

Na vyhodnotenie kvality HOFM sme použili niektoré metodické pokyny z návodu, aj keď návod samotný je určený na hodnotenie ortofotomáp v rezortných informačných systémoch, v ktorých sú ortofotomapy vytvorené prevažne z aktuálnych údajov.

Na overenie polohovej presnosti sme vybrali 58 kladov mapových listov ŠMO prevažne z okresu Zvolen, ktoré zároveň pokrývajú aj časť územia Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP), kde sa vo veľkej miere realizuje aj výskumná činnosť. Na testovacom území sme vizuálnou interpretáciou identifikovali vhodné objekty. Predovšetkým to boli rohy budov, ktoré s prihliadnutím na ich rovnomernú distribúciu v testovacom území ležali v intravilánoch deviatich katastrálnych území (KÚ) nachádzajúcich sa súčasne na HOFM a na aktuálnej ortofotomape (AOFM) (obr. 2). V zmysle metodického návodu (ÚGKK, 2016) sme prihliadali aj na vhodné vertikálne členenie lokalít v testovanom území. Polohové súradnice vybraných identických bodov boli získané z AOFM s rovnakým priestorovým rozlíšením (0,5 m) aké má HOFM. Správnosť vybraných bodov na AOFM sme potvrdili aj porovnaním s aktuálnymi údajmi číselných vektorových katastrálnych máp (VKMč) s jednoznačne identifikovateľnými pôdorysmi budov. Z nameraných dvojíc hodnôt (polohových súradníc X,Y) v celkovom počte 40 (priemerne 4,5 identických bodov na lokalitu) sme vypočítali diferencie, priemernú diferenciu ( $\bar{x}$ ), variabilitu hodnôt okolo priemeru ( $s_{\bar{x}}$ ) a celkovú správnosť HOFM charakterizovanú strednou súradnicovou chybou  $m_{xy}$ , ktorá dosiahla hodnotu 2,71 m. Aj keď je výsledok porovnania do istej miery zaťažený vlastnou chybou interpretácie identických bodov, môžeme konštatovať, že stanovená požadovaná presnosť  $m_{xy} \leq 3$  m bola dodržaná.

Druhým spôsobom overovania kvality HOFM bola jej vizuálna kontrola po jednotlivých mapových listoch na troch testovacích územiach (Orava, Tatry, Zvolen). K najčastejším chybám na ortofotomapách patria najmä chyby vznikajúce v procese mozaikovania ortofotosnímkov (napr. chyby farebného vyrovnanie obrazu, nesprávne vedenie trasy spojovacích čiar, výber metódy automatickej tvorby spojovacích čiar a nastavenie jej parametrov). Nevhodné nastavenie parametrov farebného vyrovnanie, vyhľadania miest v okolí spojovacích čiar a samotného procesu mozaikovania môže viesť k viditeľným chybám v kvalite obrazu, ktoré znemožňujú neskoršiu správnu vizuálnu, resp. automatizovanú interpretáciu.



Obr. 2 Testovacie územie na určenie polohovej presnosti HOFM s vyznačením lokalít (biele obdĺžniky) – 9 KÚ, v ktorých sa zisťovali súradnice identických bodov na AOFM a HOFM

Špecifickým nedostatkom ortofotomáp je napr. aj mozaikovanie ortofotosnímkov z rôznych časových období v prípade, že neboli vyhotovené pre celé územie v rovnakom čase, resp. boli snímané v rôznych obdobiach roka (vegetačné a mimovegetačné obdobie) alebo v rôznom čase počas dňa. Výsledkom môžu byť výrazné rozdiely medzi zaznamenanými objektami na ortofotomape, či nemožnosť dokonalého farebného vyrovnania takto rozdielnych ortofotosnímkov.

Pri vizuálnom posúdení HOFM sme sa stretli najmä s nasledovnými nedostatkami:

- zmazý spôsobené DMT v procese digitálneho diferenciálneho prekresľovania (niektoré okraje porastov),
- viditeľné chyby na miestach spojov ortofotosnímkov (najčastejšie chyby kvôli vedeniu spojov cez zalesnené oblasti) čoho výsledkom sú opačne orientované koruny stromov,
- viditeľné chyby vo farebnom vyhladení okolia spojov ortofotosnímkov,
- mozaikovanie ortofotosnímkov z odlišných období (najmä pohraničné oblasti, napr. Oravská Lesná).

Výrazné viditeľné chyby v mozaikovaní ortofotosnímkov z odlišných časových období vyhotoviteľ už pri spracovaní diela vysvetlil nedostupnosťou materiálov z rovnakého časového obdobia (1949) najmä v pohraničných oblastiach. Preto ich doplnil najstaršími dostupnými snímkami k tomuto obdobiu, čo považujeme za akceptovateľné riešenie. Výskyt uvedených nedostatkov je sporadický a na celkovú výslednú kvalitu diela majú minimálny vplyv.

Na testovaných lokalitách sme nezaznamenali výskyt oblačnosti ani tieňov spôsobených oblačnosťou. Vzhľadom na náročnosť spracovania archívnych snímkových materiálov považujeme kvalitu HOFM za adekvátnu použitým vstupným údajom.

#### 4. Vyhodnotenie identifikácie pôvodných pozemkov s využitím historickej ortofotomapy

Na posúdenie možnosti identifikácie hraníc pôvodných pozemkov na HOFM sme použili dve metódy. V prvom prípade išlo o porovnanie súradníc lomových bodov pôvodných parciel registra E KN s bodmi identických parciel získaných manuálnou vektorizáciou na HOFM v dvoch KÚ. V druhom prípade bol zvolený postup porovnania polohových súradníc lomových bodov identických parciel na historickej a aktuálnej ortofotomape.

Pre prvý prípad boli vybrané KÚ Budča (obr. 3) a KÚ Zvolen. Charakteristiku mapových podkladov sme overili prostredníctvom aplikácie MiniGIS (MiniGIS, 2014).



Obr. 3 Identifikácia parciel na historickej ortofotomape KÚ Budča

KÚ Budča je charakterizované nečíselnou vektorovou mapou určeného operátu zobrazujúcou parcely registra E KN z celého katastrálneho územia, ktorá bola vyhotovená pri ROEP. Mapa je vyhotovená v mierke 1 : 2 880 (podkladová mapa), vzťažná mierka je 1 : 1 000. Vektorová katastrálna mapa (VKM) bola prebratá do katastra nehnuteľností, t. j. bola vyhlásená jej platnosť pri spracúvaní ROEP.

KÚ Zvolen je charakterizované nečíselnou vektorovou mapou určeného operátu prevzatou do katastra nehnuteľností (s vyhlásenou platnosťou) s mierkou 1 : 2 000.

Tab. 1 uvádza vybrané ukazovatele opisnej štatistiky, získané na základe vypočítaných rozdielov v polohe medzi odpovedajúcimi si dvojicami bodov. V prípade oboch KÚ bolo do výpočtu zahrnutých 50 dvojíc bodov (lomové body vybraných parciel, ktoré boli považované interpretáciou za identické).

V oboch KÚ na prvý pohľad pôvodné parcely svojim tvarom a priebehom hraníc korešponujú so zobrazeným stavom na HOFM. Odpovedajú tomu aj dosiahnuté výsledky identifikácie pozemkov, kde pre vybranú lokalitu v KÚ Zvolen o výmere 60 ha, sme dosiahli hodnotu  $m_{xy} = 2,96$  m. Pre vybranú lokalitu v KÚ Budča o výmere 17 ha sme dosiahli hodnotu  $m_{xy} = 1,17$  m. Tieto hodnoty sú navyše ovplyvnené subjektívnou chybou interpretácie pri vektorizácii hraníc pozemkov. Hodnoty strednej súradnicovej chyby naznačujú, akú môžeme očakávať správnosť pri identifikácii hraníc pôvodných pozemkov z HOFM pri použití zvolených typov máp určeného operátu. Pri identifikácii hraníc pozemkov treba mať na zreteli aj samotnú polohovú presnosť HOFM, ktorá vplýva na presnosť ich interpretácie.

**Tab. 1 Výsledné štatistické charakteristiky počítané zo súradnicových rozdielov**

	<i>KÚ Budča</i>	<i>KÚ Zvolen</i>
suma chýb	49,91 m	114,84 m
$\bar{X}$	0,99 m	2,55 m
$S_{\bar{X}}$	0,60 m	1,49 m
n	50	50
$m_{xy}$	<b>1,17 m</b>	<b>2,96 m</b>

$\bar{X}$  – priemer,  $S_{\bar{X}}$  – smerodajná odchýlka, n – početnosť,  $m_{xy}$  – stredná súradnicová chyba

Na Slovensku máme viacero KÚ, kde sa zachovalo pôvodné užívanie pozemkov z času pred obdobím kolektivizácie (najmä oblasti horšie dostupné pre poľnohospodársku techniku). Jedným z takých je napríklad aj KÚ Mikšová, časť Beňov v okrese Bytča, ktoré sme zvolili pre náš experiment. V danom KÚ sa aktuálny stav na AOFM v registri C KN, ako aj stav na HOFM v určitých častiach zhodujú. V tomto prípade bol zvolený postup porovnania polohových súradníc lomových bodov identických parciel na historickej a aktuálnej ortofotomape (obr. 4).



Obr. 4 Identifikácia parciel na historickej ortofotomape KÚ Mikšová časť Beňov (vľavo), porovnanie stavu s aktuálnou ortofotomapou a zobrazením parciel registra C KN (vpravo).

Vzhľadom na zachovanie pôvodného užívania pozemkov ich hranice pretrvali dodnes, a preto sme ako porovnávací podklad použili aj parcely aktuálneho stavu registra C KN. Určený operát vyhotovený pri ROEP je v uvedenom KÚ charakterizovaný nečíselnou vektorovou mapou zobrazujúcou parcely registra E KN z celého katastrálneho územia. Mapa je vyhotovená v mierke

1 : 2 880 (podkladová mapa), vzťahná mierka je 1 : 1 000. Rovnako aj v tomto prípade bola vyhlásená platnosť VKM.

Výsledok takéhoto porovnania charakterizovaný hodnotou  $m_{xy} = 1,03$  m (Tab. 2) je najlepší výsledok, aký sme pri identifikácii hraníc pôvodných pozemkov dosiahli.

**Tab. 2 Výsledné štatistické charakteristiky počítané zo súradnicových rozdielov**

	KÚ Mikšová – Beňov
suma chýb	49,93 m
$\bar{X}$	0,88 m
$S_{\bar{X}}$	0,55 m
n	50
$m_{xy}$	<b>1,03 m</b>

$\bar{X}$  – priemer,  $S_{\bar{X}}$  – smerodajná odchýlka, n – početnosť,  $m_{xy}$  – stredná súradnicová chyba

### Záver

Archívne letecké meračské snímky sa javia ako perspektívny zdroj údajov na hodnotenie zmien a vývoja krajiny v priebehu niekoľkých desaťročí a a sú tiež cenným zdrojom kvantitatívnych údajov potrebných na modelovanie zmien reliéfu v časovom intervale niekoľkých desaťročí.

HOFM predstavuje cenný zdroj informácií, ktoré sa uplatňujú najmä pri štúdiu zmien krajiny pokrývky, využívania krajiny, zmien lesných ekosystémov, ale aj pri identifikácii hraníc pôvodných pozemkov z obdobia pred kolektívizáciou.

Na základe posúdenia polohovej presnosti na testovacom území v okolí obce Zvolen, môžeme konštatovať, že bolo splnené požadované kritérium obstarávateľa HOFM, t. j. dosiahnutie polohovej presnosti  $m_{xy} \leq 3$  m. Z pohľadu rádiometrickej kvality sa vyskytujú nedostatky sporadicky a nie sú významnou prekážkou z pohľadu interpretácie zobrazených objektov.

V príspevku sme sa zamerali aj na ďalšie aplikácie HOFM, najmä na účel posúdenia identifikácie hraníc pôvodných pozemkov na HOFM, AOFM, a tiež na porovnanie s parcelami máp určitého operátu rôznych kvalitatívnych charakteristík. Porovnanie AOFM a HOFM pri identifikácii hraníc pôvodných pozemkov je vo väčšine prípadov komplikované z toho dôvodu, že podstatná časť hraníc pôvodných parciel sa nezachovala. V našom prípade sme zisťovali vzájomnú odľahlosť lomových bodov manuálne s použitím nástrojov analytických funkcií priamka a bod. Na riešenie, ktoré by bralo do úvahy väčší súbor bodov, by mohlo byť použité zisťovanie odľahlosti hraníc pomocou funkcií geografického informačného systému. Dosiahnuté výsledky stredných súradnicových chýb  $m_{xy}$  (v rozpätí 1,03 až 2,96 m) považujeme za uspokojivé vzhľadom na samotnú polohovú presnosť HOFM. Do značnej miery sú závislé od presnosti zobrazenia parciel na mape určeného operátu. Ako perspektívny nástroj na identifikáciu hraníc pôvodných pozemkov (v lokalitách, kde sa zachovalo pôvodné užívanie), by sa dali využiť aj údaje leteckého laserového skenovania s vysokou hustotou bodového mračna.

Celkovo môžeme konštatovať, že archívne letecké snímky a z nich vytvorené ortofotomapy môžu výrazne pomôcť pri identifikácii pôvodných hraníc, najmä čo sa týka ich tvaru a priebehu. Vidíme ich uplatnenie aj pri vyhotovovaní ROEP, resp. následne pri pozemkových úpravách, navrhovaní tvaru a umiestnenia nových parciel, ciest a podobne. Použitie HOFM na vytyčovanie hraníc, alebo preberanie súradníc za iným účelom, napr. pri vyhotovení geometrického plánu, nepovažujeme vzhľadom na dosiahnuté výsledky za vhodné a správne.

*Táto práca vznikla vďaka podpore projektu Operačného programu Výskum a vývoj s názvom Centrum excelentnosti na podporu rozhodovania v lese a krajine, ITMS kód 26220120069, spolufinancovaného z Európskeho fondu regionálneho vývoja a tiež projektu VEGA MŠ SR a SAV č. 1/0804/14: Aktualizácia mapovania, usporiadania vlastníctva k lesným pozemkom a určenie stavu krajiny modernými prostriedkami družicovej geodézie a leteckého prieskumu.*



## Literatúra

- ALBERTZ, J., WOLF, B. (2004). Generating True Orthoimages Without a 3D Surface Model. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 35, 3, pp. 693-698.
- BOLTIŽIAR, M., OLÁH, B. (2008). Potenciál historických máp a leteckých snímok pri štúdiu zmien krajiny. *Geografická revue*, 4 (2), Banská Bystrica (UPV UMB Banská Bystrica), s. 64-82.
- BOLTIŽIAR, M., OLÁH, B., PETROVIČ, F. (2013). Historické mapy – zdroj dát pri štúdiu krajiny a jej zmien. *Životné prostredie: revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie*, 47 (1), s. 8-12.
- BRŮNA, V., KŘOVÁKOVÁ, K. (2005). Analýza zmien krajinné struktúry s využitím map Stabliňho katastru. In *Historické mapy 2005. Bratislava*. (Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky).
- FERANEC, J., OŤAHEL, J., CEBECAUER, T. (2004). Zmeny krajiny pokrývky – zdroj informácií o dynamike krajiny. *Geografický časopis*, 56 (1), s. 33-47.
- GREŠKOVÁ, A. (2003). Geographic information system and aerial photographs as a tool for identification of standing water bodies and landforms in flooded areas. *Geomorphologia Slovaca*, 3 (2), pp. 19-21.
- HALVOŇ, L. (2008). Lesnícke mapové dielo. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy*. Zvolen, s. 112-132 (Technická univerzita vo Zvolene).
- CHUDÝ, F., KARDOŠ, M., BECZE, F. (2007). Posúdenie presnosti digitálneho ortofotoplánu z materiálov digitálneho snímkovania. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania*. Zvolen, s. 40-50 (Technická univerzita vo Zvolene).
- CHUDÝ, F., TUNÁK, D. (2004). Príspevok k spracovaniu archívnych snímok modernými prostriedkami digitálnej fotogrametrie v lesníckom mapovaní. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania: II. sympózium*. Zvolen, s. 63-71 (Technická univerzita vo Zvolene).
- LILLESAND, T. M., KIEFFER, R. W., CHIPMAN, J. W. (2008). *Remote sensing and image interpretation*. New York (John Wiley & Sons).
- LINDER, W. (2006). *Digital Photogrammetry: a Practical Course. 2nd edition*. Berlin (Springer Verlag).
- LOHR, U. (2003). Precise LIDAR DEM and True Ortho Photos. In *Photogrammetric week 2003*. Stuttgart, pp. 111-115 (Stuttgart Universität). [online] [cit. 2017-10-09]. Dostupné na: <<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo03/lohr.pdf>>
- MELICHÁREK, R. (2005). Posúdenie polohovej presnosti digitálnej ortofotosnímky vytvorenej pomocou dvoch odlišných fotogrametrických systémov. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Dial'kový prieskum Zeme a lesnícke mapovanie*. Zvolen, s. 54-62 (Technická univerzita vo Zvolene).
- NOCIAROVÁ, P. (2013). Archívne letecké snímky a ich uplatnenie pri identifikácii lesných pozemkov. [online]. In *GIS Ostrava 2013*. Ostrava [online] [cit. 2017-10-09]. Dostupné na: <[http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2013/sbornik/papers/gis20135086cfa0eb16b.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2013/sbornik/papers/gis20135086cfa0eb16b.pdf)>
- PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R., NETOPIL, P. (2007). Historické letecké snímky v geografickom výzku – problémy při jejich zpracování a možná řešení. *Miscellanea geographica*, 13, s. 129-136.
- POTŮČKOVÁ, M. (2004). *Image matching and its application in photogrammetry*. PhD. thesis. Aalborg (Aalborg University).
- PROKEŠOVÁ, R., KARDOŠ, M., MEDVEĐOVÁ, A. (2010). Landslide Dynamics from high-resolution aerial photographs: A case study from the Western Carpathians, Slovakia. *Geomorphology*, 115, 1-2, pp. 90-101.
- REPÁŇ, P., SVATOJÁNSKY, O., BARCA, R. (2001). Využitie ortofotomáp pri spracovaní pozemkových úprav. In *Zborník prednášok VI. medzinárodných česko-slovensko-poľských geodetických dní*. Praha. [online] [cit. 2017-10-09]. Dostupné na: <<http://www.pce.sk/clanky/rozne9.htm>>
- RUSNÁK, M. (2010). Zmeny pôdorysnej vzorky a presúvanie koryta laterálne čiastočne uzavretej rieky. *Geographia cassoviensis*, 4, 1, s. 154-158.
- SÁDOVSKÁ, P. (2011). *Vývoj urbanizovaného územia na základe leteckých snímok*. Diplomová práca. Olomouc (Univerzita Palackého v Olomouci).

- STANKOVÁ, H., ČERNĀNSKÝ, J. (2004). Mapovanie krajinej pokrývky objektovo orientovanou klasifikáciou v oblasti Chopok – Jasná. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania*. Zvolen, s. 88-98 (Technická univerzita vo Zvolene).
- ŠANDORFI, K., CHUDÝ, F. (2004). Digitálna fotogrametria – nezvratný trend lesníckeho mapovania. In Žihlavník, Š., Tunák, D. (eds.). *Zborník referátov zo sympózia: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania: II. sympóziu*. Zvolen, s. 14-23 (Technická univerzita vo Zvolene).
- MiniGIS (2014). *Metaúdajový informačný systém SGI katastra nehnuteľností*. Bratislava. [online] [cit. 2017-10-09]. Dostupné na: <<http://minigis.skgeodesy.sk/minigis/>>
- ÚGKK (2016). *Metodický návod na kontrolu kvality ortofotomozaiky“ č. o 84.11.13.32.92-16*. Bratislava. [online] [cit. 2017-10-09]. Dostupné na: <[http://www.skgeodesy.sk/files/slovensky/ugkk/kataster-nehnuteľnosti/technicke-predpisy-ine-akty-riadenia/mn\\_kontrola\\_kvality\\_ortosnimok\\_v12\\_final.pdf](http://www.skgeodesy.sk/files/slovensky/ugkk/kataster-nehnuteľnosti/technicke-predpisy-ine-akty-riadenia/mn_kontrola_kvality_ortosnimok_v12_final.pdf)>
- WALSTRA, J., DIXON, N., CHANDLER, J. H. (2007). Historical aerial photographs for landslide assessment: two case histories. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 40, pp. 315-332.
- WOLF, P. R., DEWITT, B. A. (2000). *Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS*. Boston (R.R Donnelley & Sons Company).

## S u m m a r y

### **The historical orthophotomap of Slovakia – analysis of the positional accuracy and its application in identification of parcels**

Aerial photos and their derived products such as digital elevation models or orthophotomaps have been applied successfully for a long time within the scientific research. Unlike traditional analogue maps, they provide added value, which is based on the real view of objects captured by the camera at the time of exposure. From their application point of view, the most frequent research topics are: study of the landscape and its changes from the historical aspect (Boltížiar and Oláh, 2008; Boltížiar et al., 2013), the direct identification of land change and land cover analysis (Stanková and Čerňanský, 2004; Chudý and Tunák, 2004; Brúna and Křováková, 2005). Geometric accuracy and mutual co-incidence of georeferenced images is important during the time series analyses. Historical aerial photos are also successfully applied in the area of identification of relief changes, especially in the landslide areas (Walstra et al., 2007; Prokešová et al., 2010) where it is possible to quantify the volumes of transferred masses. Frequently they are applied also in the field of geomorphology within the studies of fluvial forms of relief (Grešková, 2003; Rusnák, 2010), assessment of cities urbanization (Sadvská, 2011) and other geographic research (Pavelková Chmelová and Netopil, 2007). Special attention should be given to the use of aerial photos in forestry, where they have been used for decades. Aerial photos primarily serve as a data source for updating thematic forestry maps, what is carried out regularly every 10 years in connection with the renewal of forest care programs. During the history they have become a resource of information for study of forest ecosystems.

The historical orthophotomap (HOPM) of Slovakia was created by the processing of black-and-white aerial photos from the archive of the Topographical Institute in Banská Bystrica. HOPM represents a valuable source of information, which can be applied especially in the study of landscape changes, land use, changes in forest ecosystems, but also in the identification of the boundaries of original lots from the time period before the collectivization. Based on the assessment of positional accuracy in the test area of Zvolen, we can say that the required criterion of the customer of the HOPM (Technical university in Zvolen) i.e. achieving a positional accuracy of RMSE ( $m_{xy} \leq 3$  m) was fulfilled.

From a radiometric point of view, the errors occur sporadically and are not a significant obstacle to the interpretation of the displayed objects. In the paper, we also focused on the other applications of the HOPM, especially for the purpose of assessing the identification of the boundaries of the original lots on the HOPM, current orthophotomap (COPM) and also by comparing with the lots on the old state cadastral maps of different qualitative characteristics. Identification of boundaries of original lots is in the most cases difficult from the comparison of HOPM and COPM because most of the boundaries of original lots were not retained. The results of the RMSE that we obtained were within the range of 1.03 m to 2.96 m and could be considered as satisfactory with respect to the accuracy of HOPM. They considerably depend on the accuracy of the old cadastral map with displayed original lots. As a perspective tool for identification of the boundaries of the original lots, it is also possible to use airborne laser scanning data with high point cloud density. Overall, we can say that historical aerial photos and orthophotomaps can greatly help to identify the original boundaries, particularly in terms of shape and localization. We also see their application within the land consolidation during the process of designing the shape and course of new lots, roads etc. Utilization of historical orthophotomaps in the process of staking-out of boundaries, or taking the coordinates for another purpose (e.g. geometric plans), is not considered as the correct way to get good results.

Fig. 1 Historical orthophotomap of Slovakia (<http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>)

Fig. 2 Area of interest for determination of positional accuracy of the historical orthophotomap with marked sites (white rectangles) – 9 cadastral districts, where the coordinates of identical points in the HOPM and COPM were obtained.

Fig. 3 Identification of lots based on the historical orthophotomap in the Budča cadastral district

Fig. 4 Identification of lots based on the historical orthophotomap in the Mikšová cadastral district (left), comparison with current orthophoto and current vector cadastral map (right)

Tab. 1 Resulting statistical characteristics computed from differences of coordinates

Tab. 2 Resulting statistical characteristics computed from differences of coordinates

Prijaté do redakcie: 27. júna 2017

Zaradené do tlače: jún 2017