

MOŽNOSTI BEZKONTAKTNÝCH MAPOVACÍCH METÓD PRI OBNOVE KATASTRÁLNEHO OPERÁTU V LESNOM PROSTREDÍ

František Chudý¹, Jozef Šadibol²

¹ Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96053, Zvolen, Slovenská republika
frantisek.chudy@tuzvo.sk

² Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96053, Zvolen, Slovenská republika
jozef.sadibol@is.tuzvo.sk

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá využitím bezkontaktných metód pri obnove katastrálneho operátu zalesnených území novým mapovaním, pri vyhotovovaní lesníckeho mapového diela, posúdením aktuálnosti súboru geodetických a popisných informácií katastra nehnuteľností so skutočným stavom v teréne, kde vzhľadom na finančnú a časovú náročnosť došlo k pozastaveniu obnovy katastrálneho operátu novým mapovaním.

Cieľom príspevku je vytipovať možnosti využitia fotogrametrie (ortofotosnímkov, stereoskopického vyhodnotenia) a laserového skenovania pri obnove a aktualizácii katastrálneho operátu v lesnom prostredí. Výsledkom obnovy by mala byť kvalitatívna zmena obsahu katastrálneho operátu a celoplošné pokrytie územia Slovenskej republiky súvislým mapovým dielom požadovaného obsahu, rozsahu a aktuálnosti s jednoznačne identifikovanými vlastníkymi hranicami.

Abstract

The paper deals with the use contactless mapping methods in cadastral recovery by new mapping, forest mapping work execution, examination of how up-to-date the system of geodetic and descriptive information of cadastre is in comparison with actual conditions in the field, where due to financial and time requirements were suspended during the renovation the cadastral recovery by new mapping.

The aim of this work is to find possibilities for the use of photogrammetry (orthophotos, stereoscopic evaluation of photos) and laser scanning in recovery and updating of cadastral in forest environment. The result of this recovery should be a qualitative change in the content of cadastral and full area cover of Slovak republic territory by continuous mapping of required content, extent and recency with clearly identified proprietorial borders.

Kľúčové slová: digitálna fotogrametria, laserové skenovanie, obnova katastrálneho operátu, ortofotomapa

Keywords: digital photogrammetry, laser scanning, redevelopment of cadastral apparatus, ortophotomap

1. ÚVOD A CIEĽ PRÁCE

História leteckej fotogrametrie je úzko spätá ako s katastrálnym, tak aj lesníckym mapovaním. V katastri nehnuteľností (KN) sa táto metóda postupne prestala využívať, aj keď je zakomponovaná v niektorých smerniciach (smernice na spravovanie katastra nehnuteľností, na obnovu katastrálneho operátu, na meranie a vykonávanie zmien v súbore geodetických informácií). Dôvodom bolo pozastavenie konaní o obnove katastrálneho operátu, o revízii katastrálneho operátu (z dôvodov finančných, časových, personálnych), pri ktorých sa táto metóda v určitých etapách konania využívala. Výsledkom je neaktuálny stav súboru popisných a geodetických informácií, nedostatočná presnosť a neúplnosť údajov vo vektorovom formáte v rámci Slovenska, hlavne na územiach mimo zastavaných oblastí.

V lesníctve pripadá na leteckú fotogrametriu takmer 90 % všetkých mapovacích prác na rozlohe cca 41 % štátu. Lesnícke mapovanie je špecifické tým, že výsledky verejného mapovania nepostačujú na zobrazenie lesného detailu tak, aby boli zohľadnené biologické, technické a ekonomické činitele lesného hospodárstva. Prvýkrát bola použitá fotogrametria na účely lesníckeho mapovania v roku 1943, keď Fotogrametrický ústav v súčinnosti s Riaditeľstvom štátnych lesov v Banskej Bystrici začal mapovanie v mierke 1:2 880 v katastrálnom území Čierny Balog na ploche 8 000 ha v rámci riešenia lesníckych osadníckych pomerov. V tom istom roku sa uskutočnili aj lesnícko-úpravnické fotogrametrické študijné a cvičné práce na niektorých lesných komplexoch Stredného Slovenska, ktoré potvrdili výhody použitia fotogrametrie na lesnícke účely. Po skončení 2. svetovej vojny nastal v oblasti lesníctva rozsiahly a rýchly rozvoj lesníckeho mapovania, predovšetkým fotogrametrie. Už v roku 1946 sa zriadil osobitný ústav pre Hospodársku úpravu lesa (HUL) - Taxácia štátnych lesov v Banskej Bystrici, ktorého pracovníci nadviazali úzku spoluprácu s Fotogrametrickým ústavom pre Slovensko v Bratislave. V r. 1953 sa uskutočnilo rozšírenie jednosnímkových metód lesníckeho mapovania aj na dvojsnímkové vyhodnotenie.

V súčasnosti v lesníckom mapovaní dominuje digitálna fotogrametria a letecké snímky vyhotovené veľkoformátovými digitálnymi kamerami. Svoje uplatnenie nachádzajú aj nové bezkontaktné metódy na získavanie prvotných údajov o stave lesa, medzi ktoré patrí aj letecké laserové skenovanie.

Cieľom príspevku je na vybranom území Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP) Technickej univerzity vo Zvolene, kde bola pozastavená obnova novým mapovaním, neboli vykonávané revízie údajov katastra, súbor geodetických informácií je tvorený prevažne nečíselnými vektorovými mapami, ktoré boli vektorizované z analogových máp vyhotovených technicko hospodárskym mapovaním), zhodnotiť aktuálnosť katastrálneho operátu pomocou aktualizácie skutočného stavu stereoskopickým vyhodnotením, vyhodnotením z ortofotosnímky a z údajov z laserového leteckého skenovania. Takto aktualizovanú (vytvorenú) účelovú digitálnu mapu porovnať s platnou vektorovou katastrálnou mapou a s lesníckou porastovou mapou. Zhodnotiť aktuálnosť katastrálneho operátu, posúdiť možnosti využitia digitálnej fotogrametrie a laserového skenovania (hlavne v extravilánoch obcí) pri obnove katastrálneho operátu v lesnom prostredí a zosúlaďovaní stavu evidencie lesných pozemkov v katastri nehnuteľností so skutočným stavom v teréne. Vzniknutý nesúlad spôsobuje problémy pri vyhotovovaní Programov starostlivosti o lesy (PSL), pri oceňovaní lesných pozemkov a vytyčovaní hraníc na čo poukazujú viacerí autori aj z našej katedry (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004, CHUDÝ, F. – MORONG, I. 2012, ŽÍHLAVNÍK, A., 2010, 2011, BAHÝL – ŠADIBOL, 2011, KARDOŠ, M. – ŠADIBOL, J. 2011, KARDOŠ, M. – ŽÍHLAVNÍK, Š. 2012, KARDOŠ, M. – SOLÁNK, J. 2012).

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

Nečíselná mapa katastra je mapa spracovaná na podklade grafických výsledkov podrobného merania, z ktorých je dokumentovaný iba grafický záznam obrazu vyjadrený fyzikálnou veličinou na fyzickom podklade, napríklad čiarami a znakmi na papieri. Nečíselná vektorová katastrálna mapa vzniká vektorizáciou na podklade nečíselnej katastrálnej mapy.

Technicko-hospodárske mapy (1961 až koniec 80-tych rokov) sú mapy veľkých mierok (1:5000 až 1:500) vyhotovené pre technické a hospodárske účely. Zobrazujú sa na podklade presného bodového poľa predmety merania a výškové pomery zemského povrchu s presnosťou zodpovedajúcou mierke mapy a obsahujú ďalšie údaje potrebné pre evidenciu nehnuteľností. Okrem toho sa v TH mapách a v písomnom operáte evidujú predmety vyšetrovania v rozsahu zodpovedajúcom všeobecnej hospodárskej potrebe, alebo pokiaľ ide o mapy účelové, i rôznym špeciálnym účelom. Medzi najvýznamnejšie zmeny patrí predovšetkým návrat z Gauss - Krugerovho konformného zobrazenia poludníkových pásov na elipsoide a systému S-42 ku Křovákovmu zobrazeniu (dvojité konformné kuželové zobrazenie) a súradnicovému systému S-JTSK. Tento návrat bol vynútený stanoviskom vojenských zložiek vo varšavskej zmluve, kedy boli všetky doterajšie mapy v S-42 utajené a civilné zložky ich nesmeli naďalej používať.

Od roku 1970 sa začala na Slovensku vykonávať transformácia máp veľkých mierok vyhotovených v S-42 pri TH mapovaní do S-JTSK fotogrametrickým spôsobom. Geodetické základy THM sú tvorené

základným a podrobným polohovým poľom, základným a podrobným výškovým poľom. Výšky sú uvádzané vo výškovom systéme Bpv. Súvislý klad a rozmery listov základných máp nadväzujú na delenie triangulačných listov v S-JTSK (ŽIHLAVNÍK, Š., 2008).

2.1. Digitálna fotogrametria

Dnešné rozmanité softvérové produkty ponúkajú komplexné riešenia tvorby máp plne automatizovaným spôsobom - od vstupných údajov, ktorými sú digitálne letecké meračské snímky (LMS) vyhotovené leteckou digitálnou kamerou, alebo v špeciálnych prípadoch analógové LMS transformované skenerom do digitálneho tvaru, cez orientáciu stereoskopických dvojíc, tvorbu digitálneho modelu terénu (DMT), tvorbu ortofotosnímkov, až po vytvorenie digitálnej, alebo vektorovej mapy s úplným značkovým kľúčom a popisom územia.

Digitálne letecké kamery sú vybavené CCD čipom, ktorý umožňuje efektívnejšie možnosti snímania v dôsledku presnej geometrie usporiadania CCD senzorov a zosnímania daného objektu zemského povrchu vo viacerých spektrách elektromagnetického žiarenia. Výsledkom digitálnej fotogrametrie je digitálna ortofotomapa.

Ortofotosníмка je letecká, alebo satelitná snímka, v ktorej pozície pixelov korešpondujú v konštantnej mierke s pozíciami na zemskom povrchu. Je vytváraná rektifikačným procesom, ktorý koriguje reliéfne posuny. Premiestňuje pixely na ich skutočné pozície. Vzniká procesom diferenciálneho prekresľovania vo fotogrametrickom systéme. Pre diferenciálne prekresľovanie je potrebné mať digitálny výškový model, poznať parametre vonkajšej orientácie leteckých snímok a taktiež je potrebné, aby digitálne snímky boli v súradnicovom systéme. Správne vyhotovená ortofotosníмка môže byť podkladom pre vytvorenie ortofotomapy - ortofotosníмка doplnená vektorovou mapou s popisom územia a topografickými značkami, ktorá svojou aktuálnou interpretačnou hodnotou môže byť podkladom pre projekčné práce, územné plánovanie, štátnu administratívu, krízový manažment, záchranné služby, GIS, a iné.

Digitálna aerotriangulácia sa považuje v rámci fotogrametrického procesu spracovania leteckých snímok za najdôležitejší krok. Bez správneho vyriešenia automatickej aerotriangulácie nemožno vytvoriť ďalšie produkty fotogrametrie ako sú ortofotosnímky, následne ortofotomapy, digitálne výškové modely. S nástupom digitálnych kamier, s využitím prvkov vonkajšej orientácie získaných priamo z inerciálnych meračských jednotiek a novšími softvérovými produktmi sa zvýšila efektivita samotnej aerotriangulácie. Aj napriek tomu je stále potrebný určitý počet vlčovacích bodov, ktorých získanie v zalesnených územiach je doteraz problémom.

Digitálne diferenciálne prekresľovanie predstavuje postupnú transformáciu každého bodu perspektívne skresleného štvorcového rastra (obrazových elementov) digitálnej snímky do zodpovedajúceho bodu štvorcového rastra ortofotosnímkou pomocou perspektívnej priestorovej transformácie s využitím údajov DMT.

2.1.1. Stereoskopické vyhodnotenie

Letecká fotogrametria je priestorové vyhodnotenie leteckých snímok, ktoré sa vykonáva na priestorovom modeli vytvorenom z dvojice snímok toho istého územia a odvodením ortogonálneho priemetu tohto modelu. Pri vyhotovovaní radových snímok je požadovaný pozdĺžny prekryt 50 - 60 % a priečny prekryt 25 - 30 %, čo zabezpečuje dostatočné stereoskopické zobrazenie. Digitálne fotogrametrické systémy sa vyznačujú vysokou automatizáciou zberu priestorových údajov a ich následnou úpravou pre využitie v prostredí GIS.

Snahou pri vyhodnotení polohopisu je automatizácia procesu. Vyhodnotenie polohopisnej zložky digitálnymi fotogrametrickými systémami je dnes možné poloautomatickou metódou vďaka existujúcim metódam spracovania digitálneho obrazu. Tento postup je založený na vyhľadávaní lokálnych hrán v obraze, porovnaní so vzorom, ďalej na korelačnej technike, vektorizácii línií a automatickom rozpoznávaní objektov. Plno automatizovaný systém pre vyhodnotenie obsahu snímky neexistuje a prítomnosť operátora je nevyhnutná. Bežnou praxou je klasický spôsob, keď sa kurzorom vyhodnocuje polohopis ručne – vektorovo v CAD systémoch alebo GIS softvéroch a sú pritom využívané podporné programy, ktoré prácu veľmi urýchľujú (napr. doplnenie bodov na štvoruholník, automatická oprava na pravouhlosť, zavedenie ľubovoľnej

mapovej značky vrátane typu a farby línie, editácia ľubovoľného prvku, popisy a pod.) Z hľadiska mapovania je veľkou výhodou možnosť superpozície obrazu, predstavujúca kombináciu vektorových a rastrových dát (napr. existujúca situácia v podobe vektorovej mapy, ortofotomapy s aktualizovaným fotogrametricky vyhodnoteným stavom), ktorá je pri digitálnych systémoch na rozdiel od analytických veľmi jednoduchá a spočíva len v zložení alebo sčítaní digitálnych obrazov.

2.2. Letecké laserové skenovanie

LIDAR - letecké laserové skenovanie je technológia umožňujúca zber bodov pre tvorbu digitálneho modelu reliéfu a terénu v intraviláne aj extraviláne. Laserový skener výkyvmi do strán vytvára riadok bodov a pomocou pohybu nosiča (lietadla) riadkuje (meria) niekoľko sto metrov široký pás podľa výšky letu. Pre určenie smeru vektora laserového lúča je potrebné poznať presnú polohu lietadla, jeho rýchlosť a smer letu, na čo slúžia zariadenia systému IMU (Inertial Measurement Unit) a globálneho navigačného satelitného systému (GNSS). Prvotným použitím laserového skenovania je tvorba digitálneho modelu terénu. Hustota meraných bodov je od výšky letu a postupu snímokovania, prípadne počtu použitých skenovacích zariadení (aj 200 bodov m² pri použití vrtuľníka a dvoch skenerov). Na miestach, kde sa nachádza vegetácia a boli registrované aj hodnoty odrazu od skutočného terénu možno získať filtračnými technikami aj model terénu (stavby je potrebné taktiež odfiltrovať). Presný DMT je vhodný pre tvorbu ortofotomapy, pre spektrálne korekcie družicových a leteckých snímok alebo k spresneniu hyperspektrálnych údajov. V prípade lesných porastov je vždy časť svetelného impulzu odrazená od vrchnej časti koruny stromov a časť zväzku lúčov prechádza medzerami medzi listami až na terén, čo môžeme využiť pri identifikácii objektov aj pod porastom.

Letecké skenovanie povrchu technológiou leteckého laserového skenovania prinieslo významný pokrok do georeliéfu svojou možnosťou registrácie niekoľkých odrazov laserového lúča z povrchu vegetácie, stavieb aj samotného georeliéfu. LIDAR sa tiež zaradil k významným doplnkom digitálnych leteckých snímok a kombinácia z týchto najmodernejších technológií diaľkového prieskumu Zeme umožňuje odvodiť údaje, ktoré sa doteraz získavali výlučne terestrickým meraním (HALVOŇ, 2010).

LIDAR umožňuje v relatívne krátkom čase vytvoriť kvalitný digitálny výškový model a poskytuje ideálnu základňu pre tvorbu pravých ortofotomáp, pretože rozlíšenie obrazových údajov a výškových údajov sú homogénne (ŠADIBOL, 2010).

3. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Experimentálny materiál bol získaný z územia Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP) Technickej univerzity Zvolen. Materiál pozostával z digitálnych leteckých meračských snímok, digitálneho modelu z leteckého laserového skenovania, vektorovej katastrálnej mapy a porastovej mapy daného územia.

Snímkový materiál

Snímky boli vyhotovené pomocou digitálnej kamery UltraCam X s rozlíšením 9420 x 14430 pixelov a konštantou fotokamery 100,50 mm (snímokované v roku 2011 na území Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen). Rozlíšenie pixel = 0,10 m. Pozdĺžny prekryt snímok bol 80 % a priečny 60 %. Parametre vonkajšej orientácie boli zamerané počas letu pomocou GNSS/IMU systému.

Vlčcovacie body pre vytvorenie projektu boli v teréne signalizované a terestricky zamerané pomocou GNSS systému a elektronického tachymetra. Fotogrametrické projekty boli spracované v pravouhlom súradnicovom systéme S-JTSK-03.

Pri vyhotovovaní ortofotosnímok bol použitý digitálny model reliéfu získaný odfiltrovaním bodového mračna z laserového skenovania z roku 2011 a digitálny výškový model vygenerovaný automaticky vo fotogrametrickom systéme INPHO 5.4.

Materiál z leteckého laserového skenovania

Leteckým laserovým skenerom (Riegl LMS Q680i) bolo získané bodové mračno s hustotou 5 bodov na m² pri výške letu od 600 do 900 m.

Vektorová katastrálna mapa k. ú. Železná Breznica

Nečíselná digitálna mapa v k. ú. Železná Breznica, obec Železná Breznica, okres Zvolen bola vytvorená

pri vyhotovovaní registra obnovenej evidencie pozemkov, ktorý bol do KN zapísaný dňa 23.4.1997. Podkladovými mapami na digitalizáciu a následne vektorizáciu boli zoskenované mapy KN, vytvorené z technicko-hospodárskeho mapovania (THM) v roku 1985.

Porastová mapa

Porastová mapa: k. ú. Železná Breznica, začiatok platnosti PSL (LHP): r.2003, Lesný hospodársky celok: ŠLP TU Zvolen, Lesná oblasť: Vtáčnik, Kremnické vrchy, Lesný celok : Lesy ŠLP TU Zvolen II

Softvérové vybavenie

K vypracovaniu práce bolo použité nasledujúce softvérové vybavenie:

Fotogrametrický softvér INPHO 5.4 - je riešený modulárne, všetky jeho komponenty sú spoločne previazané a vzájomne komunikujú, čím má užívateľ možnosť priebežného spracovania celého technologického postupu bez nutnosti opakovaného zadávania akýchkoľvek parametrov,

Summit Evolution 6.4 - stereo vyhodnocovací softvér pre letecké snímky - Summit Evolution od DAT/EM SystemsInternationals, je software pre digitálne fotogrametrické stanice, umožňuje 3D zbieranie dát priamo do ArcGIS, AutoCad alebo MicroStation. Software je súčasťou digitálneho fotogrametrického systému INPHO,

Microstation V8i - CAD prostredie pre Summit Evolution použité na vektorizáciu leteckých snímok,

Application Master – filtrácia údajov z laserového skenovania, vytváranie digitálneho modelu terénu DMT a digitálneho modelu povrchu DMP.

DTMaster – editovanie „las“ súborov,

KOKEŠ - Interaktívny grafický systém pre tvorbu a spracovanie geodetických údajov a tvorbu vektorových máp.

4. METODIKA PRÁCE

Pre posúdenie možnosti využitia niektorých bezkontaktných metód mapovania pri obnove katastrálneho operátu ako aj lesníckeho mapového diela bola vykonaná štandardnými postupmi:

1. Vektorizácia záujmového územia pomocou jednosnímkového vyhodnotenia v softvérovom systéme KOKES **na podklade ortofotosnímkov** podľa hraníc druhov pozemkov - lesné pozemky, trvalé trávne porasty, líniové objekty - cesty, druh pozemku ostatné plochy.
2. Vektorizácia predmetného územia **stereoskopickým vyhodnotením** v softvérovom systéme SUMMIT EVOLUTION s použitím CAD systému Microstation. Pri vektorizácii sa využil ako spôsob zobrazovania stereomodelu pevný obraz - pohyblivý kurzor. Pohyb sa zabezpečoval pomocou špeciálne upravenej myši. Všetky operácie systém vykonával v reálnom čase. Vektorizované boli identické objekty ako v prvom prípade.
3. Identifikácia a určenie hraníc skúmaných objektov na digitálnom modeli **z leteckého laserového skenovania** na identickom území

Určenie súradníc identických lomových bodov (hraníc C – KN parcel) v extraviláne je pomerne náročné, preto že nie sú vo väčšine prípadov trvalo stabilizované a signalizované a preto je náročná ich identifikácia. Z toho dôvodu boli pre porovnanie presnosti vybrané jasne identifikovateľné lomové body hraníc pozemkov, kde ako fotogrametrický materiál boli použité digitálne letecké snímky získané kamerou Vexcel UltraCamX spracované príslušným fotogrametrickým softvérom pre jednosnímkové a dvojsnímkové vyhodnotenie. Pre nedostatok identických bodov, rovnomerne rozmiestnených po celom predmetnom území extravilánu, boli vybrané lomové body z blízkeho intravilánu obce Železná Breznica, k. ú. Železná Breznica.

Transformácia súradníc platnej vektorovej katastrálnej mapy bola vykonaná zo súradnicového systému S-JTSK do JTSK-03 pomocou transformačnej služby GKÚ. Následne boli súradnice identifikovaných bodov porovnané so súradnicami lomových bodov z nového fotogrametrického mapovania. Okrem transformovaných bodov z VKM boli použité aj body určené terestrickými meraniami pri vyhotovovaní geometrických plánov, resp. pri mapovaní ZMVM.

Metódy na štatistické vyhodnotenie pre určenie polohovej odchýlky (stredná súradnicová chyba $m_{x,y,z}$) pre zhodnotenie presnosti a správnosti sa uskutočnil podľa metodiky použitej v prácach BÖHM, J, 1990; ŽIHLAVNÍK, Š., - CHUDÝ, F., - Kardoš, M., 2005.

V tomto štádiu riešenia úlohy výsledky z mapovania pomocou laserového skenovania neboli kvantifikované ako výsledky fotogrametrického vyhodnotenia, ale len vizuálne a popisne zhodnotené vzhľadom na ich možné využitie v oblasti obnovy katastrálneho operátu v lesnom prostredí a obnovy lesníckeho mapového diela (identifikácia hraníc lesných pozemkov, zameranie nových hraníc, ...).

5. VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Vektorizácia predmetného územia pomocou jednosnímkového vyhodnotenia na podklade ortofotosnímok.

V prvom kroku bol použitý na vytvorenie novej mapy softvér KOKEŠ. Jednoznačne identifikovateľné hranice boli vektorizované štandardným spôsobom, hranice polygónov lesných porastov boli vedené stredmi korún, resp. vrcholcami stromov. Výsledkom je digitálna účelová mapa (výrez je na obrázku č.1).

Vektorizácia predmetného územia stereoskopickým vyhodnotením.

Vektorizácia bola vykonaná stereoskopickým vyhodnotením na stereodvojiciach snímok v softvérovom systéme SUMMIT EVOLUTION s použitím CAD systému Microstation. Vektorizované boli opäť lesné pozemky, trvalé trávne porasty, líniové objekty - cesty, druh pozemku ostatné plochy. Hranice polygónov lesných porastov boli vedené ako v prvom prípade - po vrcholoch stromov, resp. stredoch korún stromov. Na vektorizáciu boli uprednostňované stredy modelov, nakoľko na ich okrajoch dochádzalo k nakloneniu objektov - jednotlivých stromov. V týchto prípadoch bol vybratý jeden z vedľajších stereomodelov. Výsledkom bola opäť digitálna účelová mapa (výrez je na obrázku č.2).



Obr. 1 Digitálna účelová mapa vyhotovená na podklade ortofotosnímky (časť)

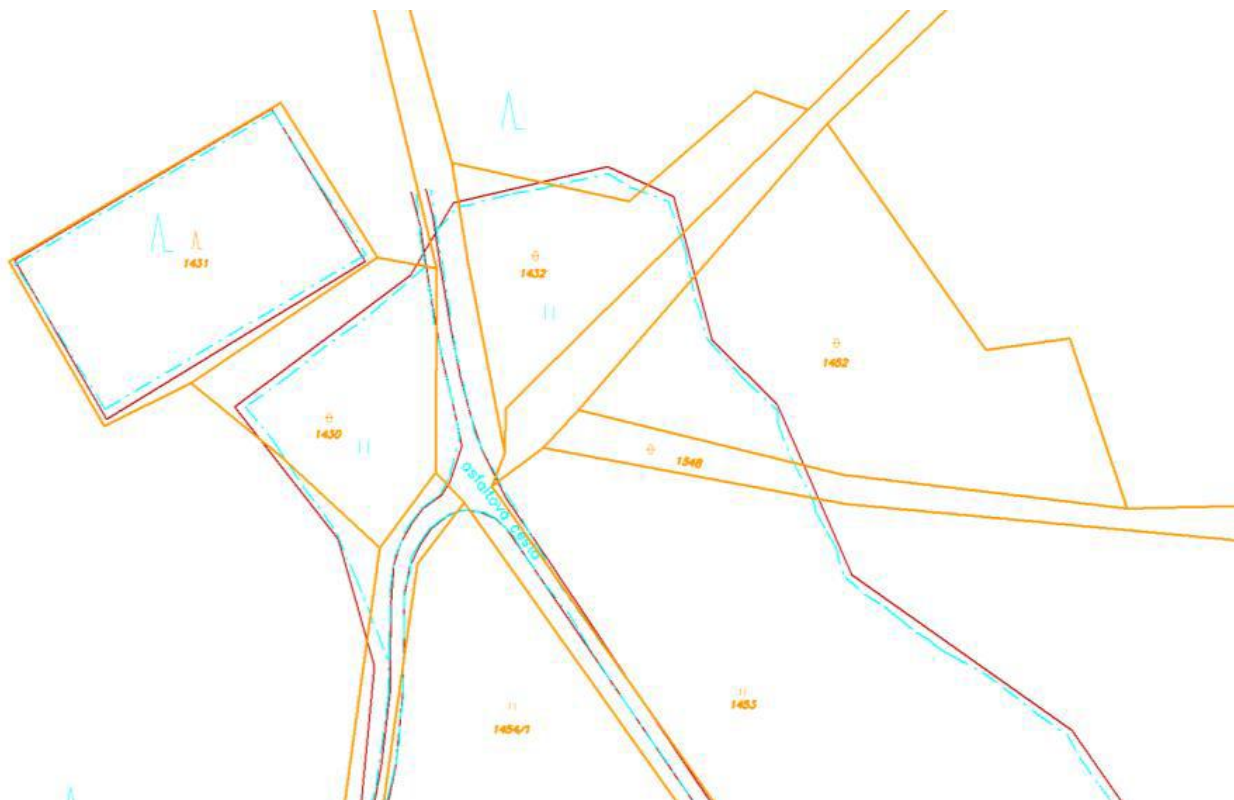


Obr. 2 Digitálna účelová mapa vyhotovená stereofotogrametrickým vyhodnotením

Na obrázkoch č. 3 a 4 sú zobrazené skúmané mapové podklady spoločne na podklade ortofotosnímký a bez nej.



Obr. 3 Zobrazenie stereoskopického vyhodnotenia (červená farba) vyhodnotenie pomocou ortofotosnímký (modrá farba) žltá stav z katastrálnej mapy na podklade ortofotosnímký.



Obr. 4 Zobrazenie stereoskopického vyhodnotenia (červená farba) vyhodnotenie pomocou ortofotosnímkky (modrá farba) žltá stav z katastrálnej mapy

Posúdenie polohovej presnosti merania bodov

Pre posúdenie polohovej presnosti bodov boli zo záujmového územia vybrané body, ktorých súradnice sú známe z vektorovej katastrálnej mapy a tieto sa porovnali so súradnicami bodov určených z digitálnej účelovej mapy na podklade ortofotosnímkky. Nakoľko z ortofotosnímkky bolo zložitejšie určovať identické body, bolo vybraných len 15 bodov oproti druhému spôsobu určovania bodov stereoskopickým vyhodnotením, kedy bolo vybraných 25 identických bodov. Polohové súradnicové odchýlky medzi bodmi z vektorovej katastrálnej mapy a bodmi odčítanými z ortofotomozaiky boli určované v softvérovom prostredí KOKESŠ (tabuľka č. 1).

Tab. 1 Výsledná polohová presnosť pre 15 vybraných bodov určených z podkladu ortofotosnímkky

	Odchýlka	
	Y	X
Suma	0,63	-0,38
Aritmetický priemer	0,04	-0,03
Smerodajná odchýlka	0,20704329	0,269226
Testovacie kritérium	0,76022292	0,351152
Kritická hodnota	2,1448	
Početnosť	15	
MyMx	0,041779	0,068289
Myx	0,235	

V druhom prípade boli známe súradnice bodov z vektorovej katastrálnej mapy porovnávané so súradnicami identických bodov určenými stereoskopickým vyhodnotením zo stereo dvojíc digitálnych leteckých snímok (tabuľka č. 2).

Tab. 2 Výsledná polohová presnosť pre 25 vybraných bodov určených stereoskopickým vyhodnotením

	Odchýlka		Odchýlka po odstránení systematickej chyby	
	Y	X	Y	X
Suma	-0,74	4,15	-0,74	-0,10
Aritmetický priemer	-0,03	0,17	-0,03	0
Smerodajná odchýlka	0,16544083	0,166233	0,16544083	0,166233
Testovacie kritérium	0,8765055	4,89212		
Kritická hodnota	2,0639			
Početnosť	25		25	
MyMx	0,027152	0,054084	0,027152	0,026544
Myx	0.202		0.163	

Následne bola vyhodnotená výsledná polohová presnosť pre vybrané body. Presnosť bodov sa posudzovala podľa strednej súradnicovej chyby m_{xy} , ktorej hodnota nesmie prekročiť krajne dovolenú odchýlku u_{xy} pre jednotlivé triedy presnosti mapovania podľa STN 01 3410 - Mapy veľkých mierok, viď. tabuľka č. 3.

Tab. 3 Triedy presnosti podľa STN 01 3410 "Mapy veľkých mierok"

Triedy presnosti	m_{xy}
1. trieda	0,04 m
2. trieda	0,08 m
3. trieda	0,14 m
4. trieda	0,26 m
5. trieda	0,50 m

V prvom prípade (súradnice identických bodov určované na podklade ortofotomapy) mala stredná súradnicová chyba hodnotu $m_{xy} = 0,235$ m (tab. 1). Jej porovnaním s STN môžeme konštatovať, že bola dosiahnutá krajná dovolená odchýlka pre 4. triedu presnosti. Meranie nebolo zaťažené systematickou chybou (na základe Studentovho T-testu).

V druhom prípade (tab. 2), kde sa na určovanie identických bodov použilo stereoskopické vyhodnotenie, dosiahla stredná súradnicová chyba hodnotu $m_{xy} = 0,202$ m, po odstránení systematickej chyby bola hodnota upravená na $m_{xy} = 0,163$ m, čím sa, ako v prvom prípade, opäť dosiahla krajná dovolená odchýlka pre 4. triedu presnosti.

Z uvedeného môžeme konštatovať, že :

pri ortofotosnímke nemožnosť využiť pri identifikácii bodu stereoskopický vnem spôsobuje väčšiu polohovú chybu určenia bodu a znižuje počet identifikovateľných bodov, ktoré sa musia domerovať inými technológiami (terestrické meranie),

pri stereoskopickom vyhodnocovaní pôsobí subjektívna chyba vyhodnocovateľa, no dosahuje sa vyššia presnosť pri určovaní polohy bodov, ako aj vyššia úspešnosť ich identifikácie oproti vyhodnoteniu z ortofotosnímk

Významný zdroj chýb vzniká aj pri preberaní údajov z existujúcej (platnej) vektorovej katastrálnej mapy – VKM. Treba brať v úvahu spôsobom vzniku mapy, transformáciou mapových listov, nepresnosťou transformačnej metódy, z digitalizačného procesu grafických podkladov mapy, atď..

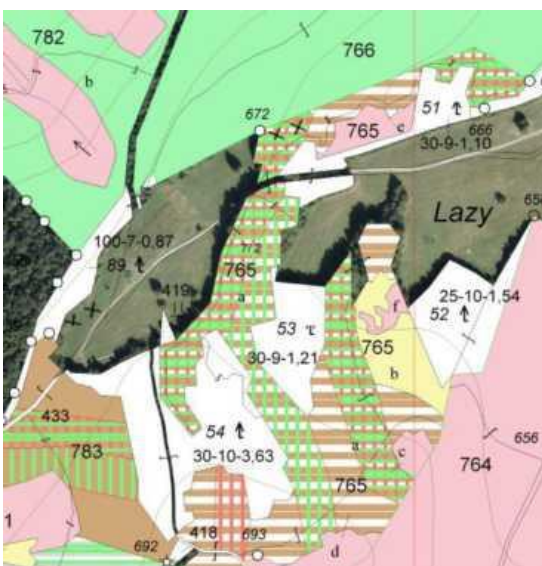
Z vyššie uvedených výsledkov vyplýva, že určovanie súradníc identických bodov je presnejšie pri

použití spôsobu stereoskopického vyhodnotenia, ako na podklade ortofotosnímky, kde je ich identifikácia aj vizuálne zložitejšia. Keďže oproti 15-tim bodom identifikovaným z ortofotosnímky bolo v tom istom území metódou stereofotogrametrického vyhodnotenia identifikovaných 25 bodov (úspešnosť voči prvému spôsobu je o 66 % vyššia), je metóda 3D vhodnejšia aj pre obnovu katastrálneho operátu. Tým sa výrazne obmedzí počet prvkov, ktoré bude potrebné domerať terestricky.

Z porovnania vektorovej katastrálnej mapy s porastovou mapou na podklade ortofotosnímky v predmetnom území je už z vizuálneho pohľadu zrejmé, že stav katastra nehnuteľností nie je v súlade so skutočným stavom v teréne. Veľká časť poľnohospodárskej pôdy je zalesnená. Stav v katastri nehnuteľností je neaktuálny desiatky rokov vzhľadom na vek porastov, ktorý sa pohybuje od 25 až do 55 rokov, nachádzajúcich sa na poľnohospodárskej pôde. Tento problém sa z časti rieši pri vyhotovení geometrických plánov.

Nakoľko tematické štátne mapové dielo sa vyhotovuje na podklade vektorovej katastrálnej mapy, v miestach nesúladu druhu pozemku evidovaného v katastri nehnuteľností ako trvalý trávny porast, prípadne ostatné plochy, ktoré sú v súčasnosti zalesnené, vznikajú tzv. biele plochy, prípadne čierne plochy, keď lesný pozemok evidovaný v KN je využívaný ináč ako lesný pozemok. Dosiaľ sa tieto plochy nezmapovali a nevykonáva sa na nich ani podrobné zisťovanie stavu lesa. O tom, či porast na ploche má charakter lesa, sa rozhodlo podľa medzinárodne dohovorenej (FAO) definície lesa: plocha je porastená lesnými drevinami s potenciálnou výškou viac ako 5 metrov, má minimálnu výmeru 0,3 ha, minimálnu šírku 20 metrov, zapoj stromov na ploche je viac ako 20 %. Výmera bielych plôch v predmetnom území je cca 12,5 ha.

Porovnanie druhov pozemkov evidovaných v katastri nehnuteľností so skutočným stavom, zachyteným na účelovej digitálnej mape vyhotovenej stereoskopickým vyhodnotením a z ortofotosnímky



Obr. 5 Biele plochy podľa porastovej mapy



Obr. 6 Stav podľa porastovej mapy



Obr. 7 Políčka pre zver podľa porastovej mapy



Obr. 8 Stav podľa katastrálneho operátu

V opačnom prípade nesúlady druhu pozemku, kedy je v katastri evidovaný lesný pozemok a v skutočnosti ide o poľnohospodársku pôdu sa pri vyhotovovaní porastovej mapy táto časť pozemku označí napr. ako políčka pre zver.

Pri porovnaní platnej VKM na podklade ortofotosnímkov bol identifikovaný aj priebeh líniových objektov - ciest. Ich súčasný priebeh v teréne takisto nie je v súlade s katastrálnou mapou. Niektoré cesty už zanikli, iné sú zmenené. Na ortofotosnímkach bola identifikácia ciest problematická v súvislosti s lesnými porastami, z dôvodu, že boli pod porastom neidentifikovateľné. Pri vektorizovaní spôsobom stereo vyhodnotenia bolo možné identifikovať aspoň časť z nich, pri zvolení správnych stereodvojíc modelov snímkov, čo opäť znižuje rozsah terestrických meraní.



Obr. 9 Priebehy líniových prvkov - ciest, stav platnej VKM a ortofotosnímkov

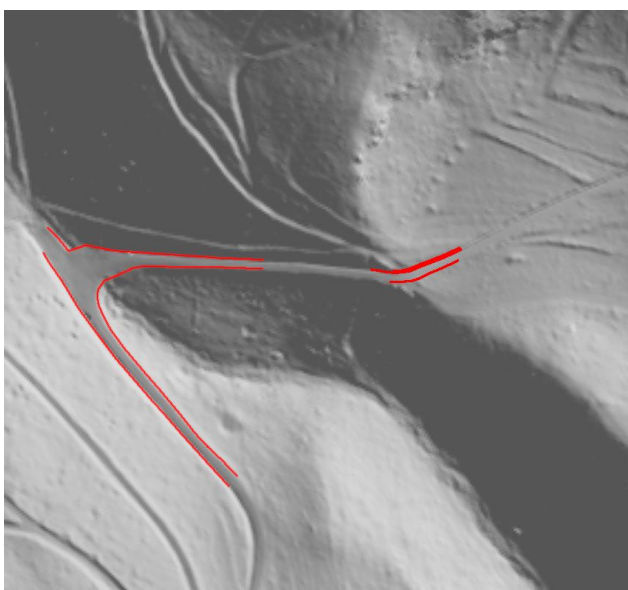
Z vyššie uvedeného je zrejmé, že stav katastrálneho operátu je neaktuálny, dokazujú to lesné plochy, ktoré sú evidované v katastrálnom operáte ako trvalé trávne porasty, príp. ostatné plochy (vek od 25-55 rokov), časť lesných pozemkov je v skutočnosti poľnohospodárskou pôdou. Takisto nie je v súlade priebeh líniových prvkov - ciest.

Vyhodnotenie predmetného územia pomocou záznamov z leteckého laserového skenovania.

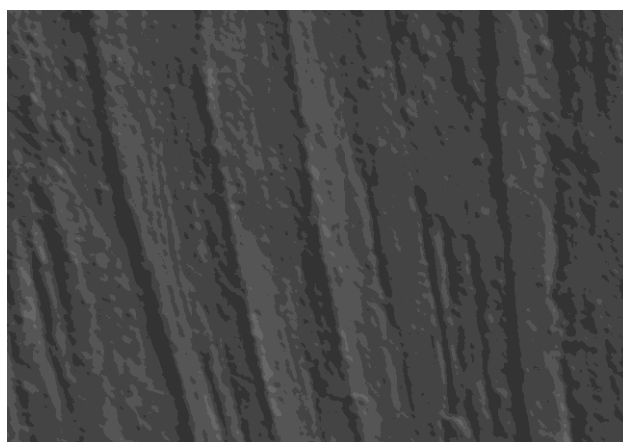
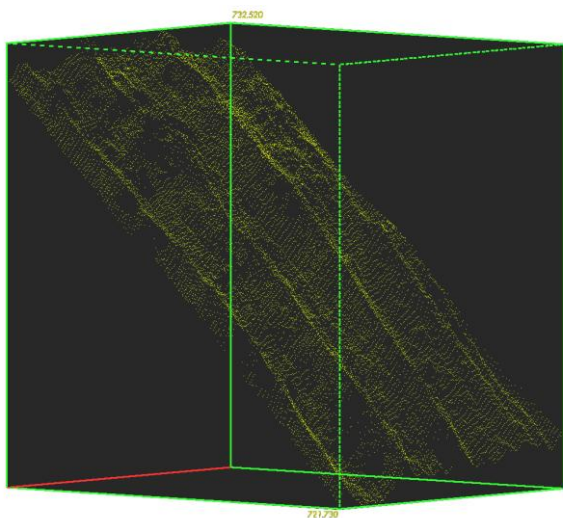
Dostupnosťou nových technológií sa vytvára priestor pre ich využitie v bežnom tematickom alebo katastrálnom mapovaní. Ako vidíme na obrázku č. 10 zisťovanie kvantitatívnych znakov (poloha líniových objektov) je veľmi výhodné z hľadiska nie len obnovy, ale aj nového mapovania. Pri dostatočnej hustote bodov na m² môžeme hranicu objektu identifikovať a následne zamerať veľmi spoľahlivo a aj s požadovanou

presnosťou, čo potvrdzuje červená línia predstavujúca kraj cesty (výrez) meraný terestricky elektronickým tachymetrom. Výhodou sa javí, zvlášť mimo vevegetačného obdobia možnosť identifikácie priebehu objektu aj pod porastom, pokiaľ nie je príliš hustý a ihličnatý, čo tak isto vidieť z obrázku č. 10.

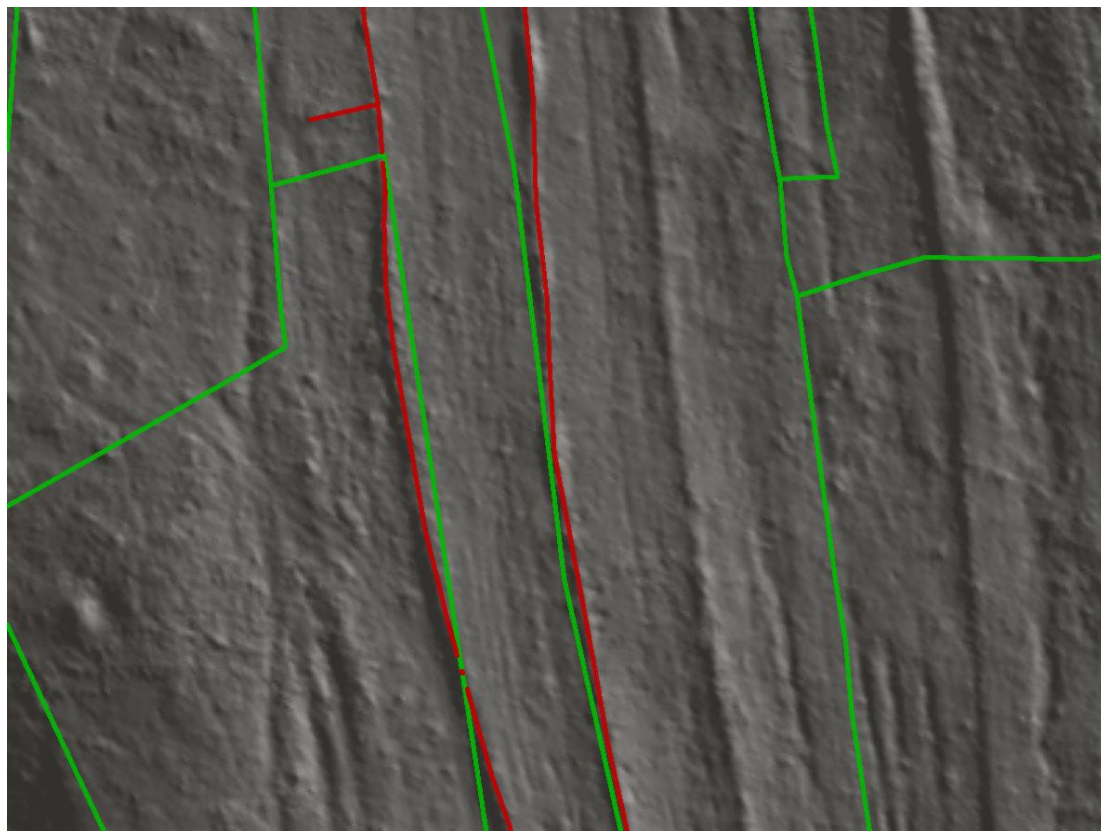
Obrázok č. 11. dokladuje možnosť využitia týchto materiálov pri identifikácii vlastníckych hraníc parciel pre účely katastrálneho mapovania (OKO, vyhotovovanie geometrických plánov na obnovu pôvodných parciel a pod. – identifikácia mapových podkladov zo skutočnosťou, kontrola vytýčenej hranice – dopredu vieme, že tam bude nejaká medza, ...), ako aj možnosť určenia súradníc ich lomových bodov s dostatočnou presnosťou, čo však treba ešte potvrdiť kvantifikáciou odchýlok od skutočného stavu zameraného terestricky, ktorý je vyznačený na obrázku červenou čiarou a kopíruje stred zoskenovanej medze.



Obr. 10 Identifikácia líniových prvkov – napr. ciest, pomocou dát z laserového skenovania (červená línia – časť cesty zameraná terestricky).



Obr. 11a Výrez z digitálneho modelu s priebehom pôvodných hraníc parciel – jasne identifikovateľné medze.



Obr. 11b Výrez z digitálneho modelu s priebehom pôvodných hraníc parciel, hraníc prevzatých z platnej VKM (stav registra „E“) – zelená farba a hranice zameranej terestricky - červená farba.

Na základe výsledkov je možné konštatovať, že v konaní o obnove katastrálneho operátu novým mapovaním môže byť využitie digitálnej fotogrametrie leteckého laserového skenovania veľkým prínosom pre zefektívnenie a urýchlenie prác v niektorých etapách spracovania OKO.

V etape plánovania obnovy a v etape prípravného konania je možné využiť napr. účelovú digitálnu ortofotomapu s nižším rozlíšením pixel = do 0,5 m. Pri spojení s aktuálnym stavom KN je možné hneď vizuálne posúdiť zhodu operátu KN a reálneho stavu v teréne, predbežné množstvo zmien, časovú a ekonomickú náročnosť OKO v príslušnom katastrálnom území. Digitálna účelová ortofotomapa v tomto prípade, spojená s príslušným vektorovým podkladom, slúži ako podklad pre projekt obnovy, obvod obnovy a informačnú kampaň v obci.

Pre miestne prešetrovanie v obci je ideálne využiť porovnanie aktuálnych údajov KN s účelovou digitálnou ortofotomapou polohopisu, ktorá názorne ukáže predmet prešetrovania a vlastníci sa v nej dokážu jednoznačne orientovať.

Pre následné etapy spracovania OKO, ako sú zisťovanie priebehu hraníc a meračské práce, sa už použije podrobná účelová digitálna ortofotomapa s vyšším rozlíšením, napr. 0,10 m. Z výsledkov šetrenie je zrejmé, že významnú racionalizačnú úlohu v tejto etape môže zohrať letecké laserové skenovanie, keď po vyfiltrovaní vegetačného krytu vieme jednoznačne pri dostatočnej hustote bodov identifikovať a následne zamerať pôvodnú hranicu parcely. Ortofotomapu aj sken je možné použiť aj v etape konania o námietkach, kde ide o námietky v súbore SGI, ako reálny podklad a zároveň doklad stavu v teréne.

Ďalšia možnosť využitia ortofotosnímkov a dát laserového skenovania je pri revízii katastrálneho operátu. Revízie údajov katastra by sa podľa zákona mali vykonávať spravidla v päťročných cykloch, v skutočnosti sa vykonávajú obmedzene (cca 10% reálnej potreby). Aktuálne ortofotosnímky a laserový sken v superpozícii s platnou katastrálnou mapou môžu byť vhodným základom náčrtu pre miestne prešetrovanie v tomto konaní.

Využitie stereoskopického vyhodnotenia v extraviláne (lesné pozemky) a intraviláne podľa predbežných výsledkov zvyšuje presnosť určenia polohy bodov aj efektívnosť ich identifikácie o približne 66 % oproti ortofotosnímkom. Preto využiteľnosť tejto metódy pri obnove katastrálneho operátu, ako aj lesníckeho mapovania je opodstatnená (napr. určenie, či na danej ploche už je les, alebo nie – podľa platnej definície – na základe vyhodnotenia výšok zo stereoskopického modelu, čo z ortofotosnímkov nie je možné), ba priam by ju bolo vhodné odporučiť. Metódy stereoskopického vyhodnotenia a laserového skenovania sa navzájom dopĺňajú, ba v niektorých prípadoch nahrádzajú a vytvárajú predpoklad širšieho využitia pri racionalizácii mapovania ako takého.

6. ZÁVER

Súvislé mapové dielo katastra nehnuteľností s homogénnou kvalitou je predpokladom na zabezpečenie právnej istoty v evidovaní vlastníckych vzťahov ako aj podkladom na budovanie iných informačných systémov o území.

Na zabezpečenie tohto cieľa je nevyhnutná kvalitatívna zmena obsahu katastrálneho operátu, ktorú možno dosiahnuť kombináciou digitálnej fotogrametrie, laserového skenovania a terestrických metód merania pri obnove katastrálneho operátu novým mapovaním a tým rýchlejšie celoplošne pokryť územie SR súvislým mapovým dielom požadovaného obsahu, rozsahu, kvality a aktuálnosti s jednoznačne identifikovanými vlastníckymi hranicami.

Nástup nových technológií do oblasti fotogrametrie priniesol v posledných rokoch obrovský pokrok v kvalite a presnosti vyhodnotenia ako aj racionalizáciu prác.

Lesnícka prax ukazuje, že presnosť vyhodnotenia ako analógových tak aj digitálnych LMS stredných mierok výrazne prekračuje kritériá presnosti určené pre lesnícke mapovanie a tvorbu TŠMD.

Preto by v dnešnej dobe bolo výhodné použiť metódy digitálnej fotogrametrie aj pri niektorých etapách konania o obnove katastrálneho operátu. K týmto metódam by však bolo vhodné pridružiť aj metódu laserového skenovania, čo by podľa predbežných výsledkov celý proces obnovy ešte urýchlilo.

Fotogrametrické mapovanie je však možné aplikovať len pre prípady, keď sú hranice katastrálnych plôch viditeľne ohraničené a predmety obsahu OKO viditeľné tak, aby boli z leteckých snímok jednoznačne reprodukovateľné. Riešenie OKO v extraviláne ale aj v intraviláne je možné efektívne vykonávať metódou fotogrametrického mapovania s pomocou geodetického domerania, ale už len presne stanovených prvkov.

Nový štandard LDMD berie do úvahy nielen súčasný technologický pokrok v oblasti geodézie a fotogrametrie, ale aj legislatívne zmeny súvisiace s vyhotovením PSL dáva možnosť preberania niektorých prvkov lesníckej mapy do iných oblastí tvorby mapových diel alebo do obsahu ZB GIS a naopak, čo môže výrazne znížiť náklady na tvorbu TŠMD.

Nakoľko obnova katastrálneho operátu novým mapovaním sa v súčasnosti v extravilánoch obcí z viacerých dôvodov nevykonáva, aktualizácia katastrálneho operátu rozsiahlejších území geometrickými plánmi je časovo i finančne náročná, bolo by napr. vhodné použiť výsledky lesníckeho mapovania pri dodržaní požadovanej katastrálnej presnosti na preberanie niektorých jeho prvkov do katastra nehnuteľností. Tým, že programy starostlivosti o lesy sa vykonávajú v 10-ročných cykloch a vyhotoviteľ je v zmysle štandardu digitálneho mapového diela povinný vyhotoviť aj lesnícku digitálnu mapu, po jej prevzatí do katastrálneho operátu v stanovenej presnosti by sa pravidelne aktualizoval aj stav katastra nehnuteľností.

Novým mapovaním pomocou digitálnej fotogrametrie a laserového leteckého skenovania by rezort geodézie, kartografie a katastra dosiahol okrem jednoznačného určenia vlastníckych práv v SGI aj kvalitné, topologicky ošetrené vektorové mapy, ktoré bude možné poskytnúť cez webové služby používateľom (tak občanom, štátnej správe, ako aj súkromnému sektoru) nie len na prezeranie a tlač, ale aj ako kvalitný podklad na vykonávanie analýz v geografických informačných systémoch pre potreby rozhodovania štátu, štátnej správy, podnikateľov a v neposlednom rade aj občanov.

LITERATÚRA

Bahýľ, J. Šadibol, J., 2011 : Vplyv vlastníckej hranice na jednotky priestorového rozdelenia lesa. In Racionalizácia lesníckeho mapovania : zborník referátov z vedeckého seminára. Technická univerzita vo Zvolene, 2011. - ISBN 978-80-228-2283-1. s. 92-100

Böhm, J. a kol. 1990 : Teórie chýb a vyrovnávací počet. Praha : GKP Praha, 1990. 416 s.. ISBN 80-7011-056-2.

Halvoň, Ľ. 2010 : Využitie technológií diaľkového prieskumu Zeme v HÚL. In Aktuálne problémy lesníckeho mapovania : zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. ISBN 978-80-228-2162-9, s. 95-103.

Chudý, F., Morong, I., 2010.: Lesnícke mapovanie vo svetle nového "Štandardu digitálneho mapového diela". In Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. Technická univerzita vo Zvolene, 2010. - ISBN 978-80-228-2162-9. - S. 151-162.

Kardoš, M., Soľanka, J. 2012. Využitie rozdielnych výškových modelov pri automatizovanej tvorbe vernej ortofotomapy. In. Aktivity v kartografii 2012. Bratislava: Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky a Geografický ústav SAV, S. 98-110, ISBN 978-8089060-21-4.

Kardoš, M. – Šadibol, J. 2011 : Vytyčovanie hraníc lesných pozemkov. In. Racionalizácia lesníckeho mapovania: zborník referátov z vedeckého sympózia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2283-1, s. 39 – 47

Kardoš, M., Žihlavník, Š., 2012. Modern methods of data collection in Slovak forest management. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformationen e.V., Potsdam, pp. 36 – 44, ISSN 0942-2870.

Šadibol, J. 2010 : Posúdenie polohovej presnosti ortofotosnímkov v závislosti od jej rôznej veľkosti obrazového elementu. In Aktuálne problémy lesníckeho mapovania : zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. ISBN 978-80-228-2162-9, s. 129-140.

Žihlavník, A., 2010 : Problematika priestorovej úpravy lesa v súčasnom období. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. TU Zvolen, s.163-169.

Žihlavník, A., 2011 : Problematika, aktuálne zmeny a nové prvky v priestorovej úprave lesa. In Racionalizácia lesníckeho mapovania : zborník referátov z vedeckého seminára. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene. 2011. ISBN 978-80-228-2283-1, s. 125-130.

Žihlavník, Š. 2010. Mapovanie lesov. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 249 s. ISBN 978-80-228-1732-5.

Žihlavník, Š., 2004 : Problematika vytyčovania hraníc pri reprivatizácii lesných pozemkov. In Acta facultatis forestalis Zvolen XLVI. Technická univerzita vo Zvolene. s. 235 – 245

Žihlavník, Š. 2008 : Kataster nehnuteľností. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 239 s. ISBN 978-80-228-1926-8.

Žihlavník, Š. - Chudý, F. - Kardoš, M. 2005 : Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. 80 s. ISBN 80-228-1545-4

INPHO. 2011. Uživatelský manuál spoločnosti INPHO.

STN 01 3410. Mapy veľkých mierok - Základné a účelové mapy (Účinnosť od 1.6.1991).

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt "Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine", ITMS kód 26220120069, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.