

OVERENIE POUŽITELNOSTI NÍZKONÁKLADOVEJ FOTOGRAMETRIE UAV V KONTEXTE BANSKOMERAČSKEJ LEGISLATÍVY SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Peter BLIŠŤAN, Ľudovít KOVANIČ, Jana PALKOVÁ,
Vladislava ZELIZŇAKOVÁ

Verification of usability of low-cost UAV photogrammetry in the context of the mine surveying legislation in the Slovak Republic

Abstract: For geodetic survey of terrain surface the use of conventional surveying methods and instruments is common. New technologies, such as UAVs and their combination with a digital camera, bring new opportunities also in the documentation of Earth's surface. This combination of technologies allows using low-cost digital photogrammetry to document the Earth's surface in relation to mining activities. The aim of the research presented in this paper is to analyse the accuracy of the digital elevation model (DEM) obtained using low-cost UAV photogrammetry and its evaluation with regard to the mine surveying regulations valid in the Slovak Republic. The surface mine Jastrabá (Slovakia) was chosen as the test area. The mine has a morphologically dissected surface and is thus suitable for verifying the use of UAV photogrammetry to capture fairly intricate details of the surface. As reference method, the spatial polar method was chosen. The results of measurements have shown that the model created from photogrammetric data from the UAV reaches the required accuracy to the valid national regulations, and the method of collection of spatial data can be used in the creation of mining maps and spatial models of mining plants.

Keywords: low-cost UAV, total station, aerial photogrammetry, mining, accuracy, legislation

Úvod

Pri povrchovom dobývaní nerastov sa často stretávame s požiadavkou dokumentácie povrchu za účelom zisťovania postupu ťažby. Priestorové meranie povrchového lomu sa vykonáva zvyčajne pravidelne podľa postupu ťažby, alebo v zmysle platných predpisov minimálne raz ročne. Meraný je terén a objekty v lome, následne je zostavená Základná banská mapa, mapa povrchu a často aj 3D model lomu, ktorý slúži pre výpočet objemu vytŕažených zásob. Meranie lomu sa najčastejšie vykonáva využitím klasických geodetických metód a prístrojov. Tento proces je pri rozsiahlych povrchových lomoch časovo náročný (Kim et al., 2016). Výsledkom geodetických meraní, realizovaných s cieľom dokumentovať povrchový lom, je súbor bodov so súradnicami X, Y, Z. Kvalita priestorového modelu závisí od presnosti prístrojov, a najmä od množstva meraných bodov a ich správnej voľby. Na získanie presného a detailného modelu je treba merať veľký počet bodov, čo je časovo náročné. Vhodnou alternatívou je použitie technológie terestrického laserového skenovania (TLS). Vstupné náklady sú však výrazne vyššie. Digitálna fotogrammetria umožňuje zo získaných snímok v prostredí špecializovaných softvérov vytvoriť súbor bodov, ktorý je porovnateľný so súborom bodov získaným pomocou TLS. V súvislosti s fotogrametriou a jej efektívnym využitím v lome prichádza do úvahy predovšetkým letecká fotogrammetria. Aktuálnym je trend využívania bezpilotných leteckých prostriedkov (UAV) pre fotogrametriu (Zhang a Elaksher, 2011; Shahbazi et al., 2015; Long et al., 2015). Letecká fotogrammetria s využitím UAV je pomerne

doc. Ing. Peter BLIŠŤAN, PhD., Ing. Ľudovít KOVANIČ, PhD., Ing. Jana PALKOVÁ, PhD., Ing. Vladislava ZELIZŇAKOVÁ, PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav geodézie, kartografie a GIS, Park Komenského 19, 040 01 Košice, e-mail: peter.blistan@tuke.sk, ludovit.kovanic.2@tuke.sk, jana.palkova@tuke.sk, vladimira.zeliznakova@tuke.sk

lacnou a dostatočne presnou metódou na meranie lomov pre účely dokumentácie postupu ťažby, ktorou sa vo svojich prácach zaoberali Tong et al. (2015). Cieľom článku je prezentovať využiteľnosť cenovo dostupného UAV v dokumentácii lomov. Lacné UAV nosiče (v rozmedzí 1000 – 1500 €) sú z hľadiska znižovania nákladov na proces dokumentácie zaujímavým riešením. Pomer výkonu a ceny je hlavným kritériom pre výber nosiča a kamery, pričom toto kompaktné zariadenie musí poskytnúť výstupy použiteľné aj pre meračské účely. Zariadenia s cenou pod 1000 € spravidla nedosahujú požadované technické parametre (kvalita kamery, stabilita nosiča, doba letu a pod.).

V rámci výskumu sme sa zamerali na overenie kvality digitálneho modelu povrchu lomu získaného fotogrametricky využitím lacného UAV. Referenčný model bol získaný terestrickými geodetickými metódami – priestorovou polárnou metódou pomocou univerzálnej meracej stanice (UMS) s využitím bezhranolového merania. Tejto problematike sa venuje viacero prác (Fritz et al., 2013; Niranjana et al., 2007), ktoré prinášajú relevantné výsledky, neriešia však kvalitu modelu z pohľadu našej platnej legislatívy pri tvorbe banských máp. Práve presnosť modelu povrchu z pohľadu dodržania požiadaviek legislatívy na presnosť povrchovej banskej mapy je iný zaujímavý pohľad. Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky (Výnos, 1993) o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom upravujúci presnosť geodetických metód použitých pri dokumentovaní lomov, predpisuje maximálnu dovolenú súradnicovú chybu podrobného bodu 0,12 m. Hlavnou myšlienkou výskumu bolo ukázať, že presnosť modelu povrchu vytvoreného fotogrametricky využitím lacného UAV a kamery spĺňa toto kritérium presnosti. V tom prípade takto získané modely by mali byť z pohľadu ekonomiky geodetických prác výrazne lacnejšie a z pohľadu detailnosti modelu 3D viacnásobne detailnejšie, ako povrch vytvorený z bodov meraných využitím terestrickým laserovým skenovaním.

1. Zaujímavá lokalita

Zaujímavým územím, zvoleným na testovanie kvality digitálnych modelov povrchu lomu získaných fotogrametricky z UAV a terestrickými geodetickými metódami s využitím UMS, bol povrchový lom v lokalite Jastrabá. Ide o lokalitu blízko Žiaru nad Hronom (obr. 1). V lome sa v súčasnosti začína ťažba perlitu. Pre ťažobnú spoločnosť je zaujímavé overiť lacnou a rýchlou geodetickou metódou postup ťažby na základe porovnania modelov terénu vytvorených z údajov získaných s časovým odstupom 1 rok. Povrch terénu v lome je nespevnený a morfológicky členitý, čo komplikuje geodetické merania. V smere sklonu svahu sú na teréne početné ryhy, ktoré vznikli tečúcou voďou pri výdatných zrážkach. Tieto ryhy sú hlboké v priemere 15-20 cm, ale niektoré dosahujú hĺbku aj 50 cm (obr. 1). Práve terén je zaujímavý z pohľadu náročnosti dokumentácie využitím terestrického skenovania. Detailné zameranie celého povrchu, aj so zameraním najhlbších rýh, by bolo veľmi časovo náročné a výsledný model by aj tak nedokázal detailne zachytiť skutočnú členitosť. Zmerať všetky menšie ryhy (hlboké približne 15cm) by bolo z časového hľadiska veľmi náročné.

Lom Jastrabá bol zvolený práve s úmyslom otestovať presnosť leteckej fotogrametrie využívajúcej nízkonákladové UAV pre dokumentovanie lomov s cieľom vytvoriť relatívne detailný a dostatočne presný model povrchu. Tento model mal spĺňať požiadavky podľa platnej legislatívy (Výnos, 1993) predovšetkým z hľadiska presnosti.

2. Použité metódy a prístrojové vybavenie

Na zameranie povrchu lomu v rámci nášho výskumu boli použité priestorová polárna metóda a fotogrametria UAV.

Pri terestrickom meraní sa využívala univerzálna meracia stanica Leica FlexLine TS 02 s uhlovou presnosťou 7" a dĺžkovou 2 mm + 2 ppm (podľa manuálu prístroja Leica). Zvolenou metódou merania bola polárna metóda s trigonometrickým meraním výšok so snahou detailne určiť najmä päť a hornú hranu steny lomu, a tiež jej tvar v približne rovnakých vzájomných vzdialenostiach. Okrem toho boli zamerané aj iné morfológicky významné časti terénu tak, aby spolu vytvorili terénnu kosť potrebnú na zostavenie 3D modelu terénu. Zameraných bolo spolu 439 bodov tvoriacich základnú terénnu kosť a 10 lícovacích bodov fotogrametrických značiek.



Obr. 1 Zaujmová lokalita – lom Jastrabá

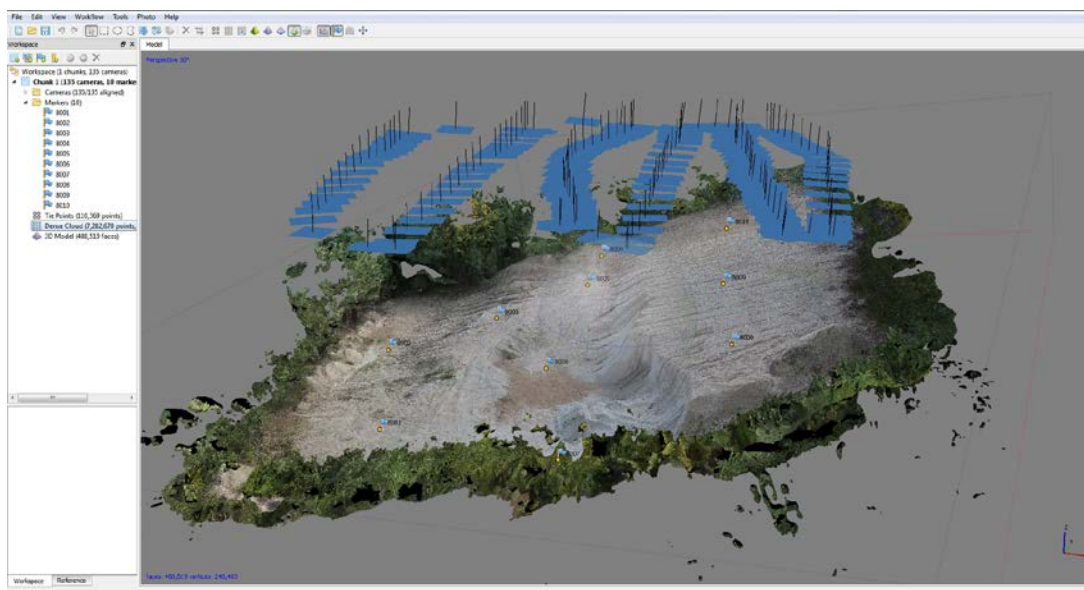
Pripojenie merania sa vykonalo prostredníctvom bodov banského bodového poľa v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a výškovom systéme Balt po vyrovnaní (Bpv).

Pre fotogrametrické meranie bolo použité nízkonákladové UAV DJI Phantom Vision 2+ so zabudovanou 14 MPx FC200 kamerou. Veľkosť senzora je 1/2,3" rozlíšenie 4384 x 3288 Px, zorné pole 85°. Snímkový let bol vykonaný v 6 náletových pásoch vo výške 35 m nad priemernou výškou terénu (obr. 2). Vyhotovených bolo 135 snímkov. Na transformáciu snímkového bloku do súradnicového systému S-JTSK bolo použitých 10 lícovacích bodov, ktorých súradnice boli určené terestricky využitím totálnej stanice. Výsledky spracovania fotogrametrických dát vykazujú nasledujúce charakteristiky:

- rozlíšenie je 0,01 m/pixel,
- chyba v polohe meraného bodu na snímke je 1,96 pix,
- kvadratický priemer rezíduí na lícovacích bodoch je 0,043 m,
- priemerná vzájomná vzdialenosť bodov je 0,0403 m a hustota bodov je 613 bodov /m²,
- pozdĺžne prekrytie snímkov bolo 80 % a priečne 60 %.

Spracovanie leteckých snímkov bolo vykonané vo fotogrametrickom softvéri Agisoft PhotoScan® s nastavením parametrov spracovania Medium. Filtrovanie odľahlých bodov bolo nastavené na Moderate s cieľom zachovať výraznejšie detaily a najväčší počet bodov tvoriacich morfológiu terénu. Z dôvodu dodržania princípu jednotnej metodiky spracovania meraní a jednotného používateľského softvéru bol zvolený na spracovanie dát z geodetických meraní a spracovania mračna bodov softvér Trimble RealWorks®.

Výsledky terestrických geodetických meraní a fotogrametrie boli následne spracované do samostatných výškových modelov (Digital Elevation Models DEM). Získané dáta boli otestované s cieľom overiť ako výšky meraných bodov spĺňajú kritérium podľa STN 013410.



Obr. 2 Model územia s pozíciou snímok a líčovacích bodov

3. Overenie presnosti určenia výšok bodov v zmysle platnej legislatívy

Pri dokumentovaní povrchových lomov a tvorbe bansko-meračskej dokumentácie sa overuje, či dosiahnuté výsledky vyhovujú daným kritériám stanovenej triedy presnosti. Presnosť sa overuje testovaním výsledkov na výbere podrobných bodov z testovaného územia (Norma STN 013410). Testuje sa štatistická hypotéza, či výber odpovedá zvolenej 3. triede presnosti.

Náš testovaný výber tvorilo 237 bodov meraných referenčnou metódou (TLS), ktoré sa nachádzali vo vnútri testovaného rámca. V týchto bodoch bola určená výška zo súboru bodov získaného fotogrametricky. Vznikli dva súbory bodov, kde prvý obsahuje body merané pomocou TLS a v druhom sú tým istým polohovým súradniciam X, Y priradené odpovedajúce výšky z fotogrametrického merania.

Na určenie týchto výšok bola využitá funkcia na extrakciu hodnoty pre zvolený bod v programe ArcGIS. Test sa realizoval na zvolenej hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Pre testovanie presnosti výšok podrobných bodov sa pre body výberu vypočítali rozdiely výšok ΔH_i podľa vzťahu:

$$\Delta H_i = H_{mi} - H_{ki} \quad (1)$$

kde H_{mi} – výška i -tého podrobného bodu určená fotogrametricky,

H_{ki} – výška zodpovedajúceho i -tého bodu z referenčného merania totálnou stanicou Leica TS02 FlexLine.

Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou výberovej strednej výškovej chyby s_H vypočítanej zo vzťahu:

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2} \quad (2)$$

kde N – rozsah výberu (237 bodov),

k – koeficient ($k = 2$, ak má kontrolné určenie výšok rovnakú presnosť ako testovaná metóda určenia výšok; $k = 1$, ak má kontrolné určenie výšok vyššiu presnosť).

Presnosť určenia výšok sa považuje za vyhovujúcu, ak:

a) vypočítané hodnoty rozdielu výšok ΔH_i vyhovujú kritériu:

$$|\Delta H_i| \leq 2u_H \sqrt{k} \quad (3)$$

b) je prijatá štatistická hypotéza, že výber prislúcha stanovenej triede presnosti, t. j. výberová stredná výšková chyba s_H vyhovuje kritériu:

$$s_H \leq \omega_N u_H \quad \text{pre spevnený povrch,}$$

$$s_H \leq 3\omega_N u_H \quad \text{pre nespevnený povrch,}$$

kde u_H – kritériu presnosti pre zvolenú triedu presnosti ($u_H = 0,12$ m pre 3. triedu presnosti),

ω_N – koeficient ($\omega_N = 1,1$ pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$ a pri výbere rozsahu N od 80 do 500 bodov, $\omega_N = 1,0$ pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$ a pri výbere rozsahu N väčšom ako 500 bodov).

Testovaný výber je charakterizovaný výberovou strednou výškovou chybou $s_H = 0,096$ m. Porovnaním vypočítaných hodnôt rozdielov výšok ΔH_i a príslušného kritéria zisťujeme, že z testovaných 237 výškových rozdielov **3 rozdiely** (1,266 % výberu) považujeme za **nevyhovujúce** ($\Delta H = -0,250$ m, $\Delta H = 0,438$ m, $\Delta H = 0,820$ m) (obr. 3). Rozdiely na týchto troch bodoch pravdepodobne odpovedajú nastaveniu spracovania prostredia Agisoft PhotoScan® pri generovaní mračna bodov (Dense Point Cloud).

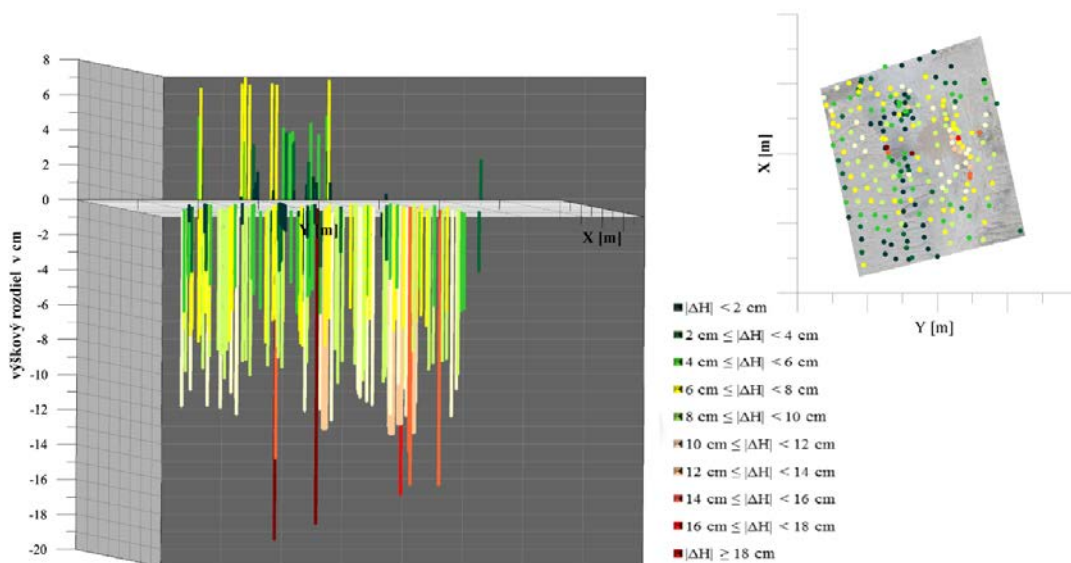


Obr. 3 Testovanie výškových rozdielov pre 3. triedu presnosti

Nevyhovujúce výškové rozdiely boli zo súboru meraní vylúčené, nový testovaný výber pozostávajúci z **234 bodov**, je charakterizovaný výberovou strednou výškovou chybou $s_H = 0,073$ m. Výberová stredná výšková chyba s_H vyhovuje kritériu pre nespevnený povrch.

Kvôli lepšej vizualizácii sú výškové rozdiely, spĺňajúce podmienky 3. triedy presnosti, rozdelené do 2 cm intervalov (obr. 4, tab. 1).

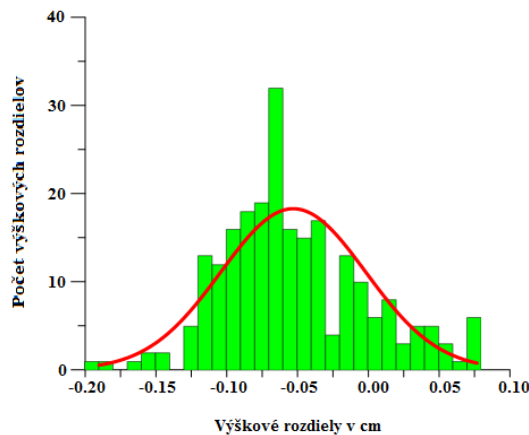
Výškové rozdiely sú znázornené aj prostredníctvom histogramu (obr. 5).



Obr. 4 Analýza výškových rozdielov pre 3. triedu presnosti

Tab. 1 Analýza výškových rozdielov pre 3. triedu presnosti

Výškový rozdiel	Počet bodov	Percentuálny podiel výškových rozdielov	
$ \Delta H < 2\text{ cm}$	37		$ \Delta H < 2\text{ cm}$
$2\text{ cm} \leq \Delta H < 4\text{ cm}$	28		$2\text{ cm} \leq \Delta H < 4\text{ cm}$
$4\text{ cm} \leq \Delta H < 6\text{ cm}$	40		$4\text{ cm} \leq \Delta H < 6\text{ cm}$
$6\text{ cm} \leq \Delta H < 8\text{ cm}$	55		$6\text{ cm} \leq \Delta H < 8\text{ cm}$
$8\text{ cm} \leq \Delta H < 10\text{ cm}$	37		$8\text{ cm} \leq \Delta H < 10\text{ cm}$
$10\text{ cm} \leq \Delta H < 12\text{ cm}$	25		$10\text{ cm} \leq \Delta H < 12\text{ cm}$
$12\text{ cm} \leq \Delta H < 14\text{ cm}$	5		$12\text{ cm} \leq \Delta H < 14\text{ cm}$
$14\text{ cm} \leq \Delta H < 16\text{ cm}$	4		$14\text{ cm} \leq \Delta H < 16\text{ cm}$
$16\text{ cm} \leq \Delta H < 18\text{ cm}$	1		$16\text{ cm} \leq \Delta H < 18\text{ cm}$
$ \Delta H \geq 18\text{ cm}$	2		$ \Delta H \geq 18\text{ cm}$



Obr. 5 Histogram početnosti výškových rozdielov

Záver

Vplyvom každej ľudskej činnosti sa zemský povrch mení, je dôležité tieto zmeny identifikovať a následne dokumentovať ich rozsah. K takýmto zmenám dochádza i pri banskej činnosti, napr. v povrchových lomoch pri ťažbe nerastných surovín. Terestrické geodetické metódy dokumentovania objektov využitím univerzálnych meracích staníc sú v povrchových lomoch stále najbežnejšie používanými geodetickými metódami. Do popredia sa však dostávajú aj moderné metódy zberu dát, napr. LIDAR a fotogrametria UAV, ktorých veľkou výhodou je najmä rýchlosť ich zberu, hustota zameraných bodov a finančná dostupnosť.

Na posúdenie vhodnosti nízkonákladovej UAV fotogrametrie, alternatívnej metódy ku klasickým terestrickým geodetickým metódam, sme realizovali výskum v povrchovom lome Jastrabá (stredné Slovensko). Povrch lomu bol dokumentovaný dvoma uvedenými metódami s cieľom porovnať vytvorené povrchové modely z hľadiska presnosti a detailnosti. Z pohľadu presnosti bolo cieľom splniť požiadavky platnej národnej legislatívy na meranie podrobných bodov v lomoch. S ohľadom na výsledky uvedené v predchádzajúcej kapitole môžeme konštatovať, že aj napriek lokálnym chybám v generovaných povrchoch, ktoré boli identifikované aj v rezoch, vieme prehlásiť, že z hľadiska presnosti nevyhovelo stanovenému kritériu iba 1,266 % testovaných bodov.

Výsledky testovania výšok bodov získaných fotogrametrickým spracovaním dát svedčia o tom, že nízkonákladová fotogrametria UAV ako metóda zberu dát, poskytuje presnosť určenia výšok podľa STN 013410 a výsledky spracovania týchto dát sú použiteľné pre tvorbu banskomeračskej dokumentácie.

Preukázalo sa, že model povrchu vytvorený fotogrametricky z UAV využitím lacných kamier spĺňa určené kritérium presnosti a všeobecne môžeme považovať použitú metódu (letecká UAV fotogrametria) za vhodný nástroj zberu údajov pre zameranie povrchových lomov. Z pohľadu detailnosti vytvorených modelov môžeme dokonca povedať, že takéto modely sú vďaka princípom digitálnej fotogrametrie a softvérovému spracovaniu leteckých snímok omnoho detailnejšie ako modely vytvorené iba z terestricky meraných podrobných bodov.

V súvislosti s využívaním UAV však treba poznamenať, že ich komerčné nasadenie v praxi je upravené pomerne prísnou legislatívou. Vykonávanie komerčných leteckých prác, spojené s vyhotovovaním leteckých snímok, podlieha povoleniu zo strany viacerých inštitúcií a úradov. Tento fakt môže odradiť viaceré subjekty, ktoré by sa chceli aktívne venovať tejto progresívnej metóde zberu geodát.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV 0339 12.

Literatúra

- FRITZ, A., KATTENBORN, T., KOCH, B. (2013). UAV – based photogrammetric point clouds – tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL-1/W2, UAV-g2013, Rostock,
- KIM, S. Y., YU, J. H., YU, Y. G., LEE, H. J. (2016). Database enhancement for development of open-pit mine monitoring system in open source environments. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 34 (1), pp. 21-32.
- LONG, N., MILLESCAMPS, B., GUILLOT, B., POUGET, F., BERTIN, X. (2016). Monitoring the Topography of a Dynamic Tidal Inlet Using UAV Imagery. *Remote Sensing*, 8 (5), 387. Dostupné na: <<http://dx.doi.org/10.3390/rs8050387>>.
- MANUÁL LEICA. Leica FlexLine TS 02. [cit. 2015-11-05]. Dostupné na: <http://www.geotech.sk/downloads/Totalne-stanice/FlexLine_TS02_Datasheet_en.pdf>
- NIRANJAN, S., GUPTA, G., SHARMA, N., MANGAL, M., SINGH, V. (2007). Initial efforts toward mission-specific imaging surveys from aerial exploring platforms: UAV. In *Map World Forum*, Hyderabad,
- NORMA STN 013410. Mapy veľkých mierok, Základné a účelové mapy.
- SHAHBAZI, M., SOHN, G., THÉAU, J., MÉNARD, P. (2015). UAV-based point cloud generation for open-pit mine modeling. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-1/W4, 2015 International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics, Toronto,
- TONG, X., LIU, X., CHEN, P., LIU, S., LUAN, K., LI, L., LIU, S., LIU, Xianglei, XIE, H., JIN, Y., HONG, Z. (2015). Integration of UAV-based photogrammetry and terrestrial laser scanning for the three-dimensional mapping and monitoring of open-pit mine areas. *Remote Sensing*, 7 (6), pp. 6635-6662, Dostupné na: <<http://dx.doi.org/10.3390/rs70606635>>
- VÝNOS (1993). Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom. In: *Jednotný automatizovaný systém právnych informácií* (Ministerstvo spravodlivosti SR).
- ZHANG, C., ELAKSHER, A. (2011). An unmanned aerial vehicle based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 27 (2), pp. 118-129.

S u m m a r y

Verification of usability of low-cost UAV photogrammetry in the context of the mine surveying legislation in the Slovak Republic

UAV's have a very wide range of use in all areas of acquisition of geodata, and their potential can be used also in cases where the use of conventional surveying methods for data collection is not particularly economically effective. The major advantage of UAV's is their low cost, versatility, mobility and the possibility of their use in areas with difficult access, which is certainly the case of sites with surface mining activities. Nowadays we see an increase in the use of such advanced techniques and technologies. The aim of our paper was to evaluate the use of low-cost UAV photogrammetry in comparison to the trusted conventional surveying method – spatial polar method for documenting mining plants and quarries.

The quarry Jastrabá near Žiar nad Hronom (Slovak Republic) was chosen as the testing area. Photogrammetric and conventional surveying works were performed on this site. A spatial model of the quarry obtained from these data was then evaluated in terms of accuracy required by the applicable national legislative regulations – “Decree of the Ministry of Economy of the Slovak Republic no. 1/1993 on mine surveying documentation in mining activities and some activities carried out by mining method”.

The tested selection of height differences, except for 1.266% of the points, meets the 3rd class of accuracy of coordinates according to technical standard “STN 013410 – Maps of large scales using the criteria for unpaved and paved”. The evaluation in the results of this research confirms that low-cost UAV photogrammetry is a suitable method for data collection. The method described here provides the necessary accuracy and results of the photogrammetric data processing are useful for creating mine surveying documentation. The suitability of this method of data collection considerably improves the economic and time aspects of the field works.

Fig. 1 Area of Interest – quarry Jastrabá

Fig. 2 Model of area with positions of images and control points

Fig. 3 Test of height differences for the 3rd accuracy class of mapping

Fig. 4 Analysis of height differences for the 3rd accuracy class of mapping

Fig. 5 Histogram of frequency for differences of heights

Tab. 1 Analysis of height differences for the 3rd accuracy class of mapping

Prijaté do redakcie: 16. mája 2016

Zaradené do tlače: jún 2016