

DISKUSIA – DISCUSSION

Stanovisko k článku Ekkertová, P. a Greif, V.: *Využitie digitálnej fotogrametrie pri štruktúrnej analýze skalných svahov*

(Mineralia Slovaca, 44 (2012), 157 – 166)

MAREK FRAŠTIA

Katedra geodézie SvF STU Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

(Doručené 3. 9. 2012)

The standpoint to the article by Ekkertová, P. & Greif, V.: The use of digital photogrammetry for structure analysis of the rock slopes, published in *Mineralia Slovaca* 2 (2012), 157 – 166.

Vážená redakcia časopisu Mineralia Slovaca!

Vo vašom časopise publikujem príspevky s tematikou aplikácie fotogrametrie v inžinierskej geológii už 12 rokov a veľmi si vážim samotný časopis, ako aj priestor, ktorý mi bol ako „negeológovi“ poskytnutý. Fotogrametria však predsa má čo poskytnúť inžinierskej geológii, predovšetkým ako nástroj v efektívnom a bezpečnom zbere kvalitných údajov, ktoré sú ďalej analyzované a interpretované samotnými odborníkmi inžinierskej geológie. Takisto si priveľmi vážim technickú vednú disciplínu „fotogrametria a diaľkový prieskum“ (ktorej sa okrem štúdia na VŠ venujem už 15 rokov ako vysokoškolský pedagóg) na to, aby som ponechal bez reakcie príspevok autorov P. Ekkertová a V. Greif: **Využitie digitálnej fotogrametrie pri štruktúrnej analýze skalných svahov** uverejnený v čísle Mineralia Slovaca 2 (2012), s. 157 – 166.

Po prečítaní príspevku som dospel k názoru, že tento príspevok nie je prínosom vednej disciplíny inžinierska geológia a rovnako ani vednej disciplíny fotogrametria. Som presvedčený, že príspevok je zmätočný, chybný po obsahovej stránke a je v ňom množstvo tak formálnych nedostatkov, ako aj nepravdivých tvrdení. Tento názor mi potvrdilo niekoľko odborníkov z oblasti geodézie a fotogrametrie, ich mená v prípade potreby uvediem. Preto dávam redakcii časopisu Mineralia Slovaca na zváženie uverejniť túto odozvu, o ktorej som presvedčený, že môže byť užitočná autorom príspevku, odbornej geologickej verejnosti ale aj samotnému časopisu Mineralia Slovaca.

Cieľom predmetného príspevku je podľa autorov návrh metodiky na meranie orientácie diskontinuit skalných svahov pomocou digitálnej pozemnej fotogrametrie a overenie

tejto metodiky v praxi. Vyplýva to z abstraktu v anglickom jazyku, ako aj zo samotného obsahu. Vedecký článok teda môžeme určite považovať za príspevok k problematike metodiky zberu údajov digitálnou fotogrametriou a analýzy týchto údajov, **teda ide o príspevok z oblasti technickej vednej disciplíny „fotogrametria“**. Preto si myslím, že ako geodet so špecializáciou fotogrametria mám odborné vedomosti na erudované posúdenie príspevku. Svoje formálne a obsahové pripomienky som zoradil takto:

FORMÁLNE NEDOSTATKY

Terminológia

Predmetný príspevok je koncipovaný ako vedecký alebo odborný článok z oblasti fotogrametrie, a preto by sa autori mali držať geodetickej terminológie, ktorá je spracovaná v terminologickom slovníku geodézie, kartografie a katastra (Vojtičko et al., 1998) alebo terminológie uvedenej v technickej norme STN 73 0401-2 Terminológia v geodézii a kartografii, časť 2: Terminológia katastra nehnuteľností, mapovania a fotogrametrie. Musím konštatovať, že autori túto geodeticko-fotogrametrickú terminológiu úplne ignorovali a používajú vlastné pojmy a doslovné, často nevhodné, preklady zo zahraničnej literatúry.

Konkrétne:

stred premietania – správne: **projekčné centrum**;
krátkorozsahová fotogrametria – správne: **blízka fotogrametria**; *fotoaparát* – správne: **kamera**; *snímanie* – správne: **snímkovanie**; *fotografia* – správne:

snímka; *pozemná diaľková digitálna fotogrametria* – tento pojem vôbec nepoznáme; **škála** – správne: **mierka**; **označenie** – správne: **meranie**; **v 3D rozmere** – správne: **v priestore**; **uhol medzi pozíciami fotoaparátu** – toto nedáva zmysel, pretože uhol medzi dvoma bodmi neexistuje; **uhol medzi dvomi snímkami by mal byť optimálne 10° – 30°** – správne: **uhol medzi osami záberu, optimálne je, keď je nulový, hodnota 30° je krajná hodnota**; **referencovanie** – správne: **identifikácia identických bodov**; **zadanie 3D modelu do súradnicového systému** – správne: **georeferencovanie alebo transformácia do s. s.**; **kódové terče** – správne: **kódové cieľové značky**; **pomer b/h – je prebratý zo softvéru Photomodeler Scanner, v pozemnej fotogrametrii používame symboly b/Y, keďže h predstavuje výšku nad terénom**; **vzájomná vzdialenosť pozícií fotoaparátu** – správne: **snímková základnica**.

Zmätočné, nevysvetlené a nepravdivé tvrdenia

Konkrétne:

- **Orientačný osový kríž** – je vhodné použiť v lokálnych súradnicových systémoch, kde je veľkosť kríža minimálne polovičnou veľkosťou v porovnaní s veľkosťou pozorovaného objektu. Akonáhle je objekt mnohonásobne väčší (ako je to v príspevku), dochádza k veľkým chybám na okrajoch modelu mimo kríža, a to tak v mierke, ako aj v orientácii modelu. Takýto prístup (extrapolácia) je z geodetického hľadiska neprípustný. Ďalšie v príspevku nevysvetlené otázky iba spochybňujú celý postup: S akou presnosťou bola zadaná samotná mierka modelu? Ako bol orientačný osový kríž orientovaný a s akou presnosťou? Tieto pochybenia (v súčte s kalibráciou kamery) môžu viesť k nepresnostiam rádom v decimetroch na okraji modelu.

- **Čím boli rozmery skalného svahu väčšie, tým väčšia vzdialenosť, a teda aj väčšia ohnisková vzdialenosť objektívu bola potrebná na zachytenie celého svahu** – prvá časť vety je, samozrejme, pravdivá – čím väčší je objekt, tým ďalej musíme ísť, aby sa zobrazil celý na snímke. Pokiaľ však z tejto novej (väčšej) vzdialenosti použijeme objektív s dlhšou ohniskovou vzdialenosťou, tak dostávame ten istý výrez na snímke. Tým pádom si nepomôžeme, čo sa týka veľkosti zobrazeného objektu.

- **Kalibrácia objektívu** – kalibrujeme kameru, teda systém „objektív + snímač“. Kalibrovať iba objektív jednak nie je reálne a jednak vo fotogrametrii nemá zmysel. Okrem formálnych chýb (napr. vodorovná snímka) nie je popísané, aká veľká bola kalibračná mriežka. Ale predpokladám, že cca 1 x 1 m. Potom ale ohnisková vzdialenosť objektívu pri predmetových vzdialenostiach 1 m je o niekoľko desiatin milimetra iná ako pri predmetových vzdialenostiach napr. 10 m. A to má zásadný vplyv na výslednú referenčnú polohu a presnosť bodov. Takisto autori v príspevku nepopisujú výsledky kalibrácie, ktoré hovoria o kvalite určených parametrov.

- **Obr. 14 a 15** sú identické. Okrem toho sú nezrozumiteľné a nie sú dostatočne vysvetlené.

- **Tab. 1** – vo štvrtom stĺpci sú pre „pôvodnú vzdialenosť“

iné hodnoty ako v šiestom stĺpci. Okrem toho autori nevysvetľujú, čo je to pôvodná vzdialenosť ani ako sa dopracovali k optimálnej vzdialenosti. Optimalizačné kritérium je síce naznačené, citujem: „dostatočne veľké a kvalitné mračno 3D bodov“, ale čo pod tým autori myslia, sa čitateľ nedozvie. Až na záver sa čitateľ dozvie, že *dostatočne kvalitné mračno* závisí od jeho veľkosti, a to je ďalší problém (pozri ďalej).

- **Hraničná vzdialenosť bola určená podľa jedného pixelu fotografie a mala by zodpovedať 0,4 cm v skutočnosti** – ako dospeli autori k tejto hodnote, nie je vysvetlené. Pre identifikáciu terčov softvérom nie je dôležitá veľkosť v skutočnosti, ale na snímke. Pritom neprispôsobujeme vzdialenosť snímkovania veľkosti značiek (ako je to prezentované v príspevku), ale presne naopak.

- **Významnou podmienkou na vytvorenie veľkého počtu 3D bodov je veľkosť kódových terčov...** – toto je dezinformácia. Kódové značky slúžia iba na automatickú a kvalitnú vonkajšiu, prípadne vzájomnú orientáciu snímok. Snímky ale vieme orientovať aj bez kódových značiek, v súčasnosti existuje množstvo softvérov (napr. aj Photomodeler Scanner 2012), ktoré to dokážu plne automaticky. Veľkosť kódových značiek je podmienkou iba ich identifikácie softvérom, nie predpokladom vytvorenia mračna bodov.

- **Tab. 3** – čitateľ netuší, v akej geometrickej konfigurácii (aký je pomer b/Y) sú uvedené dvojice snímok, tým pádom daná tabuľka nemá žiaden zmysel a nič nehovorí.

- **Vypočítané optimálne vzdialenosti a základnice podľa podmienky $b/h = 0,1 - 0,5$ danej softvérom** – krajné hodnoty intervalu 0,1 a 0,5 sú prednastavené hodnoty v softvéri Photomodeler. Neznamená to však, že sú optimálne, v samotnom systéme Photomodeler ich užívateľ môže zmeniť. Optimálna hodnota základnicového pomeru (to je odborný názov) závisí od zorného poľa kamery, veľkosti snímača, požadovanej presnosti a členitosti terénu (objektu).

Uviedol som iba tie najzávažnejšie pochybenia. Ďalšie problematické definície, vyjadrenia a chýbajúce informácie, ktoré pre značný rozsah odozvy nevysvetľujem, v prípade potreby ich však poskytnem, sú napríklad:

- **otočenie snímky** φ ,
- **pootočenie snímky** κ ,
- **obr. 1**,
- **presnosť výrazne závisí aj od zadania 3D modelu do lokálneho alebo globálneho systému**,
- **myslená stredová rovina**,
- **chýbajúce technické parametre a nastavenia kamery pri snímkaní**,
- **chýbajúce aposteriórne odhady presnosti bodov mračna**.

Obsahové nedostatky

Prvým zásadným nedostatkom je snaha autorov skúmať pomer „vzdialenosti pozície fotoaparátu k výške svahu“ a vplyv tohto pomeru na počet generovaných 3D bodov. Autori dospeli k názoru, že rôzne pomery prinášajú

rôzne počty vygenerovaných bodov na 1 m². Dôkaz omylu je jednoduchý: pokiaľ budeme snímkovať ten istý svah z tej istej vzdialenosti a budeme ho postupne zhora odrezávať, bude sa meniť pomer „vzdialenosť/výška“, ale na snímke zostane ten istý obraz (ten istý počet bodov), až kým sa nezačne zobrazovať na snímke aj odrezaná časť. Počet vygenerovaných bodov na 1 m² závisí od úplne iných parametrov, a síce od kamery (veľkosti obrazového elementu), vzdialenosti snímkovania, ohniskovej vzdialenosti objektívu, textúry pozorovaného povrchu, členitosti pozorovanej plochy, použitého softvéru, nastavení použitého softvéru. Ak autorom vznikol rozdiel v 2 rôznych lokalitách pri rovnakej vzdialenosti snímkovania a objektíve, tak z dôvodu niektorých vyššie uvedených nerovnakých parametrov. Skúmanie vplyvu týchto parametrov má reálny význam.

Druhým omylom je hodnotenie kvality mračna bodov podľa počtu bodov na m². Keď si odmyslíme detail, že počet je synonymom kvantity (nie kvality), tak skúsme hodnotiť „kvalitu“ mračna bodov podľa počtu bodov. Prvým zásadným problémom je hodnotiace kritérium kvality: „<menej ako 5 000 bodov; 5 000 – 15 000 bodov; viac ako 15 000 bodov>“. Ako dospeli autori k tomuto kritériu, sa z príspevku nedozvieme. Celkovo sú uvedené počty bodov podozrivé, keďže napr. pri snímkovaní danou kamerou zo vzdialenosti 5 m s objektívom s ohniskovou vzdialenosťou $f = 16$ mm, čo sú podmienky uvedené v príspevku, je maximálny teoretický počet bodov na 1 m² až 250 000 a pre vzdialenosť 14 m a $f = 35$ mm je to 140 000 bodov, zatiaľ čo autori uvádzajú maximálne 30 000 bodov. Počet bodov na 1 m² môže byť teda **rádovo** iný, ako je uvedené v príspevku, čo významne sponchyňuje uvedené kritérium „kvality“.

Skutočnú kvalitu mračna bodov predstavuje priestorová presnosť bodov generovaného mračna, ktorá, zdá sa, autorov vôbec netrápi. V príspevku nie je jedna relevantná informácia o presnosti dosiahnutých výsledkov. Moje dlhoročné skúsenosti so systémom Photomodeler Scanner (pracujem s ním od prvej verzie doteraz) hovoria o zásadných rozdieloch vo výsledkoch pri použití rôznych nastavení – od kalibrácie kamery, spôsobu orientácie snímok, lícovania modelu, nehovoriac o rôznych nastaveniach v module „Scanner“, ktoré autori ignorovali. Parametre ako veľkosť vyhľadávacieho okna a typ textúry zásadne ovplyvňujú počet generovaných bodov, ako aj ich presnosť. Podotýkam, že tieto parametre v príspevku vôbec nie sú spomenuté. Takže uvedená analýza kvality nemôže byť korektná. Výsledná presnosť, teda kvalita jednotlivých bodov mračna závisí od:

1. kvality kalibrácie kamery (v príspevku nevyhovujúce),
2. kvality určenia prvkov vonkajšej orientácie snímok (otázne, nie sú uvedené aposteriórne parametre po vyrovnaní zväzku lúčov),
3. veľkosti pixelu na pozorovanej ploche (čitateľ sa

nedozvie, poznáme iba veľkosť na orientačnom kríži, ktorý sa nachádza niekde pred masívom),

4. veľkosti uhlov prieseku (otázne, čitateľ sa nedozvie),
5. presnosti georeferencovania modelu (orientačný kríž – nevhodný prístup).

Záver

V závere autori konštatujú, že ich práca „potvrdila pravidlo, že čím je skalný svah väčší, tým ďalej od neho musia ísť“ a že „čím dlhšiu ohniskovú vzdialenosť objektívu použijú, tým ďalej od svahu musia ísť snímkovať“. Toto sú všeobecne známe fakty, ktoré nie je potrebné skúmať ani dokazovať.

V poznámke o vytvorení *metodiky hodnotenia kvality mračna* podľa počtu bodov samotní autori uvádzajú, že menili krok vzorkovania. Tým sa, samozrejme, menil aj vygenerovaný počet bodov – ten počet, ktorý potom slúžil na hodnotenie kvality. To je nelogický postup. Okrem toho autori vo svojej metodike nepočítajú so zmenou kamery, čo významne ovplyvňuje počet bodov na 1 m². Takáto metodika potom stráca atribúty všeobecne použiteľného postupu za určitých podmienok a nie je metodikou.

K *hraničnej vzdialenosti* uvádzanej v príspevku môžem povedať, že takýto parameter fotogrametrie vôbec nepoznajú, pretože vzdialenosť snímkovania sa volí na základe požadovanej presnosti a mierky mapy/plánu (teda veľkosti pixelu na objekte) a tomu sa prispôsobuje veľkosť značiek umiestnených v teréne. Ak je vôbec potrebné nejaké kódové značky v teréne stabilizovať.

Z uvedených dôvodov preto neodporúčam inžinierskym geológom metodiku prezentovanú v príspevku realizovať v inžinierskogeologickej praxi pri zbere údajov.

Aj keď sa autori snažili problematiku fotogrametrického primárneho zberu údajov zvládnuť štúdiom množstva predovšetkým zahraničnej literatúry, čo hodnotím samozrejme pozitívne, z mnohých všeobecných komentárov, ako aj konkrétnych záverov poznať ich netechnický pohľad na túto technickú vedu.

Problémom môže byť aj abstinujúca spolupráca s odborníkmi na fotogrametriu. Pritom na Slovensku je ich dostatok nielen na univerzitách (STU Bratislava, UK Bratislava, TU Zvolen, SPU Nitra, TU Košice, ŽU Žilina), ale aj v komerčnej sfére. Dúfam, že táto odozva vyvolá diskusiu o korektnej spolupráci tam, kde by mala byť. Moji kolegovia aj ja sme takejto spolupráci otvorení a som si istý, že to bude na prospech fotogrametrie, ako aj záujmom vedných disciplín, ktoré ju používajú.

Ing. Marek Fraštia, PhD.

Katedra geodézie SvF STU Bratislava

V Bratislave 24. 8. 2012

