

DIGITALIZÁCIA ANTROPOGÉNNÝCH A PRIRODZENÝCH MIKROFORIEM RELIÉFU METÓDOU POZEMNEJ FOTOGRAMETRIE

Šimon SALOŇ¹, František CHUDÝ², Daniel TUNÁK³, Martina SLAMOVIÁ⁴

^{1,2,3} Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE, T. G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovensko
xsalon@is.tuzvo.sk, chudy@is.tuzvo.sk, tunak@is.tuzvo.sk

⁴ Katedra plánovania a tvorby krajiny, Fakulta ekológie a environmentalistiky, TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE, T. G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovensko
slamova@is.tuzvo.sk

Abstrakt

Údaje veľkopošného snímkovania a skenovania neposkytujú vždy v zalesnených územiach požadovanú hustotu bodov na m². Z týchto mračien bodov sú následne vytvárané digitálne modely reliéfu, ktoré nemusia s dostatočným detailom reprezentovať záujmové antropogénne a prírodné reliéfné formy. Pri skúmaní reliéfu na menších územiach je možné použiť metódy pozemnej fotogrametrie. Z málo používaných a známych sú to napríklad metódy DnTP (Dynamic Terrestrial Photogrammetry) alebo SGTP (Stop&Go Terrestrial Photogrammetry). Príspevok sa venuje niektorým postupom získavania fotografických materiálov, z ktorých je možné generovať dostatočne husté mračná bodov a následne podrobné modely mikroreliéfu. Pomocou referenčného bodového poľa bola posúdená presnosť určenia bodov z takto vytvorených digitálnych modelov. Reliéfné modely z pozemnej fotogrametrie v kombinácii s modelmi z leteckého snímkovania alebo skenovania ponúkajú zaujímavý informačný zdroj o skúmanej oblasti. Na vytvorenie „mikro“ reliéfu pomocou prostriedkov pozemnej fotogrametrie bol použitý digitálny fotoaparát CANON EOS 5D MarkII s objektívom 35 mm. Záujmové plochy boli vybrané na území Mestských lesov a Vysokoškolského lesníckeho podniku TU vo Zvolene reprezentujúce prirodzený reliéf pod porastom a časť antropogénneho reliéfného útvaru (dopravná cesta k stredovekej usadlosti) pod listnatým porastom. Spracovanie získaných fotogrametrických materiálov bolo vykonané v softvérovom produkte Agisoft. Modely boli transformované do geodetického súradnicového systému a ich polohová a výšková presnosť bola $m_{xy} = 1.70$ cm a $m_v = 1.50$ cm. Vlícovacie a referenčné body boli zamerané elektronickým tachymetrom a geodetickým GNNS prijímačom.

Abstract

The data of large-scale mapping and scanning do not always provide required density of points per square meter in wooded areas. The digital terrains models are created from these clouds of points subsequently, but they don't often represent an anthropogenic and natural relief forms of interests with sufficient detail. In examining the relief on small scales it is possible to use methods of close-range photogrammetry. The method of DnTP (Dynamic Terrestrial Photogrammetry) or SGPT (Stop & Go Terrestrial Photogrammetry) can be used from these little used and known methods, for example. The issue is dedicated to some of the procedures of obtaining the photographic materials, from which it is possible to generate a sufficiently dense clouds of points and subsequently the detailed models of microrelief. The accuracy of determination of points was assessed from digital models thus created, by using the field of reference points. Relief models from terrestrial photogrammetry in combination with models from aerial photos or scans offer an interesting source of information for the study area. To create a "micro" relief by means of terrestrial photogrammetry the digital camera Canon EOS 5D MarkII with a 35 mm lens was used. Areas of interest were selected in the municipal forests and the forests of the Technical University in Zvolen representing natural relief under vegetation and the part of anthropogenic relief (transport route to the medieval settlements) under deciduous vegetation. natural vegetation and relief under section anthropogenic relief department (transport route to the medieval settlements) under deciduous vegetation. The processing of obtained photogrammetric materials was done in the software product AGI soft. The models were transformed into geodetic coordinate system and their

positional accuracy and height accuracy were $m_{xy} = 1,70$ cm and $m_v = 1,50$ cm. Ground control points and reference points were targeted with electronic tachymeter and geodetic GNSS receiver.

Kľúčové slová: podrobne modely reliéfu, pozemná fotogrametria, mapovanie v lesnom prostredí

Keywords: detailed relief models, close-range photogrammetry, forest mapping

ÚVOD

Kvalita vedeckej a praktickej činnosti závisí od technických a technologických prostriedkov použitých na získanie prvotných informácií o predmetoch a javoch prírodného alebo antropogénneho charakteru. Pri skúmaní špecifického lesného prostredia sa stretávame s rôznymi meračskými postupmi (kontaktnými – tachymetria, ... a bezkontaktnými – letecké snímkovanie, ...), ktoré sú mnohokrát náročné na čas, pracovné sily, a pre menšie plochy skúmaného územia drahé vzhľadom na ekonomickú náročnosť použitia výkonných meračských technológií (veľkoplošné letecké snímkovanie a skenovanie). Pre niektoré špeciálne úlohy sa potrebný detail terénnej informácie bežne dostupnými technológiami ani nedá dosiahnuť, alebo len s veľkými ťažkosťami. Preto sa hľadajú nové postupy, ktorými by bolo možné v čo najkratšom čase a za potreby malých finančných nákladov získať čo najviac prvotných doplnkových informácií, pričom postup by mali zvládnuť aj bežní, zaškolení pracovníci a výskumníci z iných oblastí ako fotogrametria a geodézia.

Pri zisťovaní antropogénnych a prírodných reliéfnych foriem z údajov veľkoplošného leteckého snímkovania a skenovania nie je vždy možné v zalesnenom území dosiahnuť pri tvorbe digitálneho modelu terénu (DMT), reliéfu (DMR) požadovanú hustotu bodov na meter štvorcový na teréne, hlavne pod porastom pri únosných ekonomických nákladoch. To pri vytváraní samotných digitálnych modelov terénu spôsobuje nepresnosti, alebo nevyhovujúcu generalizáciu. V takomto prípade model reliéfu neposkytuje dostatočne podrobné informácie pri detailnom mapovaní a vizualizácii „mikroreliéfu“ (osadenie, meranie projektovaných a realizovaných stavebných objektov, meranie kvantitatívnych parametrov skúmaného reliéfu, objektov na ňom – napr. meranie niektorých taxačných veličín v lesníctve, ...). Pre detailné vyhodnotenie a vytvorenie precízneho digitálneho modelu reliéfu, terénu sa javí vhodné použiť modifikované metódy pozemnej fotogrametrie.

EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

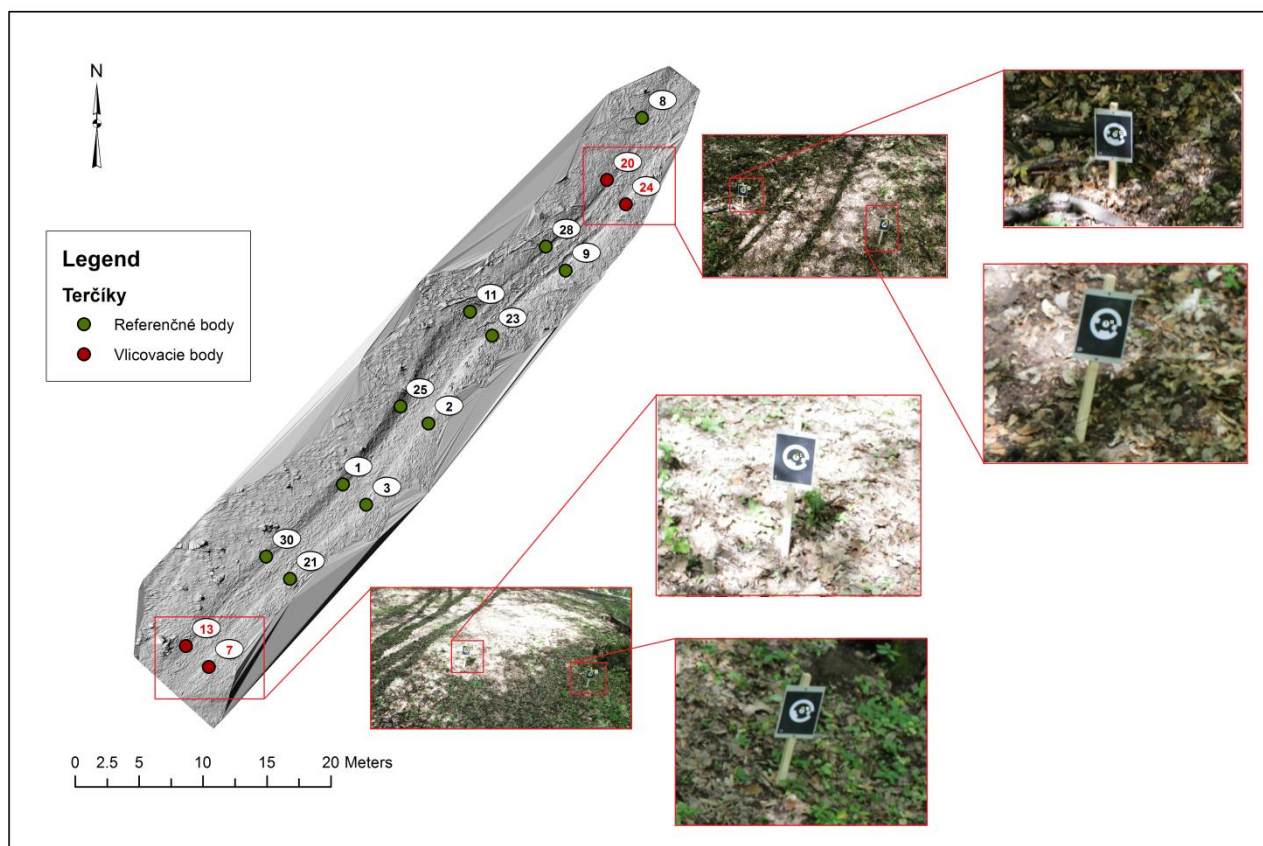
Záujmové územie

Lokality vybrané ako príklad pre vytvorenie podrobného digitálneho modelu reliéfu prezentovanou technológiou sa nachádzajú v okolí mesta Zvolen. Je to časť územia Mestských lesov v okolí „Pustého hradu“ charakterizovaná časťou historickej prístupovej cesty vedúcej cez listnaté a ihličnaté porasty v rôzne členitom teréne. Ďalšia lokalita sa nachádza na území Vysokoškolského lesníckeho podniku TU vo Zvolene reprezentujúca prirodzený reliéf pod listnatým porastom.

Snímkový materiál

Snímky boli vyhotovené digitálnou zrkadlovou EOS 5D Mark II s objektívom EF 16-35 mm f/2.8 L II USM od firmy Canon. Fotoaparát ponúkal celozáberový senzor CMOS (36 mm x 24 mm). Rozlíšenie 21.1 megapixelov zabezpečovalo dostatočné zachytenie detailu. Fotoaparát bol pripevnený na geodetickú výtyčku. Os záberu zvierala s osou vertikálnou $30^\circ - 50^\circ$ uhol v závislosti od toho, či bolo snímkovanie vykonávané hore, alebo dolu svahom. Ohnisková vzdialenosť bola 35 mm. Clona, citlivosť, rýchlosť uzávierky pri dynamickom snímkovaní boli nastavované podľa vonkajších podmienok v danom poraste a rýchlosti chôdze. Pri kontinuálnom dynamickom snímkovaní bolo využité štandardne ponúkané nastavenie počtu expozícií za sekundu. Jednotlivé náhľady boli priebežne kontrolované pomocou hľadáča Gigtube WIRELES II. Kontinuálnym snímkovaním bolo vyhotovených na prvej lokalite, ktorá bola spracovaná ako modelový príklad celkovo 238 snímok s prekrytom 70 -80 %. Na druhej lokalite bolo vyhotovených 127 snímok.

Vlícovacie a referenčné body (obr.2) boli v teréne signalizované pomocou terčiekov. Všetky body boli zamerané elektronickým tachymetrom z vrcholových bodov určených rajonizáciou (polárnou metódou). Zhustenie bodového poľa bolo vykonané geodetickým GNSS systémom.



Obr. 1 Rozmiestnenie vlícovacích a referenčných bodov

Hardwarové vybavenie

PC Zostava: HP Workstation Z800

Processor: Intel Xeon X5690 3.47 GHz a 3,46 GHz (procesory: 2)

Ram: 16 GB, DDR3 SDRAM – ECC, 1333 MHz

Grafická karta: Nvidia quadro 5000, 4GB GDDR5

HDD: 1 TB, 7200 rpm

SPRACOVANIE MATERIÁLOV

Tvorba modelov

Na vytvorenie presných modelov reliéfu časti záujmového územia bola použitá metóda kontinuálneho dynamického snímkovania (DnTP) podľa Chudý, F. et al.,[3], Paško, M. et al.,[5], kde zvýšená poloha projekčného centra bola zabezpečená pomocou geodetickej výtyčky, alebo fotografického statívu prichyteného na chrbte fotografa. Vzdialenosť projekčného centra od snímaných objektov bola približne v požadovanej vzdialenosti, ktorá predstavovala 3,5 m. Parametre snímkovania boli nastavené tak, aby bola zabezpečená dostatočná hĺbka ostrosti pre vytvorenie detailného obrazu v sklonitom a členitom teréne pod nepravidelne tieniacim porastom.

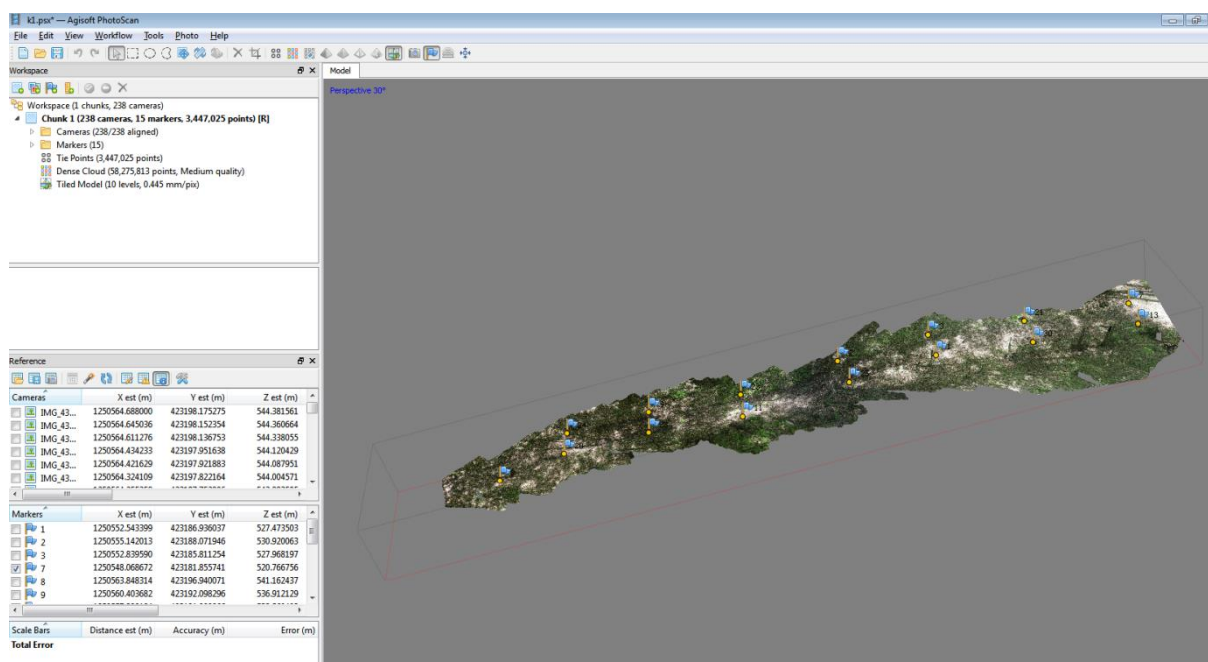
Samotný proces spracovania snímkového materiálu prebiehal v špecializovanom počítačovom programe Agisoft PhotoScan. Je to software ruskej firmy, ktorý vykonáva fotogrametrické spracovanie digitálnych obrazov. Medzi najzaujímavejšie výstupy softwaru patri husté bodové mračno, ktoré je voľne exportovateľné vo formáte LAS, LAZ, XYZ Point Cloud a iných. Z bodového mračna je možné vhodným spracovaním získať automatizovane rôzne informácie. V oblasti lesníctva, napríklad, niektoré porastové veličiny.

Pred spracovaním snímok bol v softvéri Agisoft Lens vygenerovaný kalibračný protokol, ktorý poskytoval informácie o radiálnych a tangenciálnych koeficientoch skreslenia objektívu. Bol vypracovaný zo snímok, ktoré zachytávali schému (čiernobielu štvorcovú sieť) v rôznych polohách projekčného centra voči tejto schéme. Kalibračný protokol zabezpečoval tvorbu presnejšieho modelu a bolo ho možné exportovať vo formátoch Agisoft Camera Calibration (*.xml), 3DM CalibCam Camera Parameters (*.txt), Photo Modeler Camera Calibration (*.ini), a iných. Agisoft preberá automaticky aj niektoré potrebné metaúdaje priamo zo súboru EXIF (rozlíšenie, model, ohnisková vzdialenosť, svetlosť, a iné). Zvolené parametre v jednotlivých krokoch tvorby modelov sú uvedené v tab.1.

Tab. 1 Parametre pri tvorbe modelov

Workflow	Nastavenia			
	General		Advance	
	Nastavenie / zvolený parameter		Nastavenie / zvolený parameter	
Align Photos	Accuracy	Medium	Key point limit	Default
	Pair selection	Generic	Tie point limit	Default
Build Dense Cloud	Quality	Medium	Depth filtering	Aggressive
Build Mesh	Surface type	Height field		
	Source data	Dense cloud	Interpolation	Enabled
	Face count	High		
Build Texture	Mapping mode	Generic		
	Blending mode	Mosaic	Enable color correction	Default
	Texture size/count	8000/1		

Pri modelovaní digitálneho reliéfu boli zvolené nastavenia zohľadňujúce hardwarové a časové možnosti na riešení tejto úlohy. Prvé spracovanie snímok prebehlo pri maximálnych možných softvérových nastaveniach, pri ktorom bolo vygenerované husté bodové mračno obsahujúce až 58 miliónov bodov. Každý prvok bodového mračna obsahoval informácie X,Y,Z,R,G,B,. Sumárne časove nároky na vytvorenie modelu činili okolo 50 hodín (bez generovania textúry). Z tohto dôvodu boli pri spracovaní zvolené časovo menej náročné parametre uvedené v článku vyššie. Vplyv rôznych nastavení na presnosť modelu bude predmetom ďalšieho skúmania. Podrobnejšie o možnostiach tvorby modelov, ako aj popis softwaru Agisoft ponúka manuál[1]. Softwarové prostredie Agisoft je znázornené na obr. 2..

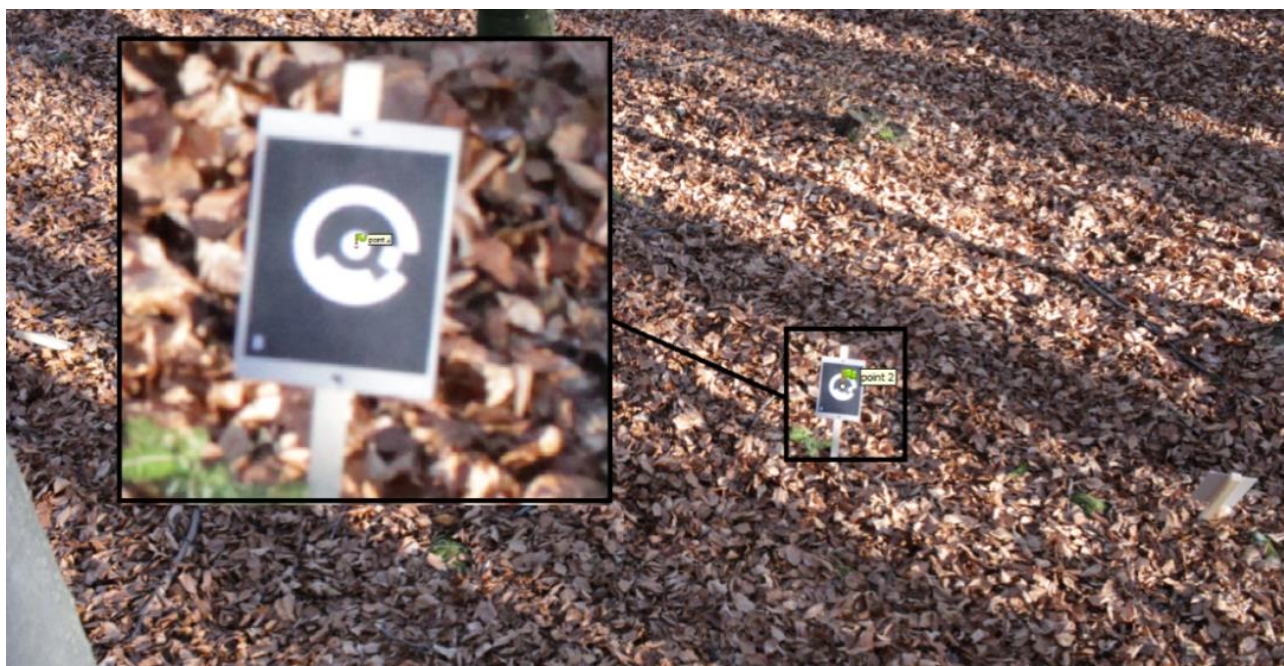


Obr. 2 Prostredie softwaru AGISOFT PhotoScan

Posúdenie presnosti

Pre posúdenie presnosti určenia polohy podrobných bodov z vytvoreného modelu bolo vytvorené bodové pole pomocou terčiek, ktoré plnili funkciu signalizácie vlíčovacích a referenčných bodov. Pri zameriavaní sa cielilo na kruhový stred terčička o polomere 1 cm obr. 3. Terčičky boli zamerané obojstranne pripojeným a orientovaným polygóňovým ťahom, pričom sa na meranie použil presný elektronický tachymeter Topcon TS 3000. Na zhustenie bodového poľa, prostredníctvom ktorého sme pripájali polygóň, bol použitý GNSS prijímač TopconHiper GGD.

Celkový počet rozmiestnených a zameraných terčiek vzhľadom na tvar záujmového územia bolo 16. Ich rozmiestnenie a rozdelenie je znázornené na obr. 1. Štyri zamerané terčičky (č.13, 7, 20, 24) slúžili ako vlíčovacie body pre transformáciu modelu do záväzného súradnicového a výškového systému pre Slovensko (JTSK, Bvp). Súradnice jedenástich terestricky zameraných terčiek slúžili ako referenčné dáta pre zistenie presnosti a správnosti určenia polohy podrobných bodov z modelu. Získavanie trojrozmerných dát z vytvoreného modelu prostredníctvom snímok je znázornený na obr. 3.



Obr. 3 Získavanie referenčných dát z modelu

Stredné súradnicové a výškové chyby transformácie modelu z lokálneho súradnicového systému do súradnicového systému JTSK a do Baltského výškového systému – Balt po vyrovnaní (Bvp) v cm sú uvedené v tab.2.

Tab. 2. Stredné súradnicové a výškové chyby transformácie (cm)

číslo terčička	X error	Y error	Z error
7	0,29	-0,01	-0,31
13	-0,28	0,02	0,31
20	-0,03	0,25	-0,31
24	0,02	-0,27	0,32
Správnosť m	0,20	0,18	0,31
m_{yx}, m_z	0,19		0,31

Presnosť vytvoreného modelu bola vyhodnotená podľa postupu BÖHM, J. et al., [2]:

1. Výpočet rozdielov súradníc (odchýlok):

$$\delta_{xi} = X_G - X_F \quad \delta_{yi} = Y_G - Y_F \quad \delta_{zi} = Z_G - Z_F$$

Kde: X_G, Y_G, Z_G - správne (referenčné) súradnice

X_F, Y_F, Z_F - modelové (určené z digitálneho modelu) súradnice

i - poradové číslo bodu

2. Posúdenie presnosti určenia bodov:

2.1. Presnosť merania posudzujeme podľa aritmetického priemeru (a) a smerodajnej odchýlky (b) podľa nasledovných vzťahov:

$$a) \delta_x = \frac{\sum \delta_{xi}}{n} \quad \delta_y = \frac{\sum \delta_{yi}}{n} \quad \delta_z = \frac{\sum \delta_{zi}}{n}$$

$$b) s\delta_x = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta_{xi} - \delta_x)^2}{n}} \quad s\delta_y = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta_{yi} - \delta_y)^2}{n}} \quad s\delta_z = \pm \sqrt{\frac{\sum (\delta_{zi} - \delta_z)^2}{n}}$$

- aritmetický priemer vyjadruje vychýlenie a teda charakterizuje systematickú zložku chyby

- správnosť m_i popisuje celkovú chybu merania, resp. modelu. Vyjadruje ju stredná kvadratická chyba, ktorá zahŕňa systematickú ako aj náhodnú zložku chyby :

$$m_x = \sqrt{\delta_x^2 + s\delta_x^2} \quad m_y = \sqrt{\delta_y^2 + s\delta_y^2} \quad m_z = \sqrt{\delta_z^2 + s\delta_z^2}$$

2.2. Systematickú zložku strednej kvadratickej chyby (vychýlenosť) posudzujeme na základe T-testu, ktorý má potvrdiť alebo vyvrátiť, že ak vznikne systematická chyba pri určovaní súradníc bodov z fotogrametrického modelu, tak nevznikla z titulu náhodných činiteľov.

3. Stanovenie nulovej hypotézy: $\delta_x = 0, \delta_y = 0, \delta_z = 0$

Výpočet hodnoty T (BÖHM, J. et al., 1990)

$$T_x = \frac{\delta_x}{S\delta_x} \quad T_y = \frac{\delta_y}{S\delta_y} \quad T_z = \frac{\delta_z}{S\delta_z}$$

Určenie hodnoty $t_{0,025(x)}$:

Prevezmeme ju z tabuľky „Kritické hodnoty Studentovho rozdelenia pre zvolenú hladinu významnosti.“ (BÖHM, J. et al., 1990)

x – počet uvažovaných hodnôt v súbore pri testovaní

Prijatie alebo zamietnutie hypotézy:

- ak $T < t_{0,025(x)}$ - nulová hypotéza sa prijíma, čo znamená, že systematická chyba je štatisticky nevýznamná

- ak $T > t_{0,025(x)}$ - nulová hypotéza sa zamietá a vysloví sa tvrdenie s 95% spoľahlivosťou, že súbor je zaťažený systematickou chybou.

Ak sa má táto systematická chyba odstrániť, je potrebné príslušné hodnoty opraviť o hodnotu rovnajúcu sa opačnej hodnote aritmetického priemeru základného súboru hodnôt.

4. Výpočet stredných súradnicových chýb (správnosti) m_x , m_y a m_z (po odstránení systematickej zložky chyby) podľa vzťahov:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[\delta_{xoi}^2]}{n}} \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{[\delta_{yoi}^2]}{n}} \quad m_z = \pm \sqrt{\frac{[\delta_{zoi}^2]}{n}} \quad [6]$$

Kde: n - počet meraní

δ_{xoi} – opravené hodnoty o δ_x

δ_{yoi} – opravené hodnoty o δ_y

δ_{zoi} – opravené hodnoty o δ_z

5. Stredné súradnicové chyby m_{xy} jednotlivých meraní podľa vzťahu:

$$m_{xy} = \pm \sqrt{0,5(m_x^2 + m_y^2)}$$

Hodnoty nameraných súradníc terčikov elektronickým tachymetrom (referenčné súradnice) a súradníc určených z modelu sú uvedené v Tab. č. 3a. Prehľad odchýlok od merania a celkove zhodnotenie presnosti modelu možno nájsť v Tab. č. 3b.

Tab. č. 3a. Priestorové súradnice terčikov

číslo terčika	Súradnice bodov v m					
	TS 3000 (referenčné súradnice)			merané model		
	Y	X	Z	Y	X	Z
1	423179.206	1250546.803	538.750	423179.167	1250546.828	538.714
2	423185.889	1250551.578	536.540	423185.848	1250551.601	536.499
3	423181.023	1250545.201	538.880	423180.985	1250545.253	538.841
8	423202.521	1250575.476	526.870	423202.552	1250575.478	526.883
9	423196.607	1250563.546	530.880	423196.580	1250563.549	530.862
11	423189.138	1250560.305	533.700	423189.101	1250560.331	533.672
21	423175.037	1250539.424	540.790	423175.022	1250539.452	540.778
23	423190.868	1250558.459	533.660	423190.823	1250558.471	533.632
25	423183.712	1250552.911	536.520	423183.669	1250552.938	536.482
28	423195.048	1250565.402	530.960	423195.030	1250565.420	530.946
30	423173.167	1250541.175	540.700	423173.145	1250541.195	540.686

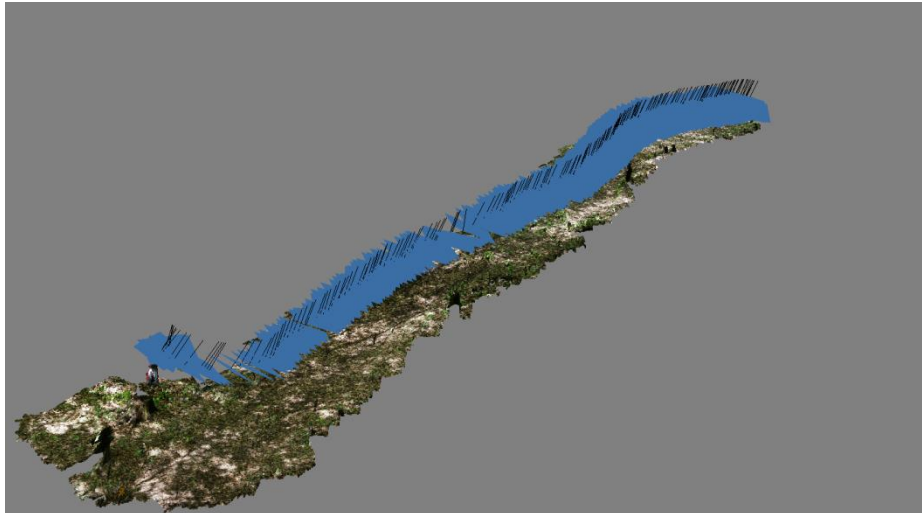
Tab. č. 3b. Strené súradnicové a výškové chyby určenia polohy a výšky referenčných bodov v cm.

číslo terčička	Odchýlka v cm			Odchýlka po odstránení sys. chyby v cm		
	Y(δ_{yi})	X(δ_{xi})	Z (δ_{zi})	Y δ_{yot}	X δ_{xot}	Z δ_{zot}
1	3.9	-2.5	3.6	1.2	-0.3	1.3
2	4.1	-2.3	4.0	1.4	-0.2	1.7
3	3.8	-5.2	3.9	1.2	-3.0	1.6
8	-3.1	-0.2	-1.3	-5.8	2.0	-3.6
9	2.6	-0.3	1.8	0.0	1.8	-0.5
11	3.7	-2.6	2.8	1.0	-0.4	0.5
21	1.5	-2.8	1.2	-1.1	-0.6	-1.1
23	4.5	-1.2	2.8	1.8	0.9	0.5
25	4.3	-2.7	3.8	1.7	-0.6	1.5
28	1.7	-1.8	1.4	-0.9	0.4	-0.9
30	2.2	-2.0	1.4	-0.5	0.1	-0.9
<hr/>						
arit. Priemer (δ)	2.7	-2.1	2.3			
smer. Odchýlka ($S\delta$)	2.1	1.3	1.5			
Spoľahlivosť (T)	4.035	5.249	4.740			
krit. hodnota $t_{0,025}$		2,228				
Početnosť n		11				
Správnosť m	3.40	2.50	2.8	2.10	1.30	1.50
m_{yx}, m_z		3.00	2.80		1.70	1.50

VÝSLEDKY A ZÁVER

Samotný postup spracovania snímkového materiálu pre vytvorenie digitálneho modelu reliéfu v softvérovom produkte AGISOFT nebol primárne predmetom riešenia v danej etape skúmania, ale len prostriedok na vytvorenie DMT alebo DMR, mračien bodov a základnej vizualizácie. Vplyv rôznych nastavení pri tvorbe modelov na ich presnosť bude predmetom ďalšieho výskumu. Modely z oboch lokalít modifikovaných postupov pozemnej fotogrametrie s doplnenou textúrou vidieť na obrázku 4a,b, a 5a,b. Dôležité bolo, aby celý proces prebiehal maximálne automatizovane.

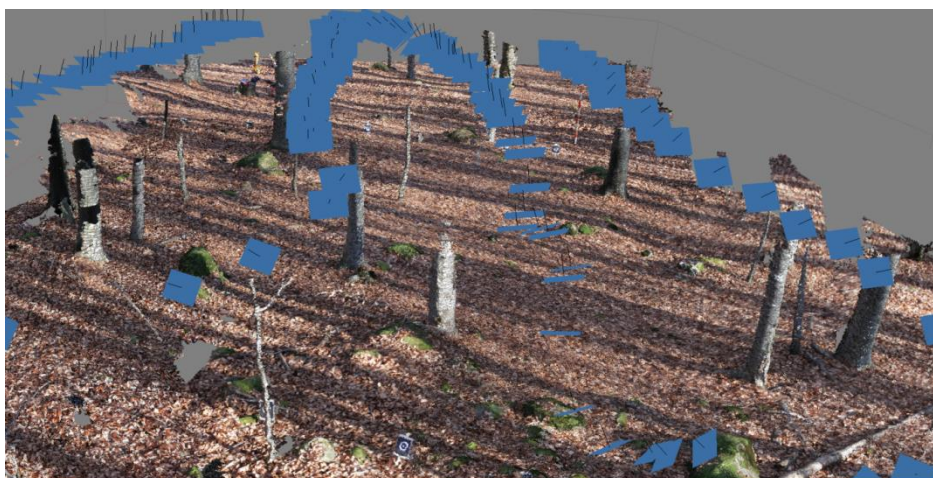
Na základe porovnania referenčného bodového poľa a bodového poľa získaného z digitálneho modelu reliéfu môžeme konštatovať, že presnosť takto určených bodov je dostatočná (aj pre podrobné precízne vyhodnocovanie reliéfu), čo predstavuje polohovú presnosť $m_{xy} = 1.7$ cm a výškovú presnosť $m_v = 1.5$ cm po odstránení systematickej zložky. Systematickú zložku chyby modelu reprezentuje aritmeticky priemer odchýlok s ohľadom na znamienko. Testovaním hypotéz bola zamietnutá nulová hypotéza na 5% hladine významnosti a prijatá alternatívna hypotéza. Možno zhodnotiť, že model je systematicky vychýlený vo všetkých súradniciach (x, y, z) a je ho potrebné o systematickú zložku upraviť.



Obr. 4a Model cesty s pozíciami kamery v čaše expozície



Obr. 4b Model časti cesty s detailom na mikrorelief



Obr. 5a Model porastu s pozíciami kamery v čaše expozície



Obr. 5b Model porastu s detailom na mikrorelief

Spôsob vytvorenia precíznych modelov pomocou DnTP (DynamicTerrestrialPhotogrammetry) pri zachovaní dostatočnej presnosti a spoľahlivosti je vhodným doplnkom pre zber základných dát, modelovanie a meranie mikroreliefu menšieho rozsahu, pretože domeriavanie chýbajúceho detailu bežne používanými technológiami je časovo, finančne a technologicky náročné, vyžaduje si značné skúsenosti v odbore (napr. geodézia, fotogrametria), ba v požadovanej kvalite a hustote bodov mnohokrát nemožné. Po transformácii DMR do súradnicového geodetického systému je možné aj v bežne dostupných softvérových produktoch tieto spájať a kombinovať s modelmi vytvorenými pomocou leteckej fotogrametrie a laserového skenovania. Vzniká tak zaujímavý informačný zdroj o teréne využiteľný v mnohých odboroch (archeológia, krajinná ekológia, lesníctvo) výskumnej a prevádzkovej praxe, ktorým sa zaoberali aj Chudý F., et. al.[3], a Frastia, M.: [4]. Najpodstatnejšia je tvorba kvalitných bodových mračien s vysokou hustotou na meter štvorcový. Z týchto bodových mračien sa v špecializovaných softvéroch odvodzujú potrebné informácie, ako napríklad hrúbky stromov v rôznych výškach, výtvarnice stromov a podobne. Na obrázku 6a,b je znázornené kmene, ktoré boli zachytené a vygenerované pri modelovaní mikroreliefu. Aplikáciou dynamickej pozemnej fotogrametrie sa podobnejšie venuje viacerí autori, napr. Chudý, F. et al., [3], Paško, M. et al., [5].



Obr. 6a Generovaný model kmeňa



Obr. 6b Zachytená časť kmeňa

Príspevok vznikol vďaka 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

- [1] Agisoft manuál, dostupné na internete: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan_1_2_en.pdf
- [2] Böhm, J., Radouch, V., Hampacher, M., 1990: Teória chýb a vyrovnávací počet. GKP Praha, 416 s. ISBN 80-7011-056-2
- [3] Chudy, F., Sadibol, J., Tunak, D., Pasko, M., Belacek, B., Slamova, M.: Detailed mapping of anthropogenic and natural micro-relief forms in forest stands. **References:** 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-12-4 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Book 2, Vol. 3, 137-144 pp
- [4] Frastia, M.: Creation of the Accurate Spatial Models of Historical Objects by the Close-range Photogrammetry Method, Acta Montanistica Slovaca, vol.1, pp. 34-40, 2008.
- [5] Paško, M., Chudý, F., Kalafut, M., Celer S.: Dynamická pozemná fotogrametria - nová metóda a jej využitie, dostupné na internete: http://www.ssfdp.sk/prispevok_Pasko_Chudy_Celer_Kalafut_v2.pdf