



Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Katedra fyzickej geografie a geoekológie

Klub učiteľov geovied

odborná skupina pri Slovenskej geologickej spoločnosti pri SAV

Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov

Projekt KEGA č. 088UK-4/2013

Drony a ich využitie v geovednom výskume

TEXT K PREDNÁŠKE

Mgr. Ján Sládek, PhD.

2015

Realizáciu prednášky podporila:

KEGA č. 088UK-4/2013: Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov

Bezpilotné lietajúce zariadenia

Bezpilotné lietajúce zariadenia sú akékoľvek zariadenia schopné letu bez ľudskej posádky na palube, ktorá takéto zariadenie riadi – pilotuje. Tieto zariadenia majú rôzny tvar a typ pohonu. V médiách a laickej verejnosti sa najčastejšie stretávame s pojmom *dron*. V odborných kruhoch sú však zaužívané pomenovania vychádzajúce z anglického prekladu skratiek – *UAV (Unmanned Aerial Vehicle – bezpilotné lietajúce zariadenie)*, *RPAS (Remotely Piloted Aircraft Vehicle – diaľkovo ovládané lietajúce zariadenie)*, *UAS (Unmanned Aerial System- bezpilotný lietajúci systém)*.

Hoci sa u nás o bezpilotných lietajúcich systémoch hovorí iba posledných niekoľko rokov, takéto zariadenia vo svete existujú už niekoľko desaťročí. Ich počiatky a vývoj boli späté s vojenským priemyslom. Medzi prvé bezpilotné lety možno zaradiť nasadenie teplovzdušných balónov bez ľudskej posádky vybavených náložami vo vojne Rakúsko-Uhorska proti Benátskej republike v roku 1849 (Watts et al. 2009). Ich masívnejšie využitie v civilnom sektore sa začalo až koncom 20. storočia. Postupnou miniaturizáciou, cenovou dostupnosťou a masovejším prienikom do bežného života sa bezpilotné systémy postupne stávajú pomocníkmi v médiách, fotografovaní, videoprodukcii, poľnohospodárstve, lesníctve, vede a výskume, ale aplikácie s použitím bezpilotných systémov sa dajú využiť napr. aj v stavebníctve, priemysle, geodézii, kartografii, doprave či architektúre a mnohých iných odvetviach. Výstupmi podľa druhu použitých snímačov potom môžu byť letecké fotografie, digitálne modely reliéfu, 3D modely rôznych objektov, ortofoto mapy, mračná bodov, rôzne dátové sady zo snímačov atď. Prednáška je zameraná na predstavenie využitia bezpilotných systémov v civilnom – geovednom výskume.

Vo svojej podstate predstavuje bezpilotný prostriedok nosič zariadení pre zber dát. Vzhľadom na to, že existuje veľa druhov a tvarov bezpilotných systémov s rozličnými fyzickými parametrami, je tomu potrebné prispôbiť aj náklad, ktorý sú schopné niesť. Pre geovedné aplikácie sú ako zariadenia pre zber dát zaujímavé a použiteľné rozličné druhy fotoaparátov (od jednoduchých kompaktných po digitálne zrkadlovky), videokamery, termo-, multi- a hyperspektrálne kamery, LiDAR-y, rôzne analyzátory plynov a mnohé ďalšie senzory. V bežnej praxi za však zatiaľ najčastejšie stretneme s použitím fotoaparátov, preto bude v nasledujúcich kapitolách venovaná širšia pozornosť zberu dát práve týmito snímačmi.

Pokiaľ uvažujeme o aplikácii bezpilotných systémov pre geovedné účely, a zároveň si tento spôsob zberu dát predstavujeme ako úplnú novinku, nie je to celkom tak. Málokto vie, že jedným z prvých pokusov nasadiť bezpilotné systémy v službách vedy na území Československa boli koncom 70. a v 80. rokoch 20. stor. pracovníci Geografického ústavu ČSAV v Brne. Počas takmer 20 rokov používali pre zber dát viacero upravených modelov krídel typu Rogallo ovládaných 6 kanálovým vysielačom. Pre zber dát boli použité upravené fotoaparáty Flexaret. Z tohto obdobia vzniklo aj viacero publikácií, či záverečných správ z výskumu, napr. Plánka 1984, Plánka 1987, Plánka et al. 1983, Kolejka 1987, Kolejka a Petch 1989, Hanzl a Plánka 1992. Táto metóda zberu dát bola najmä pre veľkú náročnosť spracovania údajov bez použitia výkonnej výpočtovej techniky pozastavená.

Legislatívne podmienky prevádzky bezpilotných systémov v SR

Problematika prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov na celoeurópskej úrovni nie je zatiaľ uspokojivo vyriešená. Jednotné európske legislatívne podmienky sú momentálne v príprave, pričom do platnosti by mali vstúpiť až o niekoľko rokov. V súčasnej dobe si legislatívne podmienky prevádzky bezpilotných prostriedkov upravujú jednotlivé národné letecké úrady. V SR spadá prevádzka bezpilotných prostriedkov pod gesciu Dopravného úradu – divíziu civilného letectva. Na web stránke úradu <http://letectvo.nsat.sk/letova-prevadzka/lietadla-sposobile-lietat-bez-pilota/> možno nájsť najnovšie informácie o podmienkach prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov.

Vzhľadom na nastavené podmienky prevádzky UAV v SR spadá použitie UAV pre zber dát v rámci vedeckého výskumu do konania s Dopravným úradom. Konaniu s Dopravným úradom podliehajú všetky UAV alebo modely lietadiel, ktoré sú ťažšie ako 20 kg, alebo používané na komerčné účely (za odplatu), resp. na vykonávanie leteckých prác, pričom za vykonávanie leteckých prác sa chápe aj fotografovanie a natáčanie. To znamená že, ak chce užívateľ alebo organizácia prevádzkovať UAV za vyššie spomenutými účelmi, musí splniť základné podmienky:

1. Poistenie UAV voči zodpovednosti za škodu spôsobenou prevádzkou UAV;
2. Registrácia UAV na dopravnom úrade;

3. Ovládať UAV na účely vykonávania leteckých prác môže iba osoba s osvedčením o odbornej spôsobilosti, t.j. obdobou pilotného preukazu. Pre jeho získanie je potrebné na Dopravnom úrade absolvovať teoretické a praktické skúšky;
4. Vypracovanie prevádzkovej príručky;
5. Povolenie na vykonávanie leteckých prác;
6. Povolenie Ministerstva obrany na letecké snímkovanie

Typy a rozdelenie bezpilotných systémov

Koncom 90-tych rokov 20. storočia sa objavujú prvé UAV nasadené v civilnom sektore pre poľnohospodárske, lesnícke a prieskumné účely. V tejto dobe už existuje pomerne veľké množstvo UAS špecifických tvarov, veľkostí, nosnosti, doletu atď., ktoré výrobcovia dokážu prispôbiť priamo pre daný účel použitia. Zaradiť UAV do jednotlivých skupín nie je z tohto dôvodu jednoduché, aj vzhľadom na to, že mnoho charakteristík týchto zariadení sa vzájomne ovplyvňuje, čo vplýva na ich letové a užívateľské vlastnosti (Sládek a Rusnák 2013). Za jednu zo základných klasifikácií civilných bezpilotných systémov, vychádzajúcu z klasifikácie veľkých lietadiel, možno považovať klasifikáciu zostavenú podľa práce Eisenbeiss 2009 (tab. 1 a tab. 2).

Názov kategórie	Hmotnosť [kg]	Dosah [km]	Výška letu [m]	Výdrž [hodiny]
Mikro UAV	< 5*	< 10	< 150 – 300*	< 1
Mini UAV	< 25 – 150*	< 10	< 300	< 2
AUV s krátkym doletom	25 – 150	10 – 30	3000	2 – 4
UAV so stredným doletom	50 – 250	30 – 70	3000	3 – 6
Vysoko letiace UAV s dlhou výdržou	> 250	> 70	> 3000	> 6

* hodnoty závisia podľa schválených noriem jednotlivých krajín

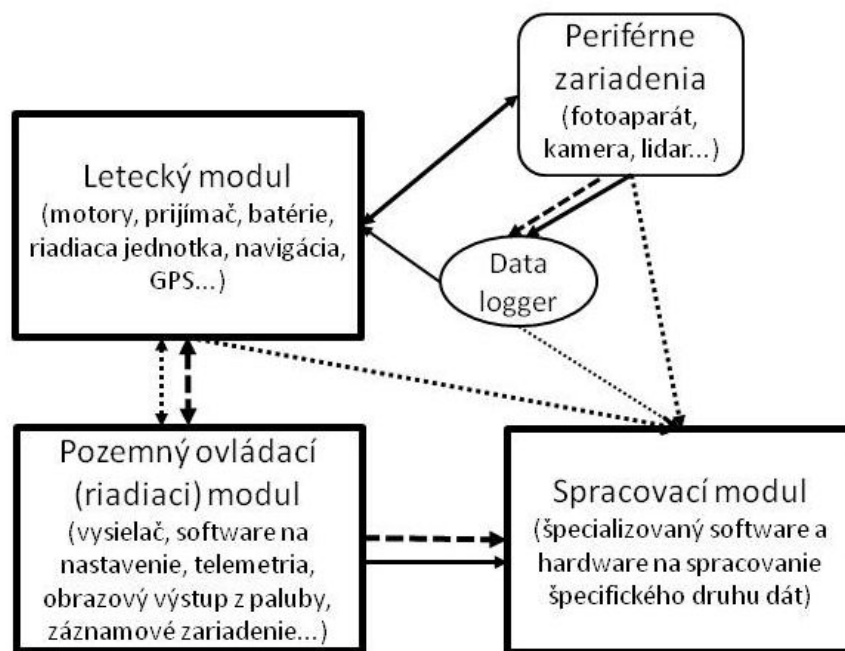
Tab.1: Rozdelenie UAV podľa rôznych kritérií. Upravené podľa Eisenbeiss 2009.

	Lighter than air	Heavier than air		
		<i>Flexible wing</i>	<i>Fixed wing</i>	<i>Rotary wing</i>
Unpowered	Balloon	Hang glider	Gliders	Rotor-kite
		Paraglider		
		Kites		
Powered	Airship	Paraglider	Propeller	Single rotors
			Jet engines	Coaxial
				Quadrotors
				Multi-rotors

Tab.2: Klasifikácia UAV podľa typu pohonu a hmotnosti. Prevzaté z Eisenbeiss 2009.

U nás možno v súčasnosti považovať za najrozšírenejšiu kategóriu bezpilotných prostriedkov tzv. mikro, resp. mini UAV (klasifikácia podľa hmotnosti). Tieto druhy malých prostriedkov disponujú oproti veľkým UAV viacerými výhodami. Svojimi kompaktnými rozmermi sú vhodnejšie na prepravu na miesto, z ktorého majú operovať. Ich prenos na menšie vzdialenosti zvládne jeden alebo dvaja ľudia. Mnohé sa pri Transporte na väčšie vzdialenosti dajú umiestniť do batožinového priestoru bežných osobných motorových vozidiel. Najväčšou prednosťou malých a ľahkých UAV technológií je možnosť výberu času nalietavania a jeho opakovania, ktoré je limitované iba (odhliadnuc od legislatívnych podmienok) vonkajšími poveternostnými podmienkami.

Aj keď v dnešnej dobe existuje nespočetné množstvo rôznych UAS, každý z týchto systémov sa zväčša skladá z troch základných častí – modulov (obr. 1):



Obr. 1: Základné zložky UAS.

1. Letecký modul

Je tvorený samotným lietajúcim zariadením, v ktorom je umiestnená riadiaca elektronika a ktoré nesie záznamové zariadenie (videokamera, spektrálna kamera, lidar, fotoaparát...). Na palube sa nachádza prijímač signálu z riadiaceho modulu (vysielača) pracujúci zväčša na frekvencii 2,4 GHz. Dnešné systémy sú zväčša počítačovo riadené, takže do komunikácie medzi spárovaným vysielačom a prijímačom nie je možné bežným spôsobom zasiahnuť. Navigáciu v priestore umožňuje navigačná a IMU (Inercial Measurement Unit) jednotka. Výšková stabilizácia potrebná pri snímkaní je zabezpečená výškomerom, prípadne údajmi z GPS. UAV môžu byť voliteľne rozšírené ovládacími modulmi pre jednotlivé periférne pripojené záznamové zariadenia a umožňujú tak prenos dát na zem alebo do záznamového úložiska (dátová karta, hard disk a pod.).

2. Ovládací (riadiaci) modul

V kategórii mikro a mini UAV je to najčastejšie vysielač alebo sústava vysielačov, na ktoré môžu byť napojené rôzne moduly (napr. telemetrické, záložné a pod.) potrebné pre bezpečné ovládanie letového modulu. Ovládací modul môže ovládať letové zariadenie tromi

spôsobmi. Prvý je priamy - manuálny, kedy operátor(i) zo zeme riadi pohyb stroja, jeho funkcie a funkcie pripojených periférnych zariadení na palube pomocou vysieláča alebo počítača. Druhý spôsob je automatický, kedy sa do lietajúceho zariadenia naprogramuje dráha letu (väčšinou podľa navigačných bodov importovaných do navigačného modulu na palube), miesto pristátia a činnosť, ktorú má zariadenie vykonávať počas letu (snímkovanie, natáčanie videa, zber dát pomocou lidarů atď.). Taktiež je možné prednastavenie azimutu či sklonu týchto záznamových zariadení vzhľadom k horizontálnej rovine. V takomto móde je väčšina zariadení schopných autonómneho letu, ktorý však podľa rozhodnutia Dopravného úradu u nás nie je povolený, preto musí byť operátor schopný kedykoľvek prevziať kontrolu nad zariadením. Tretí spôsob ovládania predstavuje kombináciu predchádzajúcich dvoch – poloautomatické riadenie, kde sa niektoré kroky môžu naprogramovať pre automatickú funkčnosť a operátor sa potom môže sústrediť napríklad iba na pilotovanie alebo iba na zber dát. Podľa legislatívnych podmienok prevádzky bezpilotných zariadení je potrebné, aby sa pilot-operátor sústredil iba na pilotovanie a kontrolu zariadenia.

3. Spracovací modul

Predstavuje súbor softwarových a hardwarových produktov navrhnutých pre spracovanie konkrétného druhu získaných dát. V geografii, geológii, kartografii, geodézii a iných príbuzných disciplínach sa UAV používajú predovšetkým na zber obrazových dát za účelom tvorby 3D modelov povrchu, modelov budov, DMR (digitálneho modelu reliéfu) alebo ortofotosnímkov. Pre spracovanie týchto dát dnes existuje niekoľko softwarových možností založených na open source alebo komerčných technológiách.

Mobilné mapovanie

Technológie UAV sú v geovedných aplikáciách často využívané na získavanie základnej bázy údajov (presné ortofotosnímky, digitálne modely terénu). Ďalej majú potenciál sa presadiť ako široko využiteľné a flexibilné mobilné mapovacie jednotky. Neitzel a Kolonowski (2011) rozdelili proces mobilného mapovania pomocou UAV do piatich krokov, pričom za najpodstatnejšie možno považovať nasledujúce tri kroky.

1. Proces výberu vhodnej platformy UAV

Výber vhodnej platformy závisí od účelu snímkovania, typu, váhy a približnej veľkosti snímača použitého pre zber dát. Nemenej dôležitá je aj veľkosť územia, ktoré plánujeme snímkovať. Kým pre malé, bodové lokality, prípadne snímkovanie objektov sú vhodné predovšetkým rotorové platformy, ktoré sú schopné letu pomalými rýchlosťami, vysokou mierou manévrovateľnosti aj v malých priestoroch, pre rozľahlé územia sú vhodnejšie krídlové nosiče letiace ustálenou rýchlosťou a väčšou výdržou.

2. Proces získavania dát

Závisí od použitého zariadenia pre získavanie dát. Vo všeobecnosti je potrebné skontrolovať záznamové zariadenie a nastaviť ho na požadované hodnoty zberu. Na malých UAV nosičoch sa pre fotogrametrický zber dát najčastejšie používajú digitálne fotoaparáty, preto je potrebné venovať zvýšenú pozornosť ich nastaveniu a funkcionalite.

Samotnému zberu dát pomocou bezpilotných zariadení by malo predchádzať získanie všetkých potrebných povolení na snímkovanie (napr. súhlas od majiteľa pozemku a pod.), rekognoskačný prieskum, kde pilot určí miesto vzletu, pristátia, prípadne núdzové postupy, všíma si možné prekážky, ktoré môžu ohroziť plánovaný let a pod. V ďalšom kroku je potrebné vypracovať letový plán, zistiť stav počasia v deň letu a zistiť využitie vzdušného priestoru v mieste snímkovania v prípade potreby koordinovať svoju činnosť s riadením letovej prevádzky. V prípade, že požadovaným výstupom má byť priestorovo priradený digitálny model reliéfu alebo ortofotosnímka, pred samotným snímkovaním je potrebné vhodne rozmiestniť a presne zamerať tzv. vlícovacie body, pomocou ktorých sa pri spracovaní požadovaný produkt priestorovo referencuje.

Samotné snímkovanie je následne možné vykonať podľa druhu použitého zariadenia buď manuálnym riadením platformy, alebo (polo)automaticky letom po navigačných bodoch, ktoré boli pripravené pri vypracovaní letového plánu.

3. Proces spracovania dát

Vyhodnocovanie dát získaných z UAV a ich fotogrametrické spracovanie predstavuje v dnešnej dobe omnoho jednoduchší spôsob, ako tomu bolo pred pár rokmi. Pre spracovanie dát existuje niekoľko voľných, ale aj komerčných produktov. V tomto prípade ale platí, že

komerčné softvérové riešenia väčšinou predstavujú univerzálnejší, užívateľsky prívetivejší a jednoduchší spôsob spracovania dát. Nevýhodou je pomerne veľká cenová náročnosť, rádovo niekoľko tisíc EUR. Pretože sa pre (fotogrametricky) zber dát používajú predovšetkým nemeračské kamery, je z určitých dôvodov potrebný zber veľkého objemu dát. Neraz je to z jedného snímkovania aj niekoľko GB dát. Ich spracovanie je preto pomerne náročné na výpočtovú kapacitu.

Pri spracovaní je možné z nasnímaných údajov generovať rôzne druhy dát, napr. letecké pohľadové snímky, ortofoto snímky, mračná bodov, digitálne výškové alebo digitálne modely reliéfu a mnoho ďalších parametrov vychádzajúcich zo spracovania primárnych dát. Výsledné produkty je možné importovať do rôznych GIS alebo CAD softvérov, a ďalej tak s nimi pracovať a analyzovať ich.

Vybrané príklady aplikácií UAV

V nasledujúcej kapitole prinášame niekoľko aplikácií, pri ktorých boli použité ako nosiče záznamových médií bezpilotné lietajúce prostriedky.

Monitoring avulzného koryta rieky Ondava pri Stropkove

Avulzné koryto vzniklo po troch povodňových udalostiach v roku 2010 – Q_{culm} $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (17. 5.), $220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (4. 6.) a $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (29. 7.) – zodpovedajúcich 1 – 5 N ročným prietokom. V tomto roku došlo k dočasnému sprietočneniu koryta. Monitoring realizujeme po obdobiach s významnejšími prietokmi v koryte, pri ktorých sa v danom území predpokladá výraznejšia miera brehovej erózie. Prvý nálet územia sa uskutočnil začiatkom leta v roku 2012 a pozostával zo 78 snímok, ďalšie dva boli vzhľadom na pomerne suchý rok 2013 realizované až začiatkom apríla (259 snímok) a v júli 2014 (375 snímok). Na polohové priradenie bolo použitých 12, 21, resp. 18 vlícovacích bodov. Monitoring zahŕňa vyhotovenie série ortofotosnímkov, mračna bodov a digitálnych modelov reliéfu, resp. digitálnych výškových modelov daného územia. Význam monitoringu spočíva najmä v sledovaní vývoja momentálne trvalo neprietočného koryta (prietočného iba za vyšších vodných stavov) v rámci nivy a následkov erózie brehu na poľnohospodársku pôdu. Z vyhotovených snímok bolo zistené, že za sledované obdobie v danom úseku pravý breh erodoval priemerne okolo 4,5m. Príklady dokumentujúci pohyb brehovej línie je na sérii obrázkov 2 až 4.



Obr. 2: Výrez hrany brehu na ortofotosnímce zo septembra 2012.



Obr. 3: Výrez hrany brehu na ortofotosnímke z apríla 2014.



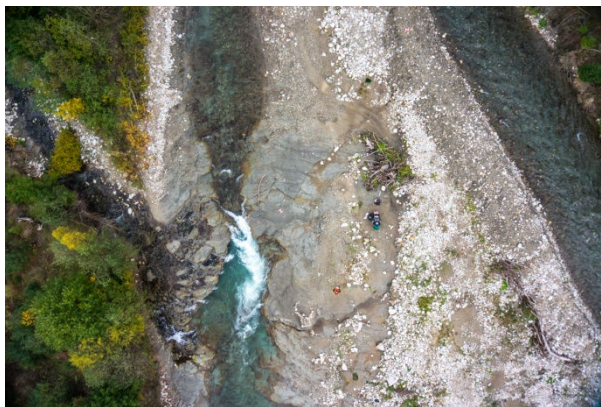
Obr. 4: Výrez hrany brehu na ortofotosnímke zo júla 2014.

Mapovanie úseku rieky Belá ohrozeného hĺbkovou a bočnou eróziou

Na jeseň v roku 2015 bol nalietaný približne 1,4 km úsek rieky Belá (obr. 5) neďaleko Vavrišova, ktorá sa odnesením štrkov začala zarezávať do paleogénneho podložia, pričom intenzita zarezania v niektorých úsekoch dosiahla cca 1,5 m za rok (obr.6). Keďže rieka v tomto úseku podmýva ľavý breh, ktorý tvorí vyzdvihnutá kryha paleogénu vysoká približne 30 m, pôsobí ako destabilizujúci element brehu, čo spôsobilo jeho zosúvanie do koryta. Získané dáta budú použité na mapovanie a zmenu fluviálnych foriem na dne doliny, ako aj na výpočet objemu odneseného materiálu z podtínaných brehov. Predbežné výsledky sú na obrázkoch 7, 8 a 9.



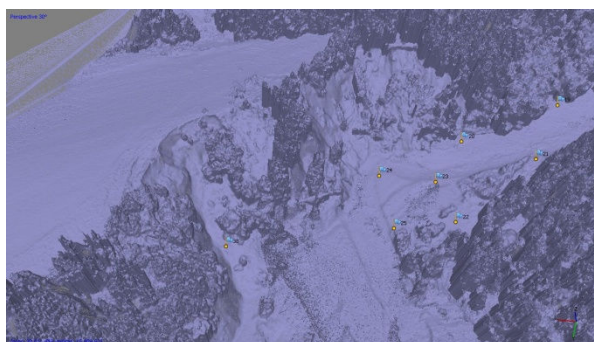
Obr. 5: Monitorovaný úsek rieky.



Obr. 6: Hĺbková erózia rieky v paleogénnom podloží.



Obr. 7: Výrez z DEM zachytávajúci podtínaný svah.



Obr. 8: Výrez DEM zhotovený z nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN).



Obr. 9: Ortofotostnímkou mapovaného úseku s rozlišením 5 cm/px.

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone

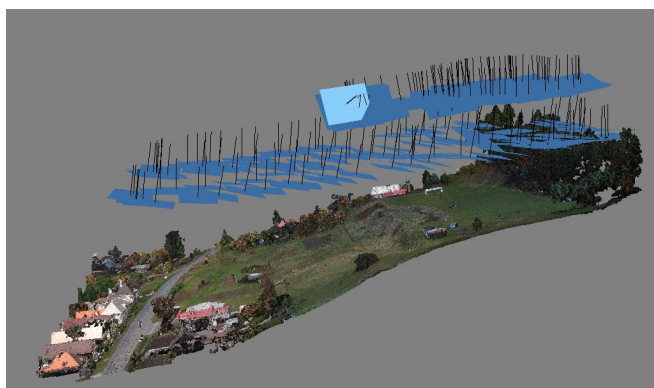
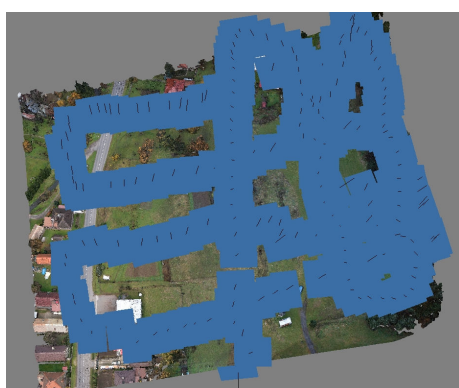
Monitorované územie sa nachádza v intraviláne obce Svätý Anton. Svahová deformácia je situovaná približne v strede obce po ľavej strane na ceste zo Svätého Antona do Prenčova (obr. 10). Prvá zmienka o svahovej deformácii pochádza už z roku 1962/63. V súčasnosti došlo k priťaženiu vrchnej časti skúmanej oblasti navážkou za účelom zarovnania a rozšírenia terénu pre výstavbu futbalového ihriska. Z toho dôvodu došlo k odtrhnutiu navážky a vzniku odľučnej hrany polkruhovitého tvaru.

Monitorovanie prebieha pomocou monitorovacej GNSS stanice na osadených 5 monitorovacích bodoch rozmiestnených na telese svahovej deformácie. Na tomto území

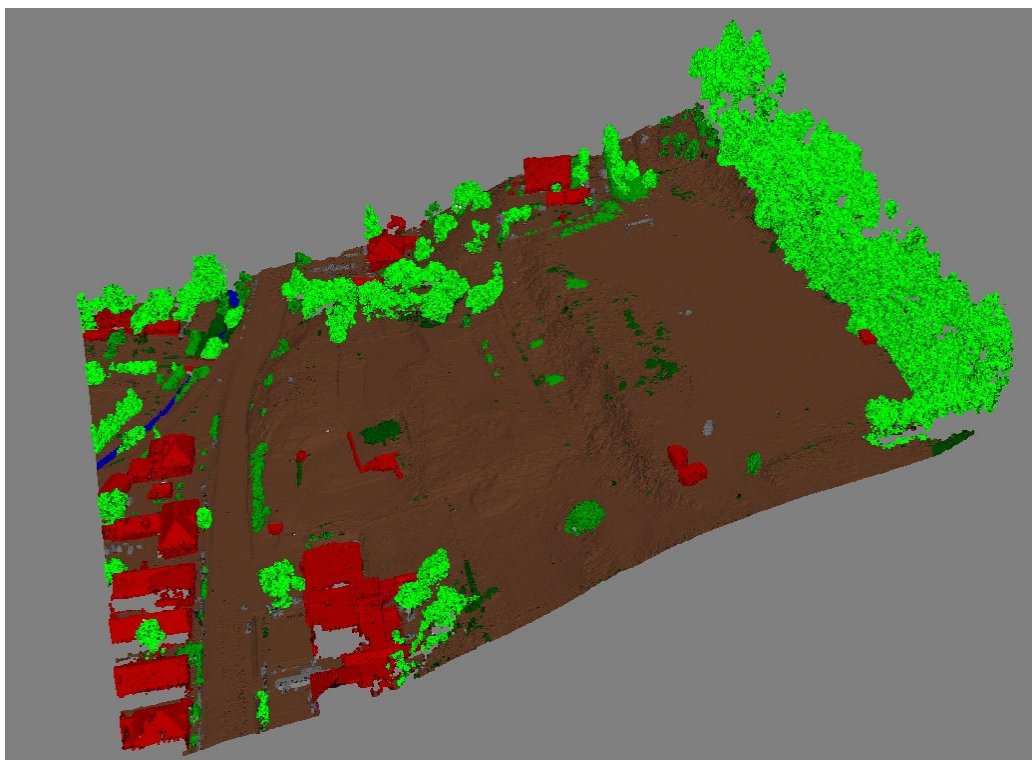
bolo potrebné vytvoriť presný digitálny model reliéfu kvôli spracovaniu a realizácii geofyzikálnych meraní. Pre tento účel bol zvolený zber dát pomocou UAV. Zber dát bol realizovaný počas jednodennej terénnej kampane na jeseň v roku 2014. Teleso svahovej deformácie s rozmermi približne 170 x 200m bolo nalietané približne za 8 minút (obr. 11). Primárnym výsledkom zberu dát je ortofotosnímka a digitálny model reliéfu. Digitálny model reliéfu vznikol klasifikáciou a následným filtrovaním mračna bodov (približne 60 mil. bodov), z ktorého bola odstránená vysoká a stredne vysoká vegetácia, budovy a objekty, ktoré nemali súvis s reliéfom (stĺpy, smetné koše, skládky dreva a pod.) (obr. 12 a 13).



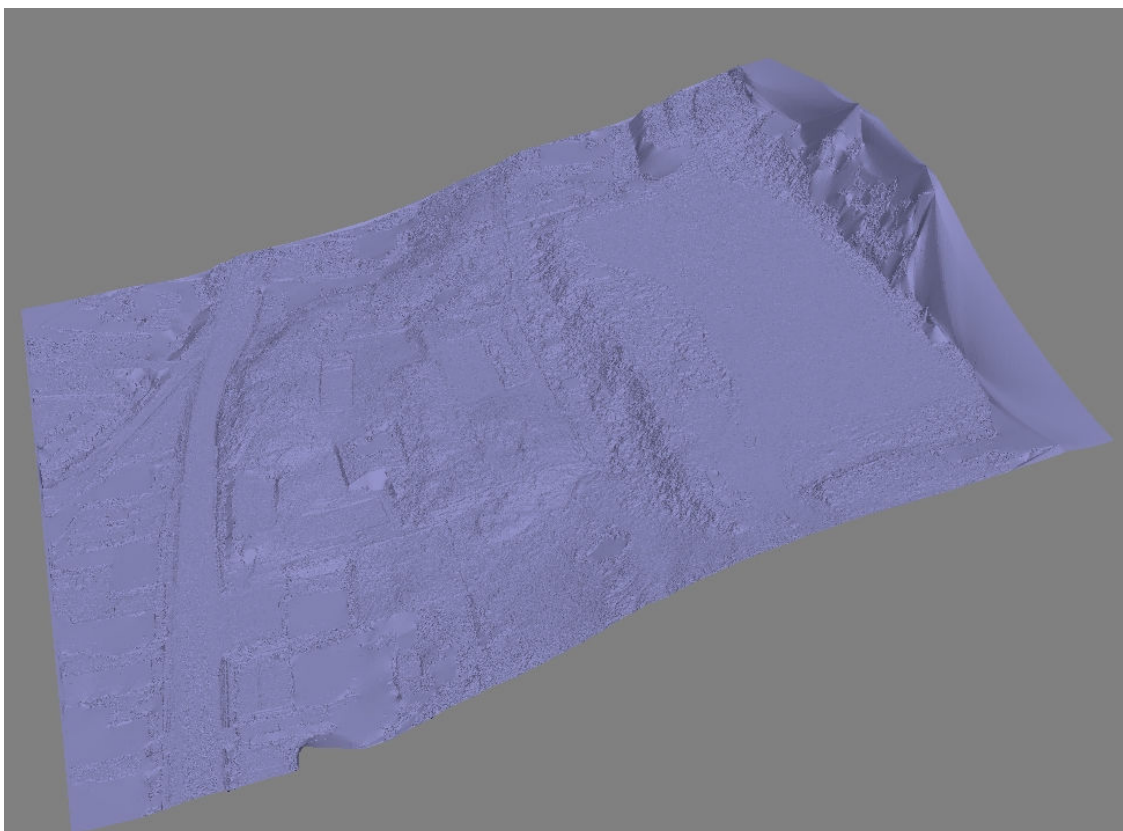
Obr. 10. Pohľad na zosuvné územie vo Sv. Antone.



Obr. 11: Dráha letu pri snímkaní svahovej deformácie z výšky 35 – 55 m nad povrchom.



Obr.12: Klasifikované mračno bodov do jednotlivých tried – vysoká vegetácia, nízka vegetácia, stredne vysoká vegetácia, budovy, vodná plocha, reliéf, ostatné.



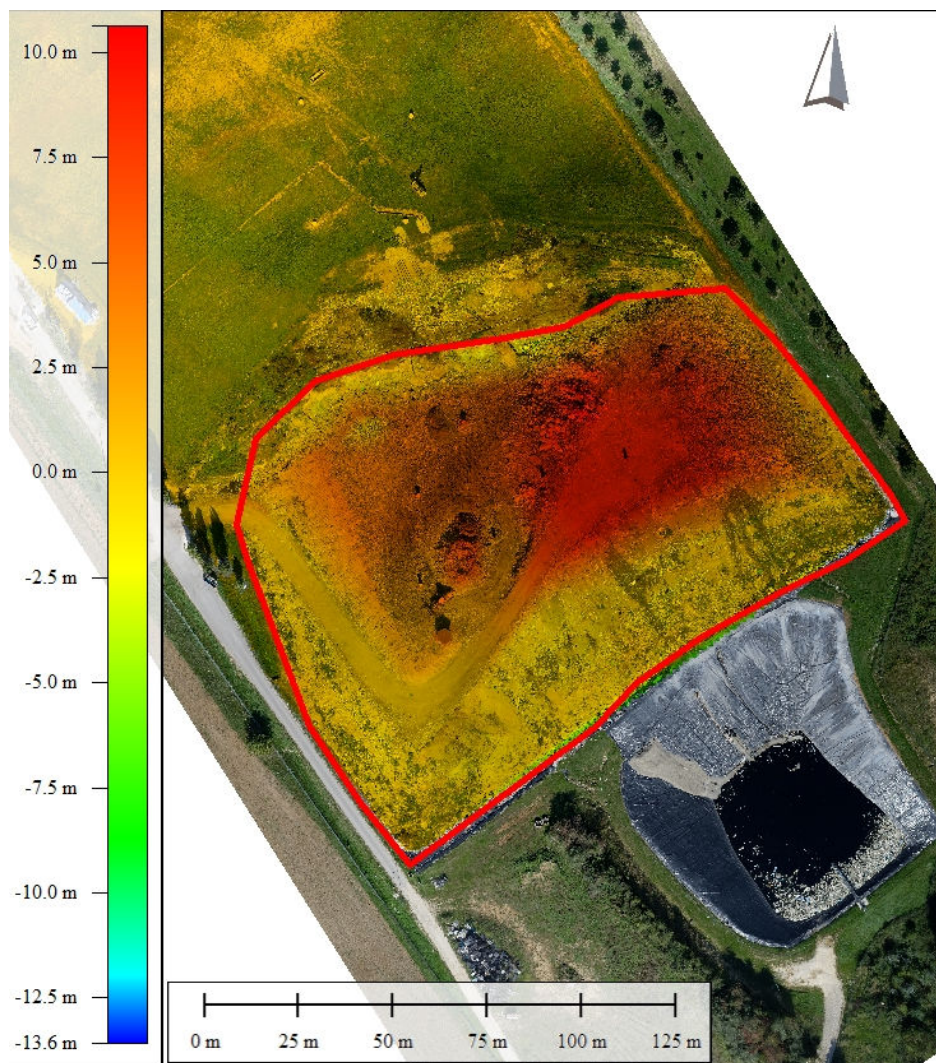
Obr. 13: Digitálny model reliéfu vyfiltrovaný od vegetácie, budov a s reliéfom nesúvisiacimi objektami vyinterpolovaný z mračna bodov z triedy „reliéf“.

DMR pre výpočet kubatúr skládky odpadu

Tvorba digitálneho modelu reliéfu bola realizovaná za účelom zistenia reálneho využitia objemu skládky ako aj objemu jej rekultivovanej časti (obr.14 a obr. 15). Na výpočet modelu bolo použitých 84 snímok a model bol referencovaný na 9 vlícovacích bodov. Výsledná ortofotosnímka bola generovaná s rozlíšením 5 cm a samotný digitálny model s rozlíšením 10 cm. Výška letu predstavovala v tomto prípade približne 70 m nad povrchom.



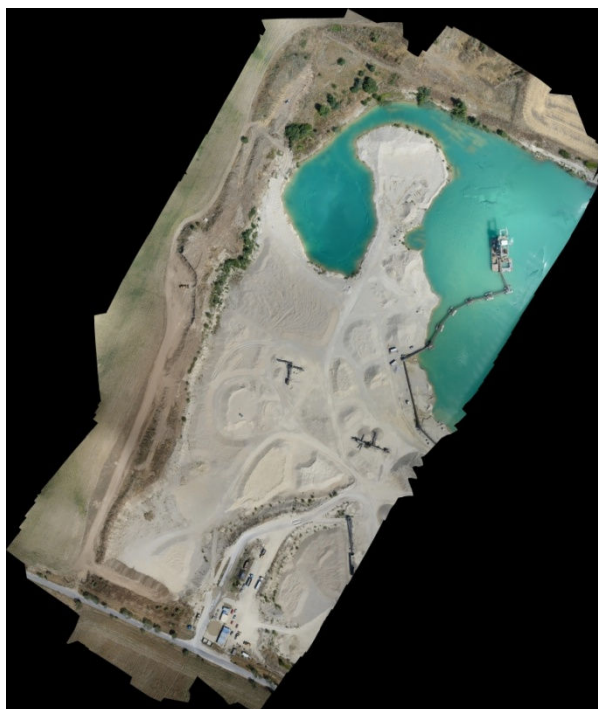
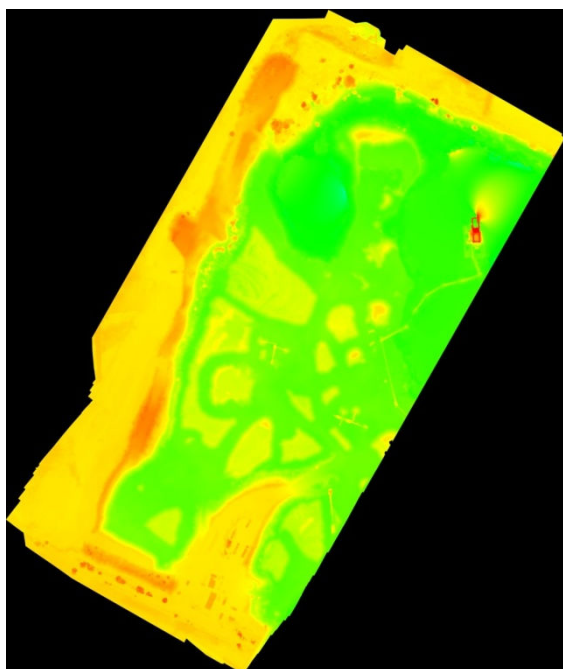
Obr. 14: Tieňovaný a ofarbený DMR skládky odpadov. Zelená farba predstavujú nižšie položené časti, tmavšia vyššie položené časti.



Obr.15: Výrez ortofotosnímky s počítaným areálom (vyznačený červeným polygónom) medzироčného prírastku materiálu.

DMR pre výpočet kubatúr – ťažobný priestor štrkovňa

Pre výpočty objemov vyťaženého materiálu, ako aj reálnych objemov skladovacích priestorov štrku bolo v časti dobývacieho priestoru štrkoviska realizovaných približne 290 kolmých snímok. Výsledkom boli digitálny model reliéfu (obr. 16) a ortofotosnímka (obr. 17) referencované na 15 vlícovacích bodov. Výsledná presnosť je približne 3 cm.



Obr. 16: DMR ťažobnej jamy a skladu štrku. Obr. 17: Ortofotosnímka spracovaného územia

Záver

Použitie bezpilotných lietajúcich prostriedkov je do budúcnosti perspektívnym nástrojom zberu dát aj v geovednom výskume. Hlavnou prednosťou použitia UAV je tvorba doposiaľ „netradičných“ výstupov takmer vo vlastnej réžii, t.j. pohľadových fotografií (netradičné uhly pohľadu na geografické objekty...), mračná bodov a práca s ním, tvorba digitálnych alebo 3D modelov objektov a mnoho ďalších, ktoré otvárajú nové možnosti pri veľkomierkovom výskume. Hlavnou prednosťou je však zber dát s vysokým rozlíšením a do istej miery nezávislosť pri snímkaní, ako aj vysoká presnosť výsledných produktov (ortofoto, digitálne modely reliéfu...). V neposlednom rade je to v porovnaní s nasadením tradičných prostriedkov snímkovania (lietadlá, helikoptéry) aj lacnejší a efektívnejší spôsob zberu dát najmä na malých územiach.

Treba si však uvedomiť, že pri použití UAV je nutnosť dodržiavať platnú legislatívu (o.i. bezpečnostné pravidlá, pravidlá pre pohyb vo vzdušnom priestore atď.). Takisto netreba brať spôsob zberu dát pomocou UAV ako „všemocný“, ktorý ponúka odpoveď na všetky otázky. Zber dát pomocou UAV predstavuje vhodný doplnok napr. k terénnemu výskumu alebo

mapovaniu, tam kde by bolo spomínané neefektívne nasadenie konvenčnej snímkovacej techniky.

Záverom treba zdôrazniť, že priestor pre prednášku neumožňuje poskytnúť vyčerpávajúce informácie o možnostiach a podmienkach prevádzkovania bezpilotných zariadení, preto sme sa pokúsili podať aspoň základné informácie v zhutnenej forme.

Literatúra

Eisenbeiss, H. (2009). *UAV photogrammetry*. Disertation thesis, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. ISBN 978-3-906467-86-3

Hanzl, V., Plánka, L.(1992): *Letecké snímkování z malých výšek s využitím dálkově řízených nosičů a neměřických kamer*. Vojenský topografický obzor. Sborník topografické služby, č. 1, VZÚ Praha, Praha 1992, str. 11 – 12.

Kolejka, J., Petch, J.(1989): *Geografické vyhodnocení digitalizovaných leteckých snímků vodních objektů*. Sborník ČSGS, roč. 94, č. 4, s. 241-248.

Kolejka, J. (1987): *Stav a metody dálkového průzkumu přírodních a antropogenních krajinných struktur na Geografickém ústavu ČSAV v Brně*. Zprávy GGÚ ČSAV, roč. 24, č. 1, s. 17-30.

Neitzel, F., Klonowski, J. (2011). *Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system*. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, September 14 – 16.

Plánka, L., Kirchner, K., Trnka, J.(1983): *Snímkování radiem řízeným modelem letadla v oblasti navrhované státní přírodní rezervace Babín*. Zpracováno pro Správu CHKO Žďárské vrchy, Archív GGÚ ČSAV, Brno, 12 str.

Plánka, L. (1984): *Metoda leteckého snímkování z malých výšek*. Zprávy GGÚ ČSAV, roč. 21, č. 3, str. 3 – 12.

Plánka, L.(1987): *The Use of Radio-controlled Aeromodels for Photography with the View of Remote Sensing of the Earth*. United Nations Training Course "Remote Sensing Applications to Geological Sciences", October 5 - 24, 1987, Dresden, Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, Potsdam 1987, ZIPE, pp. 58 – 69

Sládek, J., Rusnák, M. (2013): *Nízkonákladové mikro-UAV technologie v geografii (nová metoda zberu priestorových dát)*. In Geografický časopis, 2013, roč. 65, č. 3, s. 269-285. ISSN 0016-7193.

Watts, A. C., Kobziar, L. N., Percival, H. F. (2009). *Unmanned Aircraft Systems for Wildland Fire Monitoring and Research*. In: Proceedings of the 24th Tall Timbers Fire Ecology Conference: The Future of Fire: Public Awareness, Health, and Safety, Tallahassee, USA, January 11 – 15.

Mgr. Ján Sládek, PhD.
Geografický ústav SAV
Bratislava