

NÍZKONÁKLADOVÉ MIKRO-UAV TECHNOLOGIE V GEOGRAFII (NOVÁ METÓDA ZBERU PRIESTOROVÝCH DÁT)

Ján Sládek, Miloš Rusnák*

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, geogslad@savba.sk, geogmilo@savba.sk

Low-cost micro UAV technologies in geography (a new method of spatial data collection)

The aim of this paper is to present the possibility of using the micro UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology in geographical research. An UAV can carry a wide range of sensors – such as camera, camcorder – spectral camera, LI-DAR, sensor of temperature, humidity or chemical gas analysers – depending on the load capacity of devices. Micro UAV technology enables data collection with high resolution and accuracy. Their use is recommended in locations where for technical – or safety reasons, there is no access to conventional equipment such as flying aircraft, helicopters, airships or balloons, or their use would be too expensive. From the data obtained by the UAV it is possible to create orthophoto maps, digital elevation models, 3D visualization and reconstructions of different objects on the surface. Authors of this paper outline three examples for application of this technology: orthophoto mosaic of avulsion channel, colorized point cloud part of river dyke, photorealistic 3D model of archaeological site.

Key words: UAV, geography, photogrammetry, 3D modelling

ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Fotografie, mapy a priestorové modely majú v geografickom výskume svoje nezastupiteľné postavenie. Okrem vizualizácie skúmaných javov vedia vhodným spôsobom zostrojené diela podať aj priestorovú informáciu. Dôležitým zdrojom priestorových údajov sú letecké fotografie, meračské snímky alebo ortofotomapy získané a spracované metódami diaľkového prieskumu Zeme (družice LANDSAT, Quickbird, GeoEYE, IKONOS a údaje z leteckého prieskumu¹). Pre mapovanie v malých a stredných mierkach je hlavnou výhodou ich obsahová či informačná hustota a priestorová lokalizácia javov, ktoré zachytávajú. Nevýhoda spočíva v pomerne značnej cene dát a nekontinuitnosti snímkovania územia pre potreby aktuálneho výskumu (satelitné družice obiehajú v intervale niekoľkých dní, resp. týždňov). Problematické môže byť aj použitie takýchto snímok pri veľkomierkovom mapovaní, kde nemusia poskytovať dostatočnú hustotu informácií. Navyše, ak je potrebné operatívne snímkovanie malého územia niekoľko ráz ročne (napr. monitoring životného prostredia), môže byť nasadenie snímkových lietadiel či vrtuľníkov neefektívne. Z týchto príčin je výhodné využiť na účely veľkomierkového mapovania krajiny a javov v nej prebiehajúcich UAS (unmanned aircraft systems), ktoré predstavujú veľkú skupinu bezpilotných leteckých systémov na zbieranie priestorových údajov. Do tejto skupiny, spolu s mikro-UAV, ktorým sa v príspevku venujeme, patrí aj široká paleta lietajúcich bezpilotných zariadení, napr. balóny, vzducholode,

¹ Na Slovensku staršie letecké snímky SR poskytuje Topografický ústav Jána Lipského so sídlom v Banskej Bystrici, novšie snímky súkromnej firmy EUROSENSE a GEODIS.

klzáky, paraglajdy, lietadlá a koptery (dvoj- alebo viacrotorové stroje s kolmým štartom), ktoré umožňujú mapovať rôzne veľké územia za relatívne nízku cenu (Hervouet et al. 2011). Hoci sa vo svetovej literatúre pre bezpilotné lietajúce zariadenia bežne používa skratka UAV (Unmanned Aerial Vehicle), môžeme sa stretnúť aj s inými pomenovaniami, napr. DRONE, RPV (remotely piloted vehicle) alebo UAS (Unmanned Aerial System).

V príspevku predstavíme mikro-UAV na báze produktu Mikrokopter hexa (Hexakopter) od nemeckého výrobcu HiSystems GmbH (obr. 1) ako príklad finančne pomerne dostupnej alternatívy k „profesionálnym“ a priemyselne či komerčne používaným UAV. Cieľom je poukázať na možnosti využitia zberu priestorových dát pomocou tejto technológie v geografickom výskume. Ďalej sa pokúsime načrtnúť alternatívy spracovania obrazových dát z týchto nosičov, keďže – vzhľadom na špecifickosť používanej technológie – je použitie klasických fotogrametrických metód značne komplikované.



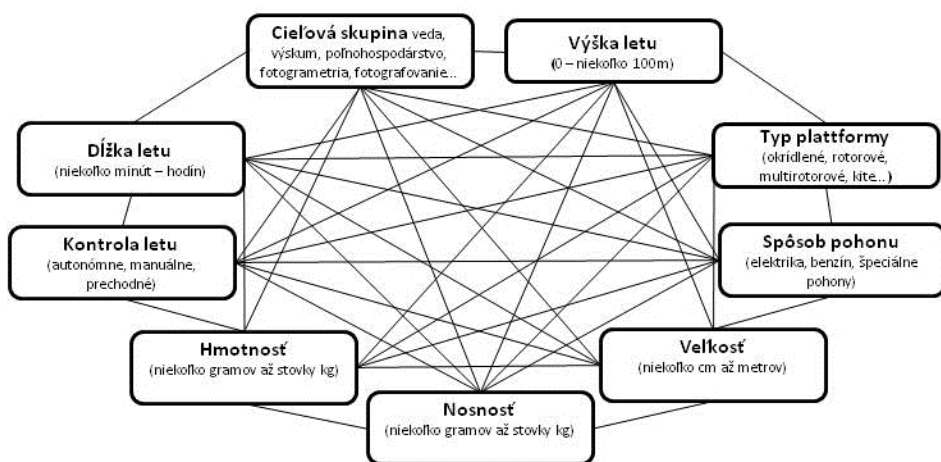
Obr. 1. Príklad mikro-UAV – Hexakopter XL (Mikrokopter HiSystems GmbH)

Multirotorová platforma s nosnosťou 1,5 kg a priemerom 80 cm osadená fotoaparátom Nikon D90 s objektívom Nikon 35mm F1,8G.

UAV AKO MOBILNÉ MAPOVACIE JEDNOTKY

Napriek tomu, že k masívnejšiemu nasadzovaniu UAV v civilnom sektore dochádza len v ostatných rokoch, začiatok ich využívania spadá už do polovice 19. storočia, keď boli viac-menej neúspešne použité bezpilotné teplovzdušné balóny pri bombardovaní Benátok rakúskou armádou (Watts et al. 2010). Až do 90. rokov 20. storočia boli UAV používané takmer výlučne na vojenské účely. Prvé UAV zostrojené v období prvej svetovej vojny boli diaľkovo ovládané okridlené bomby s doletom niekoľko desiatok kilometrov. Počas studenej vojny sa ich vývoj orientoval aj na taktické využitie. Okrem iného boli vybavené fotoaparátmi, prípadne kamerami a mali dolet niekoľko tisíc kilometrov. Koncom 90. rokov 20. storočia sa objavujú prvé UAV nasadené v civilnom

sektore na poľnohospodárske, lesnícke a prieskumné účely. V tom čase už existuje pomerne veľké množstvo UAS špecifických tvarov, veľkostí, nosnosti, doletu atď., ktoré výrobcovia dokážu prispôbiť priamo účelu použitia. Zaradiť UAV do jednotlivých skupín nie je z tohto dôvodu jednoduché, navyše sa mnoho charakteristík týchto zariadení vzájomne ovplyvňuje, čo má dosah aj na ich letové a užívateľské vlastnosti. Všeobecnú klasifikáciu UAV, používaných na civilné účely, podľa vybraných typov zobrazuje obr. 2. Špecifické rozdelenie UAV, resp. UAS (tab. 1 a 2) podáva rad autorov, napr. Watts et al. (2012) alebo Eisenbeiss (2004 a 2009).



Obr. 2. Príklad schémy rozdelenia civilných bezpilotných lietajúcich zariadení (UAV) na skupiny podľa spôsobu použitia, fyzických vlastností platformy a ich vzájomné väzby

Tab. 1. Rozdelenie UAV podľa Eisenbeissa 2004 (upravené)

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
UAV s krátkym doletom	25 – 150	10 – 30	3 000	2 – 4
UAV so stredným doletom	50 – 250	30 – 70	3 000	3 – 6
Vysoko letiace UAV s dlhou výdržou	> 250	> 70	> 3 000	> 6

*hodnoty závisia podľa schválených noriem jednotlivých krajín
 Kategórie sú definované a upravené podľa UVS-international.

Tab. 2. Rozdelenie UAV na základe pohonu a hmotnosti (Eisenbeiss 2004)

Rozdelenie podľa pohonu	Rozdelenie podľa hmotnosti			
	Lahšie ako vzduch	Ťažšie ako vzduch		
		s elastickým krídlom	s pevným krídlom	rotorové
bez pohonu	balóny	závesné klzáky paraglidy závesné krídla	klzáky	rotorové závesné krídla
s pohonom	vzducholode	paraglidy	vrtuľové prúdové	jednorotorové koaxiálne štvorrotorové multi-rotorové

V predkladanom príspevku sa sústreďíme na tzv. technológie mikro-UAV, ktoré oproti väčším UAV modelom disponujú viacerými výhodami. Svojimi kompaktnými rozmermi sú vhodnejšie na prepravu na miesto použitia. Pri transporte na väčšie vzdialenosti sa dajú umiestniť do batožinového priestoru bežných osobných motorových vozidiel nižšej strednej triedy. Tieto technológie sú často využívané na získavanie základnej bázy údajov (presné ortofotosnímky a digitálne modely terénu). Majú potenciál presadiť sa ako široko využiteľné a flexibilné mobilné mapovacie jednotky. Neitzel a Kolonowski (2011) rozdelili proces mobilného mapovania pomocou UAV do piatich krokov. Prvým je proces získania a výberu vhodnej platformy UAV, druhým je proces získavania dát, následne proces spracovania týchto dát, extrakcie objektov a nakoniec ich interpretácia. Výber vhodnej platformy závisí od účelu snímokovania, typu, váhy a približnej veľkosti snímača. Všeobecne technológie UAV umožňujú finančne aj časovo efektívne mobilné mapovanie a detailné zachytávanie priestorových javov vo veľkých mierkach, čím vyplňajú medzeru medzi terénnym mapovaním a klasickým využitím leteckých meračských snímok (Neitzel a Kolonowski 2011 a Kelcey a Lucieer 2012).

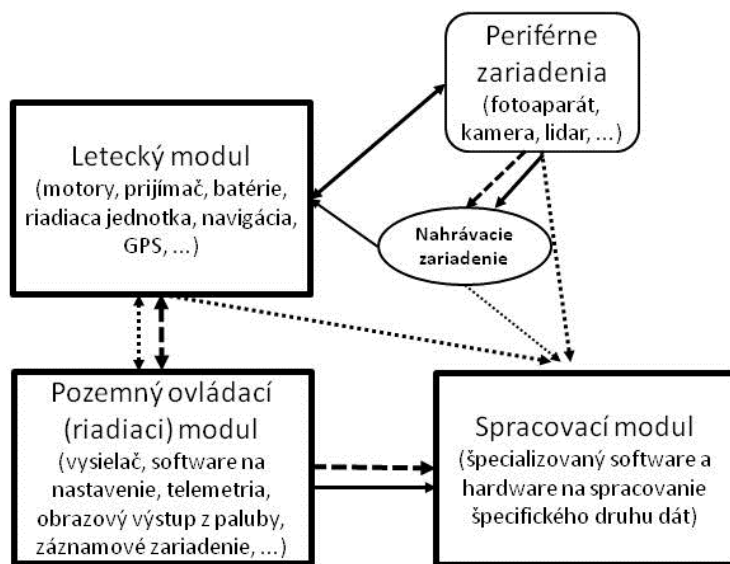
CHARAKTERISTIKA MIKRO-UAV TECHNOLÓGIÍ

Mikro-UAV podľa rozdelenia Eisenbeissa (2004) predstavujú lietajúce zariadenia s hmotnosťou do 5 kg (tab. 1). Ich nosnosť sa najčastejšie pohybuje od niekoľko gramov do 5 kg, čo umožňuje na ich palubu umiestniť bežne dostupné fotoaparáty, kamery alebo rôzne senzory (napr. vlhkosti, teploty, tlaku, množstva CO₂ a iné). Výhodou mikro-UAV technológií sú ich kompaktné rozmery, hmotnosť a vysoká operatívnosť, ktorá umožňuje zachytiť zmeny krajiny, či už zachytením samotného procesu, ktorý krajinu pretvára (napr. povodeň), alebo premenu v čase (napr. priestorové zmeny vegetácie počas ročných období vytváraním časového sledu snímok). Táto metóda sledovania povrchu má však aj limity, najväčšie z nich spočívajú v nosnosti a dĺžke trvania letu. Mikro-UAV s nákladom 1 až 1,5 kg má dĺžku letu 5 až 20 minút v závislosti od zvoleného typu platformy. Technologickými limitmi systému je aj využívanie menej kvalitných nekalibrovaných „low cost“ snímačov, keďže cena

a nutnosť nízkej váhy vedie k redukcii kvality a presnosti (Kelcey a Lucieer 2012). Aj napriek tomu sú mikro-UAV technológie vhodným nástrojom na zachytenie dynamiky krajiny v pomerne krátkom čase. Umožňujú zamerať sa na malé územia a s veľkou presnosťou postihnúť sezónne zmeny (Hervouet et al. 2011). Na jedno nalietanie sú schopné v závislosti od poveternostných podmienok, výšky a rýchlosti letu pokryť snímkami s vysokým rozlíšením územie s plochou až niekoľkých hektárov.

TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA

Základný princíp fungovania každého zariadenia (systému) UAV (UAS) je vo svojej podstate podobný, bez ohľadu na to, do akej kategórie (obr. 2, tab. 1 a 2) ho možno zaradiť. Väčšinu mikro-UAV (UAS) tvoria tri základné moduly: letecký, pozemný ovládací (riadiaci) a spracúvací (obr. 3).



Obr. 3. Schéma základných modulov UAV

Šípky znázorňujú komunikáciu a tok dát medzi jednotlivými modulmi pri zbere informácií (plná šípka – priama komunikácia medzi komponentmi v rámci modulu; čiarkovaná šípka – komunikácia na základe diaľkového prenosu dát; bodkovaná šípka – nepriama – voliteľná komunikácia, dáta sa uložia na záznamové zariadenie; prenos dát je možný po ukončení zberu informácií).

Letecký modul

Tvorí samotný nosič prístrojov, v ktorom je umiestnená riadiaca elektronika a záznamové zariadenie (videokamera, spektrálna kamera, lidar, fotoaparát, ...). Letecký (letový) modul je v prípade spomínaného hexakopteru poháňaný šiestimi elektrickými motormi s ťahom 2 200 g. Motory sú napájané lítiovo-polymérovými batériami s kapacitou 6 600 mAh, čo umožňuje koptéru s nákladom cca 1,2 kg (digitálna zrkadlovka Nikon D90 + objektív Nikor 35mm F1,8G) letový čas 10-13 minút. Na palube sa nachádza prijímač signálu z ria-

diaceho modulu (vysielača) pracujúci na frekvencii 2,4 GHz. Pohyb zariadenia je ovládaný riadiacou jednotkou. Navigáciu v priestore umožňuje navigačná jednotka a pretože obsahuje akcelerometre a gyroskopy, dáta z nej môžu slúžiť aj ako inerciálna meracia jednotka – IMU (Inercial Measurement Unit). Na túto jednotku je pripojená GPS jednotka určujúca polohu stroja so štandardnou presnosťou 2 m pri príjme DGPS signálu. Všeobecne je stabilizácia zariadení dosiahnutá v závislosti od modelu pomocou spomínaných dvoj- alebo trojosových gyroskopov, čo okrem stabilizácie samotnej plošiny umožňuje napr. držať periférne pripojené záznamové zariadenie vo zvolenom sklone alebo smere, bez ohľadu na klopenie, náklon alebo rotáciu lietajúcej platformy (v závislosti od technického vyhotovenia). Výšková stabilizácia potrebná pri snímkaní je zabezpečená výškomerom a vzájomne korigovaná s údajmi z GPS.

Ovládací (riadiaci) modul

Letové zariadenie je možné ovládať tromi spôsobmi. Prvý je priamy – manuálny, pri ňom operátor zo zeme riadi pohyb stroja, jeho funkcie a funkcie pripojených periférnych zariadení na palube pomocou vysielača alebo počítača. Druhý spôsob je automatický – do lietajúceho zariadenia sa naprogramuje dráha letu (väčšinou podľa navigačných bodov importovaných do navigačného modulu), miesto pristátia a činnosť, ktorú má zariadenie vykonávať počas letu (snímkovanie, natáčanie videa, zber dát pomocou LIDAR-u atď.). Taktiež je možné prednastavenie azimutu či sklonu týchto záznamových zariadení voči horizontálnej rovine. Tretí spôsob 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 zber dát.

Spracúvací modul

Predstavuje súbor softvérových produktov navrhnutých pre spracovanie konkrétneho druhu získaných dát. V geografii, kartografii, geodézii a iných príbuzných disciplínach sa UAV používajú predovšetkým na zber obrazových dát s cieľom tvorby 3D modelov povrchu, modelov budov, DMR (digitálneho modelu reliéfu) alebo ortofotosnímkov.

Zástupcom tradičného fotogrametrického spracovania leteckých snímok je pomerne často používaný modul LPS (Leica Photogrametric Suite). V posledných rokoch sa však na trh s komerčnými produktmi dostávajú softvérové riešenia (napr. Agisoft PhotoScan, Pix4D, Trimble Business Center), ktoré sú intuitívnejšie na ovládanie a užívateľom umožňujú automatizovane alebo poloautomatizovane vytvárať ortofotomozaiky, digitálne modely reliéfu alebo 3D modely objektov a zemského povrchu. Okrem komerčných licencií sú voľne dostupné použiteľné programy, ktoré sú väčšinou uvoľnené pre nekomerčné použitie, napríklad AirphotoSE, ARC3D, Bundler, moduly CMVS/PMVS2 a Microsoft Photosynth. Mnoho druhov voľne dostupných (open source) riešení nebolo primárne navrhnutých pre prácu s výstupmi z UAV a tvorbu ortofotomozaiky alebo DMR, preto je ich použitie v mnohom komplikovanejšie. Ich veľkou devízou je však „otvorenosť“ pre koncového užívateľa, kde môže vstupovať a upravovať zdrojový kód a „prispôbiť“ si produkt podľa svojich potrieb.

LETECKÁ PREVÁDZKA UAV TECHNOLOGIÍ

Neoddeliteľnou súčasťou prevádzky mikro-UAV je poznanie jeho limitov a potenciálneho nebezpečenstva súvisiaceho s prevádzkou. Hoci v prípade mikro-UAV technológií je to iba niekoľko gramov či kilogramov, môžu tieto zariadenia pri nesprávnom používaní alebo poruche s následkom pádu spôsobiť škody na majetku a vážne zranenia. Pred každým letom je preto potrebné vykonať technickú prehliadku zariadenia a pri elektricky poháňaných modeloch preveriť stav akumulátora a jeho kapacitu, najmä pokiaľ ide o prevádzku kopterov. Pri strate RC signálu vplyvom rušenia, veľkej vzdialenosti alebo nepriestupnosti signálu cez prekážky dochádza k znemožneniu komunikácie medzi UAV a vysielačom, a teda ku strate kontroly nad strojom. Ak by predsa došlo k rušeniu signálu, väčšina dnes vyrábaných modelov a UAV obsahuje tzv. „fail safe“ modul alebo mód. Ten pri strate signálu umožňuje podľa konfigurácie buď zastaviť – „zavesiť“ stroj vo vzduchu, prípadne znížiť výkon rotorov na predvolenú hranicu a klesnúť na zem (koptery), vyhľadať miesto, kde bol signál naposledy zachytený (koptery a okrídlené UAV) alebo vrátiť sa na miesto štartu a pristáť (koptery).

Prevádzka zariadenia si vyžaduje zvýšenú pozornosť aj v súvislosti s leteckou premávkou. Hoci mikro-UAV zväčša operujú v malých výškach, nie je vylúčené, že sa v ich letovej hladine môžu vyskytovať aj „veľké“ lietadlá, vrtulníky či iné lietajúce objekty. Lietajúce objekty prevádzkované vo vzdušnom priestore SR sa riadia podľa predpisu L2 – Pravidlá lietania (vydaným Ministerstvom dopravy, pôšt a telekomunikácií 2009), v ktorom sa uvádza v hlave 3, ustanovení 3.1.2: *„Okrem vzletu a pristátia alebo prípadu, keď letecký úrad vydal povolenie, sa lety nad husto zastavanými miestami alebo nad zhromaždiskom ľudí na voľnom priestranstve musia vykonávať v takej výške, ktorá umožní v prípade vzniknutého nebezpečenstva pristátie bez obmedzenia osôb alebo majetku na zemi.“* Ďalej v hlave 4 (Pravidlá na let za viditeľnosti – tzv. VFR let), v ustanovení 4.6, písmena a) sa uvádza: *„Okrem vzletu a pristátia alebo prípadu, keď letecký úrad vydal povolenie, sa let VFR nesmie vykonávať nad husto zastavanými miestami alebo nad zhromaždením osôb na voľnom priestranstve alebo nad územím s faunou citlivou na hluk – národnými parkami vo výške, ktorá je menšia ako 300 m nad najvyššou prekážkou v okruhu 600 m od lietadla.“* Podľa písmena b) *„... kdekoľvek inde než je uvedené v ustanovení 4.6 a) vo výške nie menšej ako 150 m nad zemou alebo nad vodou.“* Pre let lietadlom alebo vrtulníkom pod touto hranicou treba povolenie alebo je v nej možné letieť iba v núdzových situáciách. Vzhľadom na to, že mikro-UAV nemajú moduly na komunikáciu s ostatnými lietajúcimi dopravnými prostriedkami ani protikolízny systém, malo by sa s týmito zariadeniami pri zachovaní bezpečnostných opatrení lietať iba pod spomínanými hranicami 150 m, resp. 300 m a iba v línii dohľadu (zväčša okolo 200 metrov). V súvislosti s leteckou premávkou je dôležité dodržiavať napr. ochranné pásma letísk a takisto sa riadiť uvedeným predpisom L2 – Pravidlá lietania².

² V čase prípravy príspevku neboli v slovenskej legislatíve jednoznačne definované pojmy „bezpilotné lietajúce zariadenie“, resp. ich príbuzné formy (UAV, drone a pod.), z toho plynuli nejednoznačné legislatívne vymedzenia ich použitia, napr. podmienky používania súkromnými subjektami či štátnou správou, ich registrácia alebo maximálne povolené výšky letu. Tieto opatrenia boli v štádiu príprav. V budúcnosti je preto potrebné sa oboznámiť s príslušnými legislatívnymi nariadeniami pre používanie bezpilotných lietajúcich zariadení vo vzdušnom priestore SR.

Nemenej dôležitou súčasťou bezpečnej prevádzky mikro-UAV sú poveternostné podmienky. Vzhľadom na hmotnosť a konštrukciu väčšiny mikro-UAV sú pre ne limitujúcimi faktormi vietor a zrážky. Podľa typu konštrukcie, výkonu, hmotnosti stroja a skúseností operátora je možné s týmito zariadeniami lietať pri vetre do cca 30 km/h. Silný nárazový vietor môže viesť k nestabilite či dokonca k pádu. Zvýšenú pozornosť treba venovať v oblastiach s mikrotermikou alebo špecifickou mikroklimou (okolie budov, hradov, skalných brál, lomov, ťažobných jám a pod.). Pomerne limitujúcim prvkom je dážď. Hoci sa už na trh dostávajú modely, ktoré sú schopné odolávať aj zrážkam, vplyvom vlhkosti a zhoršenej viditeľnosti je ich využívanie na vedecké účely takmer nemožné.

ŠPECIFIKÁ PRI SPRACOVANÍ DÁT

Ak sa zameriame na cenovo dostupné technológie spracovania obrazových dát, potom v porovnaní s výstupmi z kalibrovaných fotogrametrických kamier nastáva problém s fotogrametrickým spracovaním snímok. Primárne je to spôsobené tým, že mikro-UAV používajú pre svoju obmedzenú nosnosť bežne dostupné kamery, resp. fotoaparáty (od kompaktných po profesionálne zrkadlovky). Prvým problémom sú chýbajúce parametre vnútornej orientácie snímky (fotografie). Tieto parametre (jednotlivé koeficienty – vzdialenosť projekčného centra, skreslenie objektívu) vedia vypočítať špecializované programy zo vzorových snímok (napr. Agisoft Lens). Iným príkladom sú kalibračné softvéry iWitness alebo Photo modeller, ktoré umožňujú niekoľko typov kalibrácie kamery (Mířijovský a Vávra 2012). Vonkajšiu orientáciu snímok je softvér schopný upraviť samostatne, prípadne je možné doplniť hodnoty z IMU (Inercial Measurement Unit) či z gyroskopov. Priestorové priradenie mozaiky je možné na základe manuálne meraných GCP (Ground Control Points) alebo polohy stredov snímok zameraných a spresnených v záznamovom zariadení. Takto je možné dosiahnuť polohovú presnosť až niekoľko decimetrov pri rozlíšení až 1 cm na pixel. Softvérové produkty ako napríklad Pix4D, Agisoft PhotoScan, ARC3D, Bundler dokážu zo snímok generovať mračno bodov (podobné mračnu bodov získaného z LIDAR-u), čo následne umožňuje tvorbu digitálnych 3D modelov povrchu alebo nasnímaných objektov. Rozdiel vo výstupe oproti lidarovému mračnu bodov je ten, že kým LIDAR dokáže preniknúť aj pod vegetačný kryt, mračno bodov z fotografií pokryje iba „viditeľnú“ oblasť a vytvorí tak povrch akoby pokrytý obálkou. Výsledný počet bodov v mračne sa líši pri použití rôznych programov. Neitzel a Kolonowski (2011) porovnávajú päť rôznych softvérov na generovanie mračna bodov a 3D modelovanie (tab. 3). Využívajú voľne dostupné webové služby (Microsoft Photosynth a ARC3D), voľne dostupný program Bundler založený na algoritme SfM (Structure from Motion), CMVS/PMVS2 (voľne dostupné na nekomerčné účely) a komerčný program AgiSoft PhotoScan. V závislosti od zvoleného produktu sa presnosť georektifikovaného bodu pohybovala na úrovni 20 cm.

Turner et al. (2012) uvádzajú, že na plochu približne 2 ha s rozlíšením pixla 1 cm a polohovou presnosťou 10-15 cm je potrebných cca 150-200 snímok. Na rozdiel od konvenčných zariadení nesúcich fotogrametrické kamery, mikro-UAV operujú v malých výškach, častokrát do 50-100 m nad povrchom, čím

dochádza k pomerne malému záberu snímaného územia (extrémne krátke ohniskové vzdialenosti objektívu pre skreslenie nie sú vhodné). Pomerne významným špecifickým problémom, s ktorým sa musí bežný užívateľ vysporiadať, je množstvo zozbieraných dát (aj niekoľko desiatok GB) a ich následné spracovanie. Preto niektorí tvorcovia (napr. Pix4D a ARC3D) ponúkajú pre zákazníkov okrem desktop aj tzv. cloud riešenia. Tieto umožňujú užívateľovi prostredníctvom základného softvérového rozhrania odoslať dáta do vzdialeného centra, kde prebehne ich spracovanie a následne má užívateľ možnosť stiahnuť hotový produkt – ortofoto- alebo digitálny model. Dĺžka spracovania závisí od technického vybavenia poskytovateľa služby, požadovanej presnosti, množstva a kvality odoslaných snímok. Zväčša ide o desiatky minút až hodín.

Tab. 3. Počet bodov vygenerovaný jednotlivými softvérmi použitými pri spracovaní snímok získaných z UAV (prevzaté od Neitzel a Kolonowski 2011)

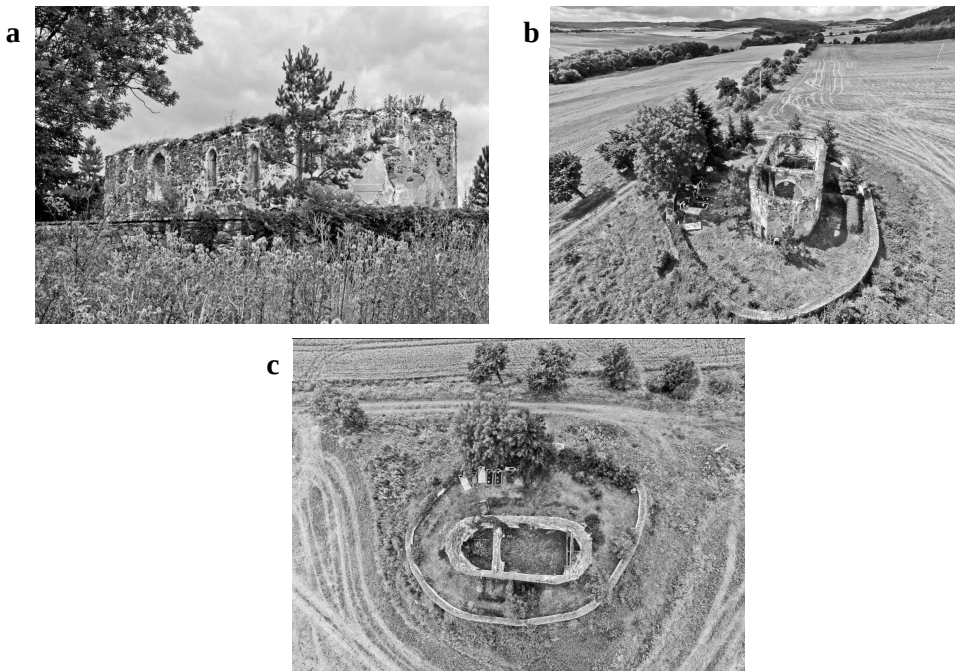
Softvér	Vygenerované mračno bodov (množstvo)	Počet bodov na m ² (približne)
Photosynth	128 535	7
Bundler	125 989	8
PMVS2	1,4 milióna	90
PhotoScan	1,3 milióna	110
ARC3D	20 miliónov	3 000

APLIKÁCIA MIKRO-UAV TECHNOLOGIÍ V GEOGRAFII

V geografickom výskume sa UAV technológiám otvára pomerne široké pole pôsobnosti najmä pri veľko- či strednomierkovom výskume. Základným využitím mikro-UAV je zobrazovanie krajiny pomocou fotografovania z malých výšok a perspektívy, na ktorú človek doposiaľ nebol zvyknutý (obr. 4). Geografovi sa tak otvára pohľad na krajinu, kde jednotlivé komponenty a objekty v nej vytvárajú celok. Na jednej strane to pomáha chápať a dotvárať širšie súvislosti pri štúdiu krajiny, na strane druhej takéto fotografie umožňujú vhodne doložiť výstupy samotného geografického výskumu. Ortofoto- a digitálne modely môžu byť navyše priamym vstupom do výskumu vo forme podkladových dát. Tieto technológie je možné využiť aj v príbuzných disciplínach, napr. v poľnohospodárstve, lesníctve, krajinnom plánovaní, architektúre, urbanizme a pod.

V zahraničných geograficky či príbuzne orientovaných prácach sa stretávame s množstvom príkladov, ktoré dokumentujú nasadenie UAV či mikro-UAV technológií. Významné miesto nachádza UAV fotogrametria (termín použitý Eisenbeissom 2009) v geomorfológii pri identifikácii a mapovaní geomorfologických foriem reliéfu, alebo v krajinnej ekológii na zachytenie procesov a dynamiky zmien vegetácie a krajinnej pokrývky, ako aj na ich kvantifikáciu (Johnson et al. 2004, Lelong et al. 2008, Rango et al. 2009, Breckenridge a Dakins 2011 a Laliberte a Rango 2011). Neoceniteľné je nasadenie UAV vo fluvialno-geomorfologickom výskume, napríklad pri monitorovaní laterálnej činnosti vodných tokov. Štúdiom morfológie a batymetrie koryta vodného toku pomocou Drone Pixy sa zaoberajú Lejot et al. (2007). Dunford et al. (2009) a

Hervouet et al. (2011) zasa využívajú mikro-UAV pri štúdiu ripariálnej krajiny, ripariálneho lesa a fluviálnych foriem. Harwin a Lucieer (2012) načrtávajú využitie priestorových dát a fotogrametricky spracovaného mračna bodov získaných z mikro-UAV pri monitorovaní pobrežnej erózie. O využití UAV a spracovaní snímok pri fluviálno-geomorfologickom výskume riečneho oblúka pri Moravičanoch píše napríklad Miřijovský a Vávra (2012). Pre zber dát používajú Drone Pixy a následne fotografie spracúvajú v module LPS od ERDAS-u (Miřijovský et al. 2012a). Podobne Miřijovský et al. (2012b) predstavujú vývoj Kenického meandru v rokoch 2011 a 2012, kde jednou z metód bolo aj snímkovanie a analýza dát získaných pomocou UAV technológií.



Obr. 4. Objekt zrúcaniny kostola v zaniknutej obci Mladějov (Česká republika) a jeho priestorové vzťahy s okolím pri rôznej perspektíve pohľadu

a – pohľad z úrovne terénu, b – šikmý pohľad na objekt a jeho zasadenie v krajine z výšky 25m, c – kolmý pohľad na objekt z výšky 30m

Použitím špecializovaných multispektrálnych snímačov umiestnených na mikro-UAV nosičoch je možné široké využitie týchto systémov aj pri monitoringu vegetácie, jej stavu, druhového zloženia či priestorovej diferenciácie jednotlivých druhov. Spracovanie dát z multispektrálnej kamery či infračervených snímačov však prináša špecifický druh problematiky, ktorej sa venujú napríklad Laliberte et al. (2011) alebo Hunt et al. (2011), preto ju v tomto príspevku bližšie rozoberať nebudeme. Monitoring vegetácie následne umožňuje manažment daného územia, čo popisujú Breckenridge a Dakins (2011), ktorí využili rotorové a okrídlené UAV pri monitorovaní pastvín.

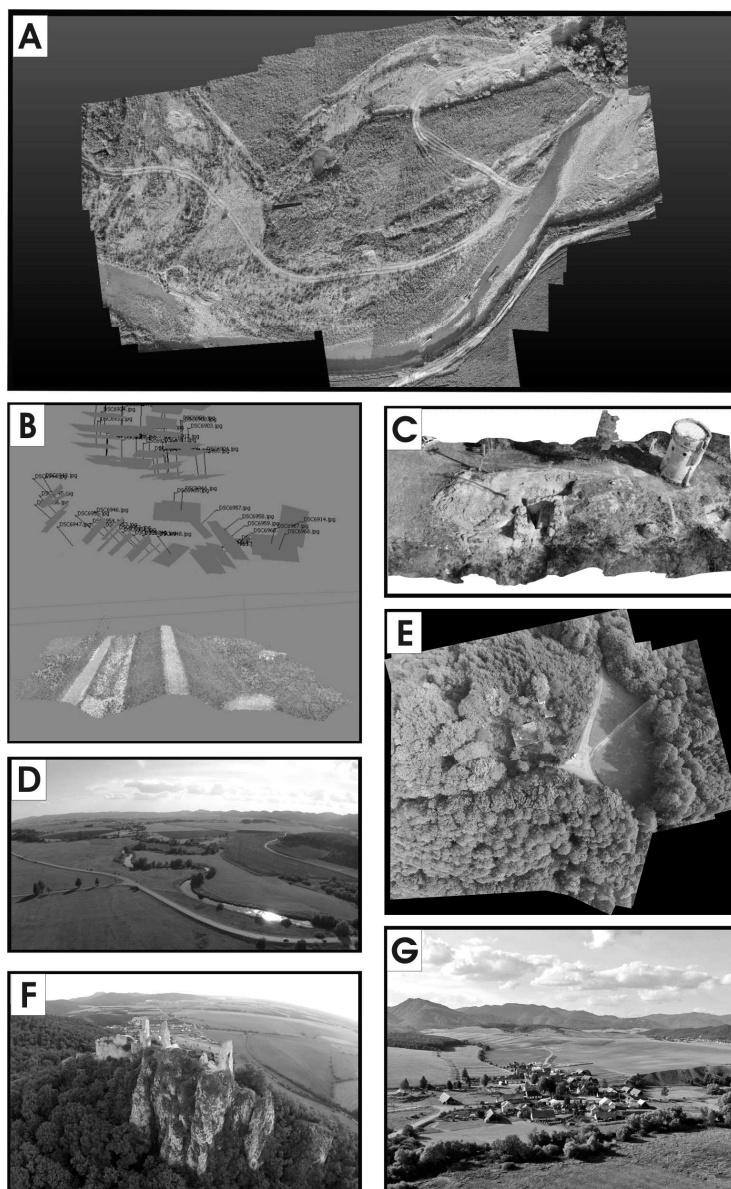
UAV technológie predstavujú veľmi užitočné mobilné mapovacie zariadenia, ktorých rozvoj má perspektívu vo vedeckom výskume. Vybrané príklady využitia fotografií z malých výšok uvádzame na obrázku 5 (časť A až G). Vytvorená ortofotomozaika časti avulzného koryta (obr. 5, časť A) priestorovo lokalizuje priebeh morfodynamických procesov v koryte a jeho bezprostrednom okolí. Využitie tejto metódy umožňuje presne zaznamenávať zmeny brehu rieky, proces deštrukcie a degradácie využívanej ornej pôdy a zmenu krajinej štruktúry v ripariálnej zóne. Oproti klasickému terénemu prieskumu (merania pomocou GPS alebo teodolitu) má neporovnateľne vyššiu obsahovú hustotu a umožňuje pri vytvorení 3D modelu (obr. 5, časť B) narábať aj s objemovými zmenami.

V samotnej geomorfológii sú tieto mobilné mapovacie jednotky prínosné pre mapovanie jednotlivých elementárnych foriem (obr. 5, časť D) a predovšetkým pri mapovaní a výskume dynamiky a zmien krajiny. Ortofotomozaiky alebo 3D modely zostrojené pomocou snímok získaných z mikro-UAV sa môžu využiť pri mapovaní alebo analýze:

- gravitačných procesov a foriem (mapovanie a sledovanie svahových deštrukčných pohybov, rútení, opadávaní, zliezání blokov alebo odvaľovania (napr. zmeny tvarov a kubatúry materiálu),
- vodnogravitačných procesov (zameranie, rozšírenie a zmeny objemu bahenných prúdov vzniknutých napr. pri bleskových povodniach v malých povodiach),
- ronových procesov (mapovanie a výskum plošnej, stružkovej alebo výmolinej erózie, ich kvantifikácia a výpočet objemových zmien),
- fluviaálnych procesov a foriem (mapovanie a zmeny pôdorysnej vzorky tokov, analýza brehovej erózie a dynamika korytových foriem),
- krasových procesov a foriem (mapovanie povrchových krasových foriem a výpočet ich objemu),
- nivačných, glaciálnych a glacifluviaálnych procesov a foriem (deštrukcia pôdneho krytu nivačnými procesmi, mapovanie lavínových akumulácií a objemové zmeny ľadovcov),
- eolitických procesov a foriem (výskum a monitoring pieskových presypov),
- antropogénnych foriem (vizualizácie a výpočty kubatúry lomov, ťažobných jám, subsidencií a pod.),
- zmien krajinej pokrývky na malých územiach (vytváraním časového sledu snímok toho istého územia z toho istého miesta definovaním súradníc, výšky, azimutu a uhla snímania, alebo formou vytvorenia ortofotomozaiky nalietaním v rôznych časových obdobiach).

Ďalšie uplatnenie môžu mikro-UAV nájsť pri sledovaní a monitoringu súčasných morfodynamických procesov a prírodných hrozieb. Pre zachytenie daného javu je tu nevyhnutný operatívny prístup.

V ďalších parciálnych disciplínach fyzickej geografie, akou je napríklad hydrogeografia, nájdú tieto technológie uplatnenie pri výskume povodňových udalostí, mapovaní ich priestorového dosahu, ako aj pri vyjadrení hrozby, resp.



Obr. 5. Príklady použitia snímok získaných pomocou UAV v geografii

A – ortofotomozaika časti avulzného koryta Ondavy pri Stropkove spracovaná v prostredí Airphoto SE, B – mračno bodov časti ochrannej hrádze rieky Morava pri Devínskej Novej Vsi vygenerované pomocou Agisoft PhotoScan s nákrešom priestorového rozloženia jednotlivých snímok (kolmé a šikmé), C – 3D model archeologických vykopávkov hradu Čeklís v Bernolákove spracované v programe Agisoft PhotoScan v spolupráci s o. z. Múzeum historických budov, D – meandre a široká niva Turca na dne Turčianskej kotliny, E – monitoring vegetácie (Malé Karpaty), F – Plavecký hrad ako objekt cestovného ruchu, G – príklad vizualizácie priestorovej štruktúry vidieckeho osídlenia (Moškovec, okres Turčianske Teplice).

rizika na lokálnej úrovni. V biogeografii a lesníctve je nemenej dôležitý monitoring vegetácie (obr. 5, časť E), jej druhové zloženie, pokryvnosť alebo zdravotný stav. V meteorológii a klimageografii je pomocou mikro-UAV možná analýza stavu a fyzikálnych vlastností ovzdušia v nízkych vrstvách nad povrchom, čo umožňuje vytvárať napríklad teplotné alebo vlhkostné mapy nad poľnohospodárskou krajinou, prípadne sledovať množstvo znečisťujúcich látok v ovzduší v jednotlivých vrstvách.

Hoci z uvedených príkladov vyplýva, že sa prevažná väčšina aplikácií UAV uplatňuje v kartografii, DPZ alebo vo fyzicko-geografickom výskume, veľké využitie môžu nájsť napríklad aj v sídelnej geografii – najmä pri sledovaní procesov suburbanizácie či štruktúry (obr. 5, časť G), rastu alebo zániku najmä malých sídelných jednotiek. V geografii dopravy umožňujú technológie mikro-UAV napríklad monitoring dopravy, infraštruktúry a sledovanie ich vývoja. Samostatným využitím môže byť priestorové modelovanie zosnímaných objektov a javov v krajine (obr. 5, časť C). Z tohto pohľadu je možná participácia pri archeologickom výskume pri mapovaní jednotlivých archeologických lokalít, vytváraním ortofotomozaík s vysokým rozlíšením na ich evidenciu, ako aj tvorba 3D modelov nálezísk. Široko spektrálny záujem geografie predurčuje vzájomnú spoluprácu s inými vednými odvetvami, napr. s lesníckymi a poľnohospodárskymi vedami, environmentalistikou, archeológiou, krajinným plánovaním a pod.

Technológia má význam pre zber priestorových dát (ortofotomozaiky, plány, schémy, priestorové väzby, vizualizácie a modely), pri kvantifikácii súčasného stavu a hodnotení zmien (priestorové a objemové zmeny), a tak predstavuje veľmi vhodnú mobilnú mapovaciu jednotku schopnú zbierať dáta s vysokou obsahovou hustotou.

PRÍKLADOVÉ ŠTÚDIE

A) Monitoring časti avulzného koryta rieky Ondava

Na obrázku 5A je zobrazená ortofotomozaika časti avulzného koryta s dĺžkou 450 m a šírkou 150 m vytvorená v šiji meandrového oblúka južne od Stropkova počas povodní v roku 2010 (celkovo tri povodne s Q_{kulm} 150 m³.s⁻¹ (17. 05.), 220 m³.s⁻¹ (04. 06.) a 150 m³.s⁻¹ (29. 07.) s veľkosťou 1- až 5-ročného prietoku. Výsledkom je erózia časti ornej pôdy a zmena pôdorysnej vzorky s predpokladom postupného presunu prúdenia do novovytvoreného avulzného koryta, ktoré môže nastať pri ďalšom výskyte vyšších vodných stavov. Technologickou bázou bol už popisovaný Hexakopter XL. Ako záznamové zariadenie bol použitý fotoaparát Nikon D90 s objektívom 18-105 mm. Ohnisková vzdialenosť pri snímaní bola zafixovaná na 18 mm, čo pri výške letu 70 m nad terénom umožnilo na jednej snímke zaberať územie s diagonálnou šírkou približne 90 metrov. Zosnímané územie má plochu približne 3,5 ha a bolo naň použitých 67 ortorektifikovaných snímok. Proces ortorektifikácie prebiehal v prostredí Airphoto SE. Výsledné rozlíšenie pixela ortofotomozaiky je 2 cm. Priradená subdecimetrová polohová presnosť je dosiahnutá zameraním 8 bodov dvojicou prístrojov Leica GS20 spracovaných pomocou postprocessingu a ďalších 19 GCP zameraných totálnou stanicou Leica TCR 307.

B) 3D model časti hrádze rieky Morava

Príklad na obrázku 5, časť B ukazuje vygenerované kolorované mračno bodov z časti hrádze pri Devínskej Novej Vsi. Zber dát bol opäť realizovaný lietajúcou platformou Hexakopter XL s použitím fotoaparátu Nikon D90 s objektívom s pevným ohniskom 35 mm. Objekt časti hrádzového telesa s dĺžkou asi 170 metrov a šírkou 60 metrov bol nalietaný z výšky 60 a 35 metrov a celkovo bolo nasnímaných a použitých 72 kolmých a šikmých snímok. Zo snímok sa v prostredí AgiSoft PhotoScan vytvoril 3D model a z neho farebné mračno bodov vlastného telesa hrádze, priľahlého kanála a spevnenej prihrádzovej komunikácie. Celkovo mračno obsahuje 386 854 bodov. Priestorová poloha bola priradená pomocou 21 GCP zameraných pomocou totálnej stanice Leica TCR 307 s centimetrovou presnosťou.

C) 3D model odkrývania hradu Čeklís

Model na obrázku 5, časť C predstavuje odkrytú časť hradu Čeklís spolu s bývalou vodárenskou vežou v Bernolákove. Hrad je odkrývaný občianskym združením Hrad Čeklís v spolupráci s archeológmi, historikmi a odborníkmi z geovied. Trojrozmerný model vznikol kombináciou leteckého snímkovania pomocou mikro-UAV (Hexakopter XL, fotoaparát Nikon D90, objektív Nikon 35mm) a doplnkového pozemného fotografovania. Zosnímané zábery boli spracované v spolupráci s občianskym združením Múzeum historických budov (www.mhb.sk) v softwarovom prostredí Agisoft PhotoScan. Na vytvorenie modelu bolo použitých vyše 50 kolmých a šikmých snímok z výšky 30 a 20 metrov nad povrchom a viac ako 30 detailných snímok objektu hradu zo zeme.

ZÁVER

V príspevku sme sa pokúsili predstaviť a načrtnúť možnosti využitia technológií mikro-UAV v geografickom výskume. Z celého spektra UAV technológií sme sa zamerali na mikro-UAV technológie, pretože predstavujú zaujímavú a v pomere ku konvenčným lietajúcim prostriedkom (lietadlá, helikoptéry a pod.) alebo „veľkým“ UAV aj finančne pomerne nenáročnú alternatívu zberu dát s vysokým rozlíšením z malých výšok, ktorú je možné využívať takmer v ľubovoľnom čase. Výhodou týchto systémov sú ich kompaktné rozmery a hmotnosť, čo do veľkej miery uľahčuje ich prepravu a flexibilitu. Nízka hmotnosť sa však odráža aj v nízkej nosnosti, pre ktorú nemôžu byť na zariadenie umiestnené väčšie a ťažšie snímače. Z toho dôvodu sú použité bežne dostupné videokamery a fotoaparáty, čo sa môže odraziť pri komplikovanejšom spracovaní dát.

Nasadenie mikro-UAV technológií sa javí ako účinné pri stredno- a veľkomierkovom výskume alebo mapovaní, kde môžu slúžiť ako zariadenia na efektívny zber dát z územia s rozlohou až niekoľko km². V súvislosti s prácou a prevádzkou mikro-UAV však treba dodržiavať bezpečnostné predpisy a dbať na ochranu zdravia a majetku najmä tretích osôb. Doposiaľ výrazným limitom pre nasadenie mikro-UAV sú poveternostné podmienky, najmä vietor (limitná rýchlosť vetra je zhruba 30 km/h) a zrážky.

Civilné mikro-UAV technológie, ktoré sa za posledných niekoľko rokov dostali na trh, majú do budúcnosti v geografickom výskume pomerne veľký potenciál. V zahraničnej literatúre existuje niekoľko desiatok príkladov využitia UAV (mikro-UAV) technológií. Hoci sa v geografickom výskume UAV zariadenia zatiaľ využívajú predovšetkým vo fyzickej geografii, kartografii a DPZ, neznamená to, že si nenájdu cestu aj do iných čiastkových geografických disciplín. Predovšetkým v tejto podobe UAV fotogrametria kombinuje výhody leteckej a pozemnej fotogrametrie. Jej výhodou je kolmý pohľad leteckej fotografie z malých výšok kombinovaný s detailnými snímkami zo zemského povrchu (Aber et al. 2010). Na základe toho je možné fotogrametrickými technikami vytvárať s pomocou voľne dostupného alebo komerčného softvéru ortofotosnímky, digitálne modely reliéfu alebo 3D modely objektov. V poslednom čase sa zjednodušuje aj špecifické spracovanie získaných dát, čo sprístupní používanie UAV technológií širšiemu okruhu používateľov.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia a s finančnou podporou Vedeckej grantovej agentúry (VEGA č. 1/0106/12) Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied.

LITERATÚRA

- ABER, J., MARZOLF, I., RIES, J. (2010). *Small-format aerial photography: principles, techniques and geoscience applications*. Oxford (Elsevier).
- BRECKENRIDGE, R. P., DAKINS, M. E. (2011). Evaluation of bare ground on rangelands. Using unmanned aerial vehicles: a case study. *GIScience and Remote Sensing*, 48, 74-85.
- DUNFORD, R., MICHEL, K., GAGNAGE, M., PIÉGAY, H., TRÉMÉLO, M. L. (2009). Potential and constraints of unmanned aerial vehicle technology for the characterization of Mediterranean riparian forest. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 4915-4935.
- EISENBEISS, H. (2004). *A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition*. [Online], Available: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W1/papers/11.pdf> [accessed: 10 August 2013].
- EISENBEISS, H. (2009). *UAV photogrammetry*. Dissertation thesis, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- HERVOUET, A., DUNFORD, R., PIÉGAY, H., BELLETTI, B., TRÉMÉLO, M. L. (2011). Analysis of post-flood recruitment patterns in braided-channel rivers at multiple scales based on an image series collected by unmanned aerial vehicles, ultra-light aerial vehicles, and satellites. *GIScience and Remote Sensing*, 48, 50-73.
- HARWIN, S., LUCIEER, A. (2012). Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) Imagery. *Remote Sensing*, 4, 1573-1599.
- HUNT, E. R., HIVELY, W. D., MCCARTY, G. W., DAUGHTRY, C. S. T., FORRESTAL, P. J., KRATOCHVIL, R. J., CARR, J. L., ALLEN, N. F., FOX-RABINOVITZ, J. R., MILLER, D. (2011). NIR-green-blue high-resolution digital images for assessment of winter cover crop biomass. *GIScience and Remote Sensing*, 48, 86-98.
- JOHNSON, L. F., HERWITZ, S. R., LOBITZ, B. M., DUNAGAN, S. E. (2004). Feasibility of monitoring coffee field ripeness with airborne multispectral imagery. *Applied Engineering in Agriculture*, 20, 845-849.
- KELCEY, J., LUCIEER, A. (2012). Sensor correction of a 6-band multispectral imaging sensor for UAV remote sensing. *Remote Sensing*, 4, 1462-1493.

- LALIBERTE, A. S., RANGO, A. (2011). Image processing and classification procedures for analysis of sub-decimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid rangelands. *GIScience and Remote Sensing*, 48, 74-85.
- LALIBERTE, A. S., GOFORTH, M. A., STEELE, C. M., RANGO, A. (2011). Multispectral remote sensing from unmanned aircraft: image processing workflows and applications for rangeland environments. *Remote Sensing*, 3, 2529-2551.
- LEJOT, J., DELACOURT, C., PIÉGAY, H., FOURNIER, T., TRÉMÉLO, M. L., ALLEMAND, P. (2007). Very high spatial resolution imagery for channel bathymetry and topography from an unmanned mapping controlled platform. *Earth, Surface, Processes and Landforms*, 32, 1705-1725.
- LELONG, C. C. D., BURGER, P., JUBELIN, G., ROUX, B., LABBE, S., BARET, F. (2008). Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. *Sensors*, 8, 3557-3585.
- MINISTERSTVO DOPRAVY, PŮŠT A TELEKOMUNIKÁCIÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY (2009). *L2 – pravidlá lietania, letové prevádzkové služby Slovenskej republiky*. Bratislava (Letové prevádzkové služby SR, št.p.).
- MÍRJOVSKÝ, J., VÁVRA, A. (2012). UAV photogrammetry in fluvial geomorphology. In Mířiovský, J., Vávra, A., eds. *Proceedings of the 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Sofia, Bulgaria, June 17 – 23. 2012*. Sofia (STEF 92 Technology Ltd.), pp. 909-916.
- MÍRJOVSKÝ, J., PECHANEC, V., BURIAN, J. (2012a). Využití bezpilotního modelu PIXY při snímání krajiny. *Informace ČGS*, 31, 11-17.
- MÍRJOVSKÝ, J., PETYŇIAK, O., UHROVÁ, H., MICHÁLKOVÁ, Š. M. (2012b). Informace ke specializované mapě s názvem: Morfologický vývoj Kenického meandru v letech 2011 a 2012, [Online]. Dostupné na: <http://www.geoinformatics.upol.cz/app/v4mapping/methodology.pdf> [cit: 26-2-2013].
- NEITZEL, F., KLONOWSKI, J. (2011). Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system. In Eisenbeiss, H., Kunz, M., Ingensand, H., eds. *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, September 14 – 16. 2011*. Berlin (Institute of Geodesy and Geoinformation Science), pp. 39-44.
- RANGO, A., LALIBERTE, A., HERRICK, J. E., WINTERS, C., HAVSTAD, K., STEELE, C. BROWNING, D. (2009). Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3, 1-15.
- TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, CH. (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sensing*, 4, 1392-1410.
- WATTS, A. C., AMBROSIA, V. G., HINKLEY, E. A. (2012). Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification and consideration of use. *Remote Sensing*, 4, 1671-1692.
- WATTS, A. C., KOBZIAR, L. N., PERCIVAL, H. F. (2010). Unmanned aircraft systems for wildland fire monitoring and research. In Robertson, K. M., Galley, K. E. M., Masters, R. E., eds. *Proceedings of the 24th Tall Timbers Fire Ecology Conference: The Future of Fire: Public Awareness, Health and Safety. TallTimbers Research Station, Tallahassee, USA, January 11 – 15. 2010*. Tallahassee (Tall Timbers Research Station), pp. 86-90.

Ján Sládek, Miloš Rusnák

LOW-COST MICRO UAV TECHNOLOGIES IN GEOGRAPHY (A NEW METHOD OF SPATIAL DATA COLLECTION)

Micro UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technologies represent a new way of collecting spatial information and an interesting alternative to the conventional means (satellites, aircraft, helicopters, etc.) used in large-scale research. They are flying platforms or aircraft/helicopter models equipped with wide spectrum scanners (depending on the carrying capacity it can be a photo/film/spectral camera, LIDAR, temperature and moisture sensors, chemical gas analyser, etc.). Regarding the use, a number of variations and modifications of this technology exists. The greatest asset of micro UAV is comfortable data collection as the technology is operable in places where the conventional flying means such as aircraft or helicopters are not (low heights, built-up areas, constrained conditions, and the like). The paper focuses on micro UVE technologies, which compared with bigger UAV models excel for a number of advantages. According to Eisenbeiss (2004), the micro UAVs are flying devices weighing below 5 kg. Their compact dimensions allow easy transport to points of operation. There is also an option of time data collections and their duplication, which is only limited by weather conditions. These technologies are often used for acquisition of basic data (accurate orthophotos, digital terrain models). Furthermore, they possess a potential as widely applicable and flexible mobile mapping units. Their potential for geography lies in high operability which makes it possible to capture changes in landscape either in progress (flooding) or in time (for instance, spatial changes of vegetation during seasons by producing a chronological series of images). Micro UAV technologies are good tools for documentation of landscape dynamics in a comparatively short time. They allow concentration on small areas and the capturing of seasonal changes very accurately (Hervouet et al. 2011). The UAV technologies are widely applicable in geography particularly in large- or medium-scale research. UAV photogrammetry (term used by Eisenbeiss 2008) finds an especially important application in geomorphology for identification of geomorphological relief forms or in landscape ecology where it can pick up processes and dynamics in vegetation and landscape changes, in fluvial-geomorphological research such as monitoring of lateral activities of streams. They are used in the study of morphology and bathymetry of streams, of the riparian landscape, riparian forest and the fluvial forms. Using the specialized multispectral scanners mounted to micro UAVs it is possible to monitor vegetation, its status, species composition or the spatial distribution of individual species. Such monitoring may facilitate the management of the given area. Apart from photographs taken from the distance of several tens of meters they also allow for compilation of orthophotomaps and DMRs, 3D visualization or reconstruction of the earth's surface or various objects by high precision photogrammetric techniques. The technology is also usable in landscape planning, transports, environmental monitoring and urban planning. As an example of use of micro UAVs we present an orthophoto mosaic of avulsion channel (Ondava River) near Stropkov created during three flood events in 2010. Another example is a point cloud (386,854 points) of the Morava River dyke near Devínska Nová Ves. The last example is a photo realistic 3D model of archaeological site in Bernolakovo (Čeklís castle).

Translated by H. Contrerasová

Tento príspevok vznikol s podporou softvéru získaného v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt Centra excelentnosti: „Centrum pre rozvoj sídelnej infraštruktúry znalostnej ekonomiky“ SPECTRA+ (ITMS 26240120002), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

