

VYUŽITÍ BEZPILOTNÍHO MODELU PIXY PŘI SNÍMKOVÁNÍ KRAJINY

MÍŘIOVSKÝ, J., PECHANEC, V., BURIAN, J. (2012): Using the Remote-Controlled Drone PIXY for Capturing Landscape Images – Informace ČGS, 31, 1, pp. 11–17. – The paper introduces a radio-controlled model of a motor-powered glider “the PIXY Drone”, which is used for geographical research at the Department of Geoinformatics, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc. The article describes the aircraft in detail, with particular emphasis focused on its technical parameters. Tested areas of possible application (issues in urbanism and archaeology) are also described. Part of the paper focuses on describing the test flight and recommended procedures for processing images to achieve the most beneficial results.

KEY WORDS: small format aerial photography – PIXY Drone – archaeology – urbanism – image computing.

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu PrF_2010_14 „Výzkum pohybu osob na styku urbánního a suburbánního prostoru olomouckého regionu“ podporovaném Vnitřní grantovou Univerzity Palackého v Olomouci.

Úvod

Cílem článku je informovat o možnostech a praktických zkušenostech s využitím bezpilotního modelu Drone PIXY, které využíváme pro maloformátové snímkování zemského povrchu. Snímkování z nízkých výšek je jednou z rozvíjejících se oblastí dálkového průzkumu Země. Příspěvek postupně seznamuje s problematikou maloformátového snímkování a jeho výhodami snímkování krajiny, představuje technický popis tohoto zařízení a zkušenosti získané s jeho provozem. V další části pak dokumentuje testování zařízení a postup zpracování snímků. V závěru se článek zaměřuje na praktické využití ve dvou různých oborových oblastech.

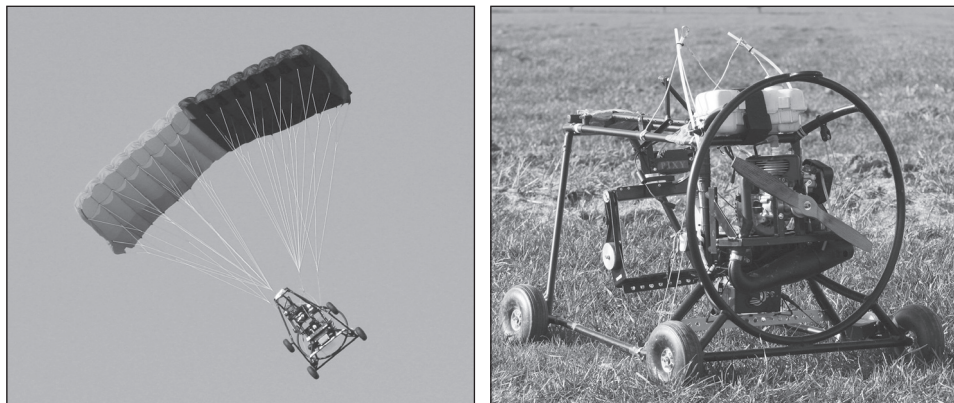
V dnešní době je možné přistupovat k dálkovému průzkumu Země v nejrůznějších úrovních a měřítkách. Nosiče jsou vybaveny různými senzory, které snímají elektromagnetické záření v různě širokých spektrech od ultrafialové části až po mikrovlnnou část. Dálkový průzkum Země také nabízí různé přístupy ke snímkování co do letové výšky nosiče. V současnosti se již staly samozřejmostí družicové snímky, které dokáží snímkovat zemský povrch s dostatečnou prostorovou rozlišovací schopností pro mnoho aplikací (prostorové rozlišení kolem 0,5 m/pixel). Pravděpodobně nejpoužívanější nosiče v DPZ jsou však letadla. Ta vynikají zejména levnějším provozem a pořizovacími náklady v porovnání s družicemi. Nezastupitelnou roli v DPZ mají bezesporu také modely, které se mohou vyskytovat v nejrůznějších podobách. Můžeme jmenovat například modely letadel, vrtulníků, ale také motorové paraglidy, draky nebo modely héliových vzducholodí. Příspěvek představuje možnosti využití bezpilotního modelu, který katedra geoinformatiky zakoupila jako vůbec první v Česku. Využití modelu představuje ve dvou různých oborových oblastech.

Mezi nejdůležitější přínosy, které přináší snímkování z nízkých výšek, můžeme zařadit cenu a operabilitu. Velmi cenné vědecké poznatky lze získat zejména kombinací pozemních metod s přidáním vizuální informace ze snímkování z modelů. Vlastní tvorba leteckých fotografií nabízí maximální operabilitu jak časovou, tak i technickou. Technické parametry kamery a nosiče umožňují volit nejen čas a místo snímkování, ale také úhel snímkování, šířku záběru nebo nastavení expozice. Nevýhodou je samozřejmě omezení letového prostoru. Snímkování z malých výšek pomocí modelů je proto využitelné a efektivní zejména pro snímkování oblastí malého prostorového rozsahu. Další nevýhodou modelů je vysoká citlivost na meteorologické podmínky (zejména za silného větru není možné létat). Případné neudržení přímého směru při větru způsobuje nedodržení jak horizontální, tak vertikální osy letu. To by mělo za následek složitější zpracování a tvorbu případné fotomozaiky. Snímkování z modelů je tedy výhodné zejména pro aplikace, které nevyžadují zcela přesné dodržení geometrických vlastností výsledného snímku. Při dodržení určitých pravidel pro snímkování a zpracování dat lze získat snímky s velmi vysokou mírou (centimetrovou) geometrické přesnosti. Takto zpracované snímky pak dokonce lze využít jako snímky měřičské.

Paraglidový model PIXY

Drone PIXY (viz obr. 1) je pomalu letící, rádiem ovládaný model motorového padákového kluzáku, který je primárně určen pro geovědní disciplíny, zejména pro dálkový průzkum Země z ultra nízkých výšek (50–500 m). Letový model zkonstruovala, vyrobila a prodává francouzská společnost Philae Concept se sídlem v Orange. Umožňuje pořízení klasických i digitálních snímků včetně video záznamu. Maximální nosnost zařízení umožňuje osadit nosič několika senzory současně. Koncept Drone PIXY vyniká snadnou pilotáží, jednoduchým transportem, vysokou odolností celého zařízení a umožňuje široké použití. Provoz zařízení nevyžaduje speciální licenci, z pohledu legislativy v ČR je chápáno jako běžný letecký model. PIXY Vision je osazen pohonnou jednotkou Zenoah 290 o výkonu 2,6 HP a užitečné zatížení je rovno 6 kilogramům, což umožňuje osadit model kamerami profesionální úrovně. PIXY Vision má na model velmi dobré letové charakteristiky. Dosah radiového spojení končí za hranicí 1 km. Samotné letové možnosti jsou z největší části omezeny povětrnostními podmínkami. Doporučená rychlost větru pro dobrou ovladatelnost a bezpečnou práci je 3–35 km/h. Minimální rychlost větru je udána hlavně pro zlepšení startovací délky a rychlosti vzletu. Omezení 35 km/h je dáno z důvodu hmotnosti a odporu celé soustavy.

Pro ovládání modelu slouží tzv. ground station (pozemní stanice). Stanice je vybavena malým LCD monitorem, na kterém jsou zobrazena veškerá data ze snímacího zařízení. Pomocí funkce live view tak můžeme po dobu celého letu pozorovat zájmové území. Mimoto je stanice vybavena cinch výstupem, ke kterému lze připojit LCD brýle pro lepší kontrolu při snímkování. Stanice je vybavena displejem, jenž slouží jako informační panel. Zde jsou zobrazovány veškeré dostupné technické údaje o sestavě (model + snímací zařízení). Jde především o aktuální výšku letu, stav baterií pro napájení, délka letu a další. Celou stanici je možné propojit s počítačem a díky zabudovanému GPS modulu



Obr. 1 – Model PIXY. Vlevo model v letu, vpravo detail motorové části. Zdroj: autoři.

tak aktuálně sledovat polohu a pohyb sestavy. Pomocí vestavěného GPS modulu je možné provádět jednoduchou navigaci modelu nad zvolené zájmové území. Propojení pozemní stanice s notebookem umožňuje archivovat data pro následné kancelářské vyhodnocení.

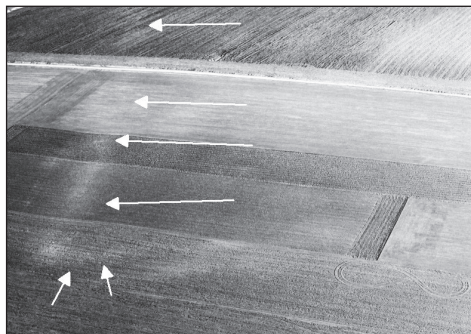
Hlavní devizou celé snímkovací věže je využití dvouosé gyrostabilizace, jež zajišťuje stálou zvolenou polohu kamery vůči zemskému povrchu. Model PIXY Vision je vybaven modulem konstantní letové hladiny. Po zapnutí model udržuje požadovanou výšku letu. Údaje o aktuální výšce přebírá z barometrického modulu. Použití modulu je nutné pro zajištění stejné výšky snímků nad terénem a s tím spojené měřítko.

Oblasti využití

Jak již bylo uvedeno výše, obecně platí, že snímkování z modelů nemá ambice konkurovat „klasickým“ metodám snímkování, ať z letadel nebo ze satelitů. Je však velké množství aplikací, které vyžadují snímkování území malého prostorového rozsahu nebo vyžadují snímkování opakované v krátkých časových intervalech a s velmi vysokým detailem. V těchto případech je použití modelu více než ideální, protože přináší uspokojivé výsledky za velmi nízkou cenu v porovnání se snímkováním z letadel. Na katedře geoinformatiky UP v Olomouci je v současné době model využíván ve výzkumu následujících oblastí.

Archeologie. Archeologové velmi často využívají v oblasti nedestruktivní archeologie jako jednu z možností letecké snímkování (Šmejda 2009). To je však velmi drahé a hodí se pouze pro plošně rozsáhlá území. Snímkování pomocí modelů je v zahraničí v oblasti archeologie velmi populární (Aber, Marzolf, Ries 2010). Již pouze ze snímků v oblasti viditelného oboru spektra dokáže odborník při využití např. půdních či vegetačních příznaků rozpoznat archeologické lokality či průběh staré stezky, která vedla otevřenou krajinou (viz obr. 2). Velké uplatnění zde nacházejí snímky v oblasti blízké infračervené části spektra, ať už se jedná o záznam na filmový materiál nebo digitální kameru.

Urbanismus. Využití maloformátového snímkování v urbanistických studiích je komplikovanější. Z pohledu platné legislativy není možné létat s modelem



Obr. 2 – Zvýrazněný šikmý snímek v přírodních barvách s vyznačenou průběhem části historické stezky. Zdroj: autoři.



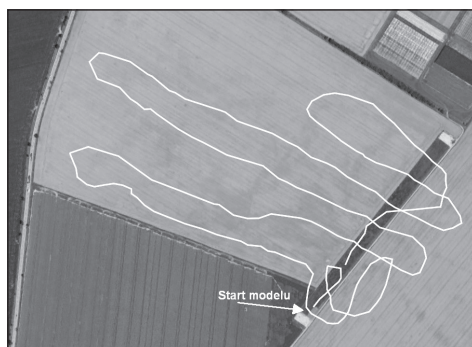
Obr. 3 – Šikmý snímek bez obzoru z modelu PIXY. Ukázka rezidenční suburbanizace v obci Hlušovice. Zdroj: autoři.

nad zastavěným územím. Nicméně urbanisté, ale i geografové v mnoha případech nepotřebují kolmé snímky. V řadě výzkumů nejde o rekonstrukci a záznam přesné polohy objektů, ale o celkový pohled na urbanizovanou jednotku a charakter místní zástavby. Pokud tomu tak je, pak se i snímkování z modelů může uplatnit v této oblasti. S modelem je možné letět podél hranice zastavěného území a pořizovat šikmé snímky oblasti, jak ukazuje obr. 3. Ve výzkumu katedry geoinformatiky PřF UP se maloformátové snímkování stává podpůrným zdrojem dat při mapování a dokumentaci suburbanizace.

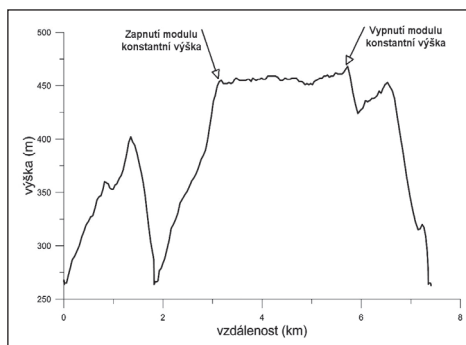
Oblastí, ve kterých lze nalézt uplatnění snímkování z modelů, je však celá řada. Od geomorfologie, přes zemědělství (určování zdravotního stavu vegetace) až po mapování půdní eroze. V našem současném výzkumu a práci s maloformátovou leteckou fotografií se nyní soustředíme na vyřešení některých technických problémů. Jedním z nich je vyřešení geometrických vad, které jsou s ní spojeny. Poté lze přistoupit k tvorbě ortofotomozaiky. Jak již bylo popsáno výše, relativní náchylnost na povětrnostní podmínky vyžaduje určitá specifika při zpracování dat. V nedávné době jsme proto jako první krok provedli několik testovacích letů, při kterých jsme pořídili snímky, u kterých jsme hodnotili možnosti georeferencování a tvorby fotomozaiky.

Testovací území a snímkový let

Testování modelu probíhalo v oblasti Senice na Hané, která se nachází severozápadně od Olomouce. V blízkosti obce se nacházejí dvě travnatá letiště pro ultralehké letouny a modeláře. Samotný snímkový let probíhal po předem naplánované trase, která byla nahrána do aplikace Google Earth. Protože však model není automaticky naváděn, musela navigace probíhat pouze srovnáváním naplánované trasy letu s dráhou letu aktuální, která se zobrazovala on-line na monitoru notebooku přenosem souřadnic z přístroje GPS. Výsledný záznam dráhy letu (tracklog) z letu modelu lze vidět na obr. 4. Po dobu snímkování byl zapnut modul konstantní letové hladiny pro udržení výšky 95 m nad snímaným terénem. Z grafu 1 lze stanovit závěr, že modul konstantní letové hladiny funguje spolehlivě a s vysokou přesností až po limity, které jsou dány přesností samotného barometrického modulu. Jediný větší výškový výkyv nastal po



Obr. 4 – Záznam letové dráhy modelu
Zdroj: autoři



Graf 1 – Záznam výškového profilu letu
Zdroj: autoři

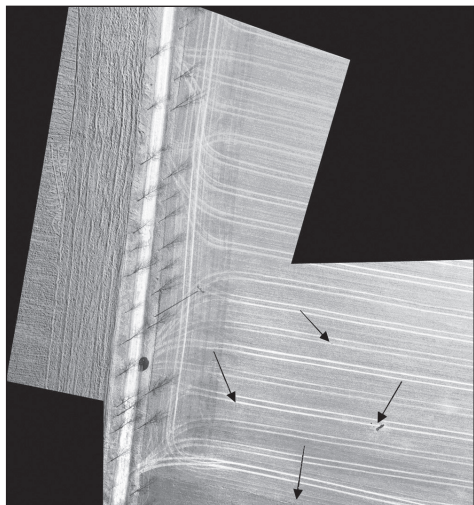
silném větrném nárazu, který celý model mírně vynesl. Modul však letovou hladinu opět správně korigoval.

Pro samotné snímkování a pro správnou tvorbu následné fotomozaiky je zřejmé a známé, že mezi jednotlivými snímky musí být podélný a příčný překryv. Ideální je, pokud podélný překryv je v rozmezí 60 % až 80 % a příčný 25 % až 30 %. Při snímkování z modelů však nelze osu letu ve většině případů přesně dodržet, a proto také nelze přesně dodržet hodnoty příčných a podélných překryvů na všech snímcích. To komplikuje tvorbu mozaiky.

Snímkování probíhalo poloprofesionální DSLR kamerou Canon EOS 500D na objektiv s ohniskovou vzdáleností 18mm. Počet pixelů na čipu je 15 milionů, z čehož lze při průměrné výšce kamery nad terénem 95m vypočítat, že prostorová rozlišovací schopnost snímku je 2,4cm. Vzhledem k účelu použití byly geometrické vady objektivu zanedbány.

Zpracování snímků

U snímkování z modelů je téměř nemožné vytvořit snímek s dokonalou centrální projekcí, kde optická osa objektivu bude směřovat směrem do nadiru. Nezpracovaná obrazová data obsahují významné geometrické nepřesnosti. Vzájemná poloha objektů neodpovídá jejich poloze ve skutečnosti (Dobrovolný 1998). Na nekorigovaných snímcích nelze provádět žádná měření. U snímkování z modelů je výraznou chybou především kolísání výšky nosiče. Dalším problémem jsou optické vady objektivu, které však nejsou předmětem předkládaného článku. Aby mohl být snímek vhodný jako podklad pro následné časoprostorové analýzy, musí dojít ke geometrické korekci a ke georeferencování snímku, což ovšem není jednoduchá záležitost. Jako nejjednodušší možnost geometrických korekcí se jeví polynomická transformace pomocí tzv. GCPs (ground control points) bodů. Polynomická transformace pomocí GCPs však řeší pouze část problémů. Chybu způsobenou nestejnou výškou terénu tímto způsobem odstranit však nelze. Pro tento účel je nutné provést takzvanou ortorektifikaci, kdy dojde k vyrovnání snímku na základě digitálního modelu terénu. Sběr identických bodů si lze při snímkování z modelů usnadnit tím, že si vytvoříme tzv. vlíčovací body, které rovnoměrně rozmístíme v terénu před samotným letem.



Obr. 5 – Výsledná georeferencovaná mozaika s vyznačenými GCPs body. Snímkováno z výšky 150 m nad terénem. Zdroj: autoři.

měřen statickou metodou pomocí dvoufrekvenční GPS aparatury. Byly získány přesné souřadnice v souřadnicovém systému WGS-84. RMSE chyba měřených bodů byla 6,2 cm v horizontální poloze. Georeferencování proběhlo v softwaru ERDAS Imagine 2010. Výsledná střední kvadratická chyba pro všechny snímky byla 0,5 m. Pokud by RMS chyba měla příliš vysoké hodnoty, bylo by nutné použít více identických bodů a případně transformaci polynomem vyššího řádu. Závěrečné převzorkování obrazu bylo provedeno metodou kubické konvoluce. Je zcela jisté, že poměrně kvalitní snímek z pohledu geometrických vlastností zajištěla gyrostabilizace a modul konstantní letové hladiny. Po převodu testovacích snímků do souřadnicového systému bylo možné přistoupit k tvorbě mozaiky. Pro potřeby testování jsme použili tři snímky. Software ERDAS Imagine je sofistikovaný nástroj pro zpracování dat DPZ. Pro tvorbu fotomozaiky disponuje nástrojem Mozaic tool, který představuje poloautomatický nástroj provádějící uživatele plynule jednotlivými kroky procesu.

Výsledek georeferencované mozaiky lze vidět na obr. 5. Vzhledem k rovinatému terénu a k dodržení dané výšky letu nebyla provedena ortorektifikace. I tak výsledek splnil půlmetrový limit, který byl stanoven na počátku. Na obrázku je znázorněna část vličovacích bodů v překrytu jednotlivých snímků, u kterých byla snaha je rozmístit rovnoměrně po snímkované oblasti. Je pravdou, že mozaiku lze vytvářet nejen v softwarech určených přímo pro DPZ, ale s úspěchem lze použít speciálních grafických softwarů, jako je např. Adobe Photoshop nebo AutoPano (Junyong, Liu Xue, Ziwei, Qingxi 2009).

Závěr

Dálkový průzkum Země nabízí nepřeberné množství dat, které jsou produkovány nejrůznějšími senzory. Data DPZ se v současné době používají

Ty nám následně budou sloužit jako GCPs body na jednotlivých snímcích. Vličovací body musí být dostatečně viditelné z požadované výšky. Polynomická transformace může být provedena v několika stupních. Od stupně transformace se dále odvíjí nutný minimální počet vličovacích bodů a možnosti transformace snímku. I nejjednodušší polynomická transformace prvního řádu může být dále rozdělena na několik subtypů podle počtu vličovacích bodů a podle typu transformace obrazu, ke které může dojít.

Pro georeferencování třech snímků z testovacího území byla použita transformace polynomem prvního řádu při použití šesti vličovacích bodů, které byly v překrytu obou snímků. Každý vličovací bod byl za-

pro nejrozumnější účely. Od krizového řízení až po archeologický a geologický výzkum. Nejpoužívanějšími daty na trhu jsou letecké a družicové snímky. Nicméně svou nezastupitelnou roli na odborném poli mají také data pořízená z leteckých modelů. Své uplatnění nacházejí zejména u aplikací, kde zkoumaná scéna není příliš velkého geografického rozsahu. Příkladem takovýchto aplikací může být archeologie nebo geomorfologie. Pokud na nosič připevníme multispektrální kameru, pak se z takového modelu stává mnohem sofistikovanější nástroj s množstvím výhod (cena, operabilita, měřítko snímku, prostorové rozlišení atd.).

Přestože snímky z leteckých modelů mají pouze omezené možnosti pro kontrolu geometrie, lze za určitých podmínek splnit všechny základní požadavky na geometrickou kvalitu snímků tak, aby snímek mohl vstoupit do dalšího procesu zpracování v GIS. Využití modelů v DPZ není novinkou. Již v 70. a 80. letech 20. století se na našem území snímkovalo s pomocí modelů. Pro následné zpracování snímků však tehdy neexistovala dostupná výpočetní technika. Zejména pro zpracování geometrických korekcí je výpočetní technika a specializovaný software neocenitelným pomocníkem. Předkládaný článek se zabývá pouze jednou částí geometrických korekcí. U snímkování z modelů je potřeba dále pracovat s geometrickými vadami objektivu. Problematika je však poměrně komplikovaná a zasloužila by si samostatný článek. Také je velmi důležité si uvědomit, že testování proběhlo v rovinatém terénu, které nevyžadovalo použití ortorektifikace. V případě snímkování ve velmi členitém terénu bychom se ortorektifikací museli zabývat.

Literatura:

- ABER, J. S., MARZOLFF, I., RIES, J. (2010): Small-Format Aerial Photography: Principles, techniques and geoscience applications. Elsevier, Amsterdam, 268 s.
- EVERY, T. E., BERLIN, G. L. (1992): Fundamentals of remote sensing and air photointerpretation. Macmillan, New York, 474 s.
- DOBROVOLNÝ, P. (1998): Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu. Masarykova univerzita, Brno, 208 s.
- JENSEN, J. R. (2007): Of the environment: An earth resource perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 529 s.
- JUNYONG, F., LIU XUE, L. Q., ZIWEI, L., QINGXI, T. (2009): Applications of multi-mode airborne digital camera system in Wenchuan earthquake and Qingdao algae disaster monitoring. Asian Journal of Geoinformatics, 9, č. 4, s. 29–33.
- KOLÁŘ, J. (1997): Dálkový průzkum Země 10. ČVUT, Praha, 164 s.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. (2002): Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, New York, 724 s.
- ŠMEJDA, L. (2009): Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků. Nakladatelství ZČU v Plzni, Plzeň, 186 s.

Pracoviště autorů: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geoinformatiky, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc; e-mail: jakub.mirijovsky@upol.cz, vilem.pechanec@upol.cz, jaroslav.burian@upol.cz.

Citační vzor:

MIRIJOVSKÝ, J., PECHANEC, V., BURIAN, J. (2012): Využití bezpilotního modelu PIXY při snímkování krajiny. Informace ČGS, 31, č. 1, s. 11–17.