

Drony v environmentální praxi:

Bezpochyby efektivní nástroje sběru dat o přírodě,

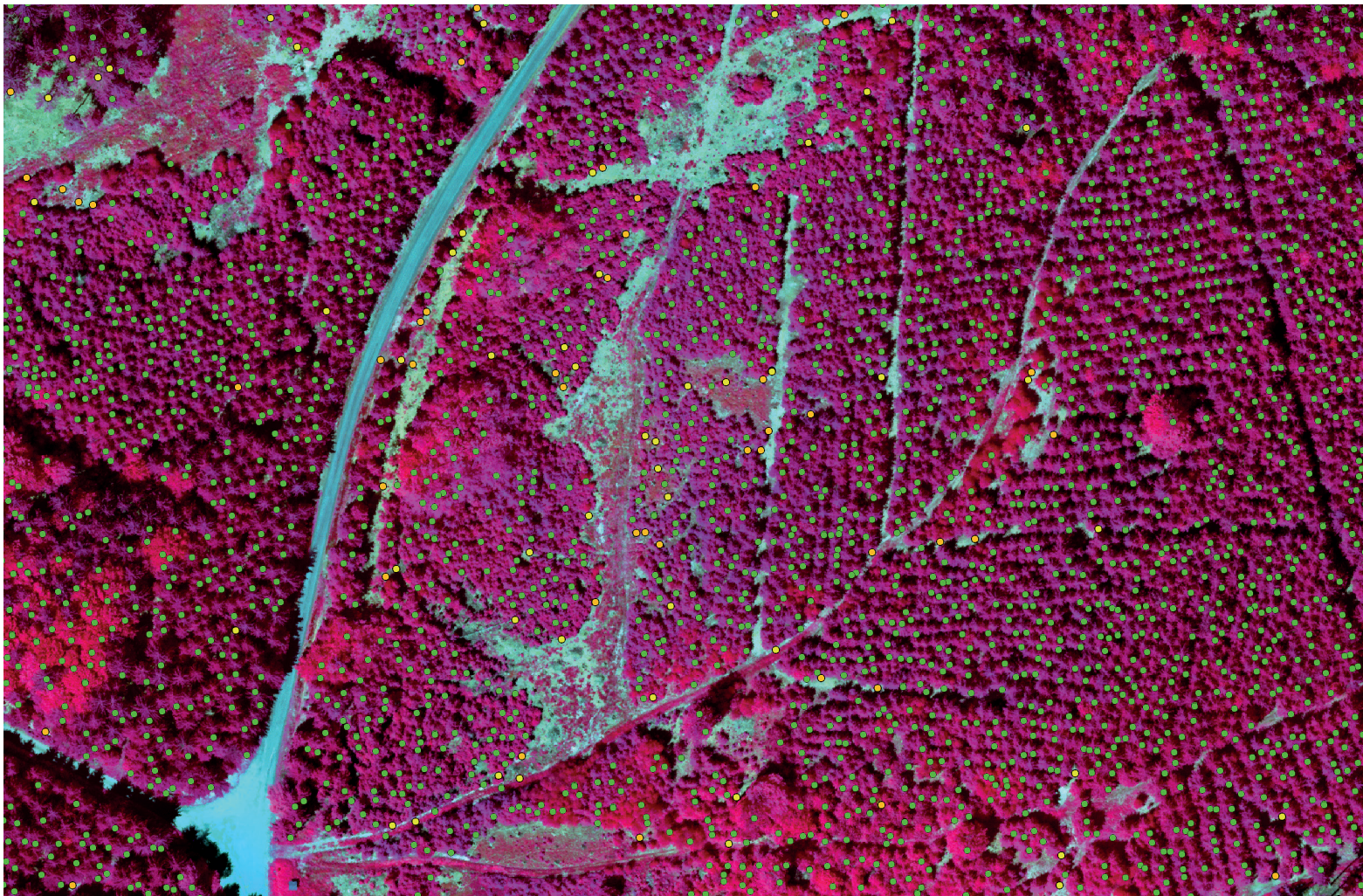
jsou ale uživatelé při svých požadavcích dost realističtí?

Jan Komárek, Martin Vávra

Bezpilotní letecké systémy jsou čím dál populárnější při sledování a hodnocení krajiny, a to jak pro environmentální výzkum, tak i mezi komerčními subjekty. Popularitu si získávají především svojí flexibilitou, rostoucí dostupností a klesající cenou. Využít lze prostředky osazené více špičkovými senzory naráz s hmotností přes 10 kg až po prostředky, které mohou vzletět z ruky. Záleží vždy na konkrétním účelu letu a cílové

aplikaci, nicméně už i prostředky vážící několik málo stovek gramů dokážou sebrat plnohodnotná data pro reálnou aplikaci. Navíc díky prodlužující se době letu lze sebrat data v jednotkách, desítkách až stovkách hektarů. I přes nespočet výhod je využití bezpilotních systémů v environmentální praxi často ovlivněno neuváženými rozhodnutími uživatelů, resp. zadavatelů konkrétních úloh.

Obrázek 1 Ukázka komerční aplikace – identifikace stojících stromů s vyhodnocením jejich zdravotního stavu (snímek v nepravých barvách s identifikovanými špičkami stromů). Zdroj Jan Komárek



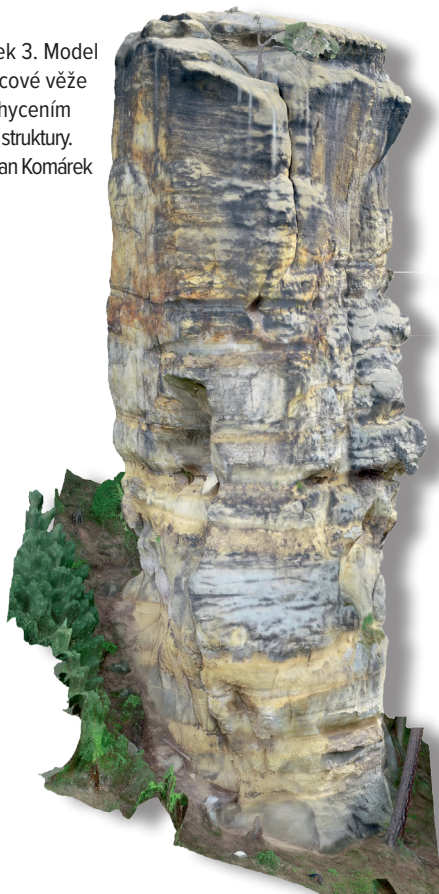
Úvod

Bezpilotní prostředky (Obrázek 2) jsou dnes hojně využívány v environmentální praxi, a to jak výzkumnými institucemi a univerzitami, tak i nejrůznějšími komerčními firmami. Z prvotního nadšení, kdy si různé odbory veřejných institucí a celá řada soukromých firem s obrovskými očekáváními nakoupily bezpilotní systémy, se pomalu začínají tříbit subjekty, které si osvojují správné techniky pořizování a zpracování dat a zdokonalují vlastní know-how v konkrétních aplikacích. Potkat se tak můžeme s využitím bezpilotních systémů při detekci stresu a hodnocení zdravotního stavu vegetace (Obrázek 1), pasportizaci zeleně, kontrole trhlin na skalních stráních, stanovení vodní bilance otevřené krajiny, hodnocení výnosu v precizním zemědělství a mnoho dalšího.

Drony versus družice a jejich schopnosti

Obecně lze konstatovat, že bezpilotní systémy patří do oboru tzv. dálkového průzkumu Země. Do téhož vědního oboru připadají i klasické letecké platformy a družice a obecně cokoli, co sbírá data bez přímého kontaktu s pozorovaným subjektem. Základní rozdíl mezi těmito platformami je především výška nad povrchem, ze které sbírají data. Zatímco družice se pohybují po oběžných drahách stovky až tisíce kilometrů

Obrázek 3. Model pískovcové věže se zachycením detailní struktury. Zdroj Jan Komárek



Obrázek 2 Bezpilotní systémy v terénu (vzletová hmotnost 9 a 1,5 kg). Foto Jan Komárek

rů nad zemským povrchem, letadla se obvykle pohybují ve stovkách metrů. Bezpilotní systémy létají spíše pak pouze v desítkách až menších stovkách nad povrchem. A ač může být letová hladina bezpilotního systému a letadla stejná, zásadní rozdíl je obvykle v ploše, kterou jsou schopné obě platformy nasnímat. V nasnímané rozloze pak s jasnou převahou vítězí družicové systémy, které dokážou snímat stovky až desetitisíce kilometrů čtverečních naráz, tedy např. území celých krajů i států. S rozlohou může přímo souviset i podrobnost nasnímaných dat. Zatímco u družic budou nejmenší mapované objekty v řádu jednotek až stovek metrů, bezpilotní systémy dokáží díky své letové hladině zachytit i objekty v řádech jednotek a desítek milimetrů, tedy např. konkrétní rostlinné druhy či velmi podrobnou strukturu objektu (Obrázek 3).

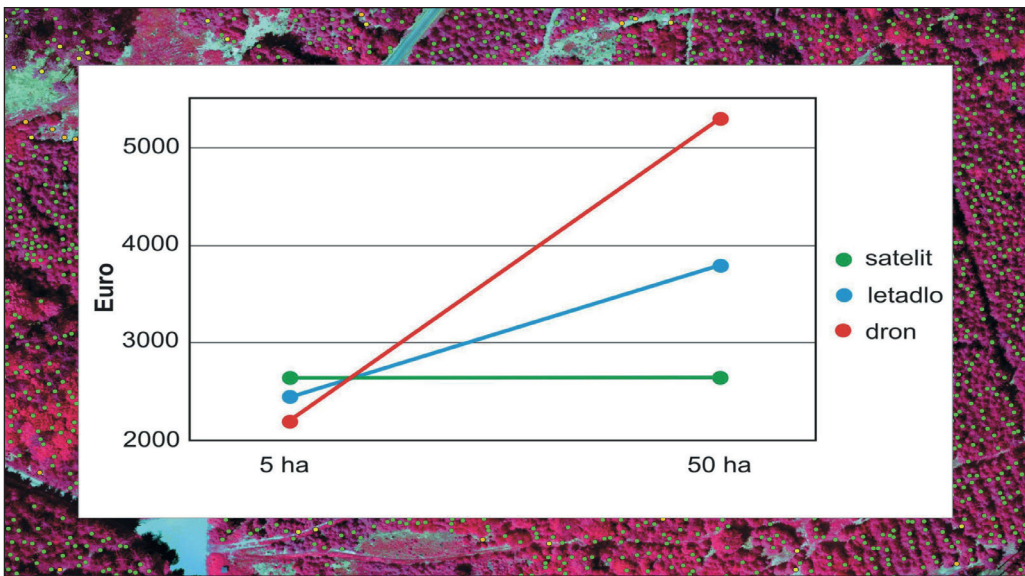
Obecně platí, že míra detailu klesá s rostoucí rozlohou, kterou chceme mapovat. Volbě platformy by mělo proto předcházet stanovení jasných cílů. Pro analýzu na úrovni porostů či přírodních památek lze pohodlně využít bezpilotní systém s vysokou mírou mapovaného detailu, ovšem pro analýzu na úrovni velkoplošných chráněných území či některých přírodních rezervací ztrácí využití těchto systémů význam a je vhodnější přistoupit k využití družicových systémů či pilotovaných letadel. Zjednodušené porovnání platforem vůči míře detailu a nasnímané ploše je demonstrováno v tabulce 1. Ještě extrémnější neúměrnost nárůstu cen demonstruje Matese et al., 2015 (Obrázek 4).

V odborné praxi se tento aspekt označuje jako prostorové rozlišení, tedy míra snímaného de-

Tabulka 1 Zjednodušené porovnání platforem pro environmentální aplikace. Stanovené ceny vycházejí z reálných nabídek u konkrétní rozlohy (tučně), ostatní rozlohy jsou pouze odhadem. Reálné náklady mohou být dále ovlivněny konkrétní topografií terénu, dostupností lokality, nutností terénního zaměřování apod. Ceny nezohledňují typ použitých senzorů a účel pořizování dat. Vypracoval Jan Komárek

Dostupnost	Komerční družice*	Letadla	Bezpilotní prostředek
	Dle orbity, až dvakrát denně	Na vyžádání	Na vyžádání
Prostorové rozlišení	> 1m	0,1m	0,02m
Cena za 1 km²	0,2 tis.	170 tis.	30 tis.
Cena za 10 km²	2 tis.	170 tis.	45 tis.
Cena za 100 km²	20 tis.	220 tis.	600 tis.

* Příklad SkySat, minimální odběr snímku je ve všech případech cca 5000 USD.



Obrázek 4 Porovnání platforem na malých rozlohách – extrémní případ nerovnoměrného růstu ceny vůči snímané rozloze, převzato od Matese et al., 2015.



Obrázek 5 Nevhodné podmínky pro sběr dat (nárazy větru přes 10 m.s-1). Rychlost větru nepřekročila maximální provozní hodnotu prostředku, ovšem data použitelná nejsou. I přes fakt, že je podvěs s kamerou aktivně stabilizován, nebyl vzat v potaz fakt, že stromy ve větru stabilizované nejsou. Algoritmus poté není schopen jednotlivé fotky spojit a vytvořit celistvou mozaiku. Zdroj Jan Komárek

tailu a velikost nasnímaného území. Prostorové rozlišení je častým argumentem pro zvolení dané platformy, mnoho uživatelů již ale u této informace nezohledňuje velikost území, kterou mohou při tomto detailu získat. Přitom souvislost těchto parametrů je klíčová. Mimo míru detailu a velikost nasnímaného území je třeba zohlednit ještě údaj o tom, jak často mohou z daného území data získat, tedy tzv. časové rozlišení. U družic je tento údaj obvykle fixní a závislý na oběžné dráze. Družice mají časové rozlišení v řádech dnů, stejné území bude tak nasnímané např. jedenkrát za pět dní. U letadel a bezpilotních prostředků je tento parametr značně variabilnější. Zde se obvykle používá časové rozlišení tzv. na vyžádání. Bepilotní systémy tak vynikají především svojí časovou flexibilitou, a dané území lze proto nasnímat, kolikrát je potřeba.

Klíčové jsou také parametry snímků, tedy rozlišení snímaného elektromagnetického spektra. U družic je tento parametr předmětem dlouhého vývoje a plánování. Uživatelé mají obvykle k dispozici parametry senzorů ještě před uvedením družice do provozu. Letadla a bezpilotní systémy lze osazovat senzory dle požadavků letové mise, a proto jsou parametry senzorů obvykle limitovány pouze nabídkou trhu. Zatímco pasivní senzory, které pořizují snímky nejčastěji ve viditelné a infračervené části spektra, lze využít kupříkladu pro hodnocení zdravotního stavu vegetace či rozlišení krajinného pokryvu (nebo i samotných druhů rostlin), aktivní senzory poskytují data využitelná třeba pro sledování vlhkosti půdy.

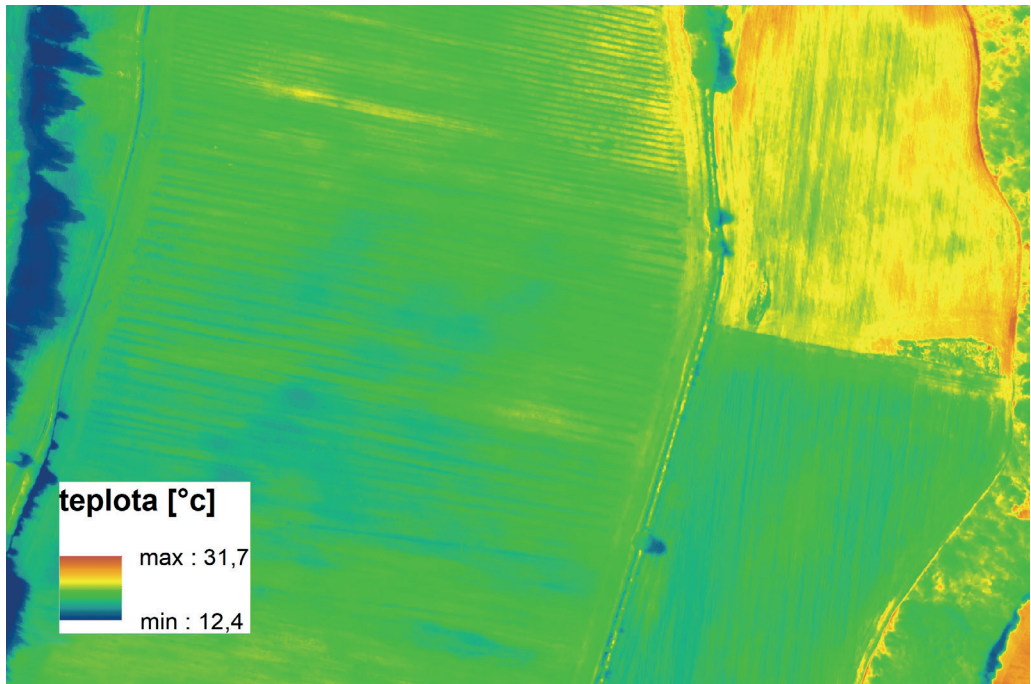
Limity počasí a cena provozu v našich podmínkách

Ať se rozhodneme využít bezpilotní systémy, letadla, či družice, jedním z nejvíce limitujících faktorů bude počasí. Mohlo by se zdát, že pro družice je tento parametr bezpředmětný, ovšem snímky pořízené během oblačnosti značně sni-

žují využitelnost dat z pasivních (optických) senzorů. V našem klimatickém pásu je bohužel oblačnost jedním z nejvíce limitujících faktorů, které významně snižují časové rozlišení, a tím i využití pro aplikace, které vyžadují opakovaná snímání oblasti. Let bezpilotního systému je na oblačnosti technicky nezávislý, nicméně provozní závislost na počasí je zde naopak enormní. Technologii bezpilotních prostředků omezují v provozu nízké i vysoké teploty, rychlost proudění vzduchu i sebemenší srážky. Vzhledem k rozmanitosti počasí na našem území je třeba důkladné plánování letových misí, které výrazně zkrátí počet dní v roce, kdy je možné sběr dat provést. Navíc, i když operátor v nepříznivý den vyhodnotí podmínky jako přijatelné pro provoz bezpilotního prostředku, šance, že budou data kvalitně nasnímaná, a tím využitelná pro danou aplikaci, je mizivá.

Druhým nejvíce limitujícím faktorem využití bezpilotních systémů je jednoznačně jejich provozní cena. Když pomíneme pořizovací náklady, ekonomika provozu není tak příhodná, jak by se mohlo na první pohled zdát. Náklady na celodenní sběr dat, tj. nasnímáním oblasti s rozlohou desítek až stovek hektarů (např. lesní porost), se v případě komerčních aplikací pohybují v desítkách tisíc korun. Podobná cena pak pokryje náklady na let klasického letadla na hodinu možná několik málo hodin. Uživatelé také často neopodstatněně požadují sběr dat s velmi vysokou mírou detailu na velkých rozlohách. Otázkou zde zůstává, zdali ekonomická náročnost takového sběru dat není již daleko za hranicí únosnosti. Pro velká území lze pořídit komerční družicové snímky, které svojí mírou snímaného detailu dalece převyšují volně dostupná družicová data a jsou tak využitelná pro většinu environmentálních aplikací. Přesvědčení uživatele o kritickém zhodnocení výběru platformy a cílové míry detailu jsou proto v současnosti jed-

Obrázek 7 (níže) Mapování dynamiky vodního koryta. Foto Petr Klápště



Obrázek 6 Teplotní poměry ve volné krajině. Zdroj Jan Komárek

němi z výzev operátora bezpilotního systému. O to více, když si uživatelé často neuvědomují enormitu výpočetní a časové náročnosti při následném zpracování těchto dat.

Uživatelských zkušeností není nikdo dost

Obor pozorování Země je tradiční vědní disciplínou, která využívá data z družic již desítky let pro nejrůznější environmentální aplikace. Proto zde již existuje řada standardů a postupů, jak mají být data pořízena i zpracována do cílové aplikace. Využití bezpilotních prostředků je sice neustále narůstající odvětví, nicméně stále relativně nové a řada aspektů není ještě standardizována. Nezkušenosti uživatelé tak často díky datům z bezpilotních systémů zkreslují realitu a předkládají produkty s vysokou mírou nejistoty a nepřesnosti. Uživatelé mají také často sklony přeceňovat význam vysoké míry detailu a ženou se za daty, jejichž pořízení a zpracování

má nepřiměřené ekonomické nároky. Bepilotní systémy jsou bezpochyby krok kupředu, především co se týká jejich časového rozlišení – flexibilního nasazení, možnosti opakovat snímání dle potřeby a aditivní generování výškových modelů mimo mozaiky. Je zapotřebí ale vždy kriticky hodnotit, jaká míra detailu má pro naši aplikaci ještě smysl a jestli se pro zvolenou rozlohu nevyplatí využít již letadlo či zakoupit družicový snímek. O to více, že současná legislativa vyžaduje trvalý vizuální dohled operátora na bezpilotní prostředek, což je pro sledování volné krajiny či lesního porostu značná komplikace. V praxi je vzhledem k požadavkům zadavatele často bráno toto omezení spíše jako doporučení, nikoli nepřekročitelná podmínka.

Použitá literatura

MATESE, Alessandro, et al. *Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture*. Remote Sensing, 2015, 7.3: 2971–2990