

„Vek DRONOV“ a výskum krajiny

Rusňák, T., Košanová, S.: The Age of Drones and Landscape Research, *Životné prostredie*, 2020, 54, 2, p. 73–77.

The use of drones is rapidly growing in last years, they have been used in many new domains. Originally drones were developed for military purpose. Thanks to their efficiency and safety, they have been used also in land survey. They handle a number of tasks, from classic photography to the delivery of goods or spraying of fertilizers in the fields. In this article, we briefly describe their history, general rules for flying, legislation, basic classification, their application and as well as their advantages and disadvantages.

Key words: drones, landscape, agriculture, applications

Drony si za svoju „krátku“ históriu prešli značným vývojom. Vyvinuli sa z jednoduchých balónov, na ktorých boli umiestnené bomby, až po autonómne bezpilotné lietajúce zariadenia známe pod skratkou UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). V súčasnosti dokážu byť nosičmi pre rozličné zariadenia. S týmito zmenami súvisí aj množstvo aplikácií, prostredníctvom ktorých môžu byť drony nápomocné v krajine. Umožňujú mapovanie a prieskum krajiny v reálnom čase a vo väčšej mierke ako je tradičné mapovanie v teréne. Okrem klasických 2D snímok je možné pomocou dronu vytvoriť aj 3D snímky krajiny, a to prostredníctvom fotogrametrie alebo laserovým skenerom LIDAR-om (LIDAR, *Light Detection And Ranging*). Tieto 3D modely sa využívajú napr. pri hľadaní nových archeologických lokalít (Lieskovský, 2020), alebo pri krajinom plánovaní (Cilek et al., 2020). Navigačný systém GPS umiestnený na drone umožňuje jeho naprogramovanie tak, aby sa dostal na presne určené miesto. Toto je veľmi užitočné pri precíznom poľnohospodárstve, kde sa využívajú pri aplikáciách hnojív a insekticídov alebo pri monitoringu zdravotného stavu plodín (Tokelar et al., 2016). Taktiež sa drony využívajú na výrobu umeleckých fotografií pre marketingové účely akými sú letecké fotografie prírody, starej architektúry, pamiatok, obcí a miest. Sú veľmi nápomocné pri dokumentácii technického stavu budov, pri monitorovaní priebehu výstavby, umožnia spraviť 3D obraz historických pamiatok akými sú staré hrady, zámky. Takisto našli uplatnenie pri tvorbe leteckých videí pre filmové účely, ako napr. dokumentácia živej prírody, videoklipy, živé prenosy, reklamné videá, prostredníctvom kamier umiestnených na lietajúcich zariadeniach vieme sledovať priebeh stavebných prác, alebo prírodné udalosti akými sú zemetrasenia, zosuvy pôdy a pod. Veľký význam majú ako letecká podpora pre záchranné jednotky – sú veľmi dobrými pomocníkmi pri požiaroch, monitorujú ich smer, majú špeciálne senzory ktoré zachytávajú stav požiaru, tepelné úniky, skryté podpovrchové poškodenie stavieb, dokážu merať stav znečisteného ovzdušia (Karas, 2016).

História dronov

Bezpilotné lietajúce zariadenia majú dlhú históriu, prvá zaznamenaná zmienka o ich použití sa datuje do roku 1848, kedy sa uplatnili v *Talianskej vojne za nezávislosť*. Rakúske vojsko použilo približne 200 balónov vybavených časovačmi, pomocou ktorých boli spustené bomby na obliehané Benátky (Murphy, 2005). Vývoj prebiehal aj počas I. Svetovej vojny, kedy americká armáda iniciovala požiadavku na zostrojenie bezpilotného lietadla. Lietadlo sa, napriek niekoľkým úspešným skúšobným letom, napokon nikdy nevyužilo v boji a jeho vývoj zostal utajený až do II. Svetovej vojny. Nazývalo sa *Kettering Aerial Torpedo* (resp. *Kettering Bug*) a bol to 4 metre dlhý dvojplôšník vybavený gyroskopom, schopný uniesť až 80 kg váziacu bombu, ktorý mal dolet až 120 km. Po vypočítanej a nastavenej vzdialenosti sa mu uvoľnili krídla a pri dopade vybuchol. Nevýhodou bolo, že dokázal letieť len rovno (Cornelisse, 2002). Prvé bezpilotne riadené lietadlo bolo vyvinuté *Námorníctvom Veľkej Británie* v roku 1931, bol ním upravený dvojplôšníkový hydroplán *Fairey III F*. Toto diaľkovo ovládané lietadlo malo však veľmi obmedzený dosah príjmu rádiových vln a preto sa nemohlo používať na veľké vzdialenosti, preto riadenie mnohokrát ovládal operátor z ďalšieho lietadla, ktoré letelo za ním. Po ňom nasledoval vývoj v roku 1935 skonštruovaním stroja *de Havilland DH.82B Queen Bee*, ktorý ako prvý dokázal diaľkovo pristáť a byť znovu použitý. *Queen Bee* sa považuje za prvé viacúčelové bezpilotné lietadlo – dron. Využívalo sa najmä pri tréningu protiletadlových strelcov a okrem toho mohlo byť použité aj (ako jeho predchodcovia) ako jednocúčelová navádzaná zbraň (Bartsch et al., 2016). Odvtedy sa drony začali používať na rôzne účely, či už ako navádzacie strely, na tréning vojakov a letcov, alebo na získavanie spravodajských informácií o krajinách. Aj keď v minulosti boli predovšetkým využívané na vojenské účely, v súčasnosti sú už dostupné aj pre civilné obyvateľstvo, za čo môžeme vďačiť civilným vývojárom dronov (DJI, Parrot, senseFly, Aerialtronics, UAVONIC, atď.)

Všeobecné pravidlá pre lietanie

Zákon o civilnom letectve (letecký zákon) č. 143/1998 Z. z. v § 7 udáva všeobecné pravidlá pre lietanie s bezpilotnými lietajúcimi zariadeniami. Podľa tohto zákona je povolené lietať maximálne do výšky 120 m (400 ft) nad najvyššou prekážkou v okruhu 30 m od bezpilotného lietadla mimo riadeného okrsku letiska (CTR, Control Traffic Region). Pilot na diaľku musí mať počas letu vždy vizuálny očný kontakt s dronom, pričom musí pozorovať okolie a vyhnúť sa inej letovej prevádzke na základe princípu „vidieť a vyhnúť sa“. Lietanie s dronom je vyhradené v neriadenom vzdušnom priestore triedy G. Trieda G siaha od zeme do výšky 300 m, mimo riadeného okrsku letiska, taktiež platí, že nesmieme vykonávať let nad zakázanými zónami, akými sú vojenské vzdušné priestory. Pri lietaní v blízkosti týchto zón je potrebné si vyžiadať povolenie. Zakázané je lietať nad zastavaným územím, chránenými oblasťami a obyvateľstvom. S UAV lietame tak, aby sme neohrozovali bezpečnosť osôb a majetku na zemi a aby sa zabezpečila ochrana životného prostredia. UAV sa nesmie používať na rozprávanie chemických látok alebo zhadzovanie predmetov, to neplatí pokiaľ máme súhlas dopravného úradu na vykonávanie leteckých aplikácií. Lietať je zakázané aj nad cudzími pozemkami bez súhlasu vlastníka pozemku. Pri ovládaní dronov musíme vždy dodržiavať právne predpisy v oblasti súkromia a osobných údajov. Všeobecne platí, že lietať v nočných hodinách je zakázané pokiaľ nevykonávame leteckú prácu so súhlasom dopravného úradu. Využívanie dronov na komerčné účely si vyžaduje dodržiavať veľa pravidiel a predpisov. V prvom rade dron musí byť prihlásený na dopravnom úrade, kde mu pridelia evidenčné číslo. Pre vykonávanie letu na komerčné účely je potrebné, aby bolo bezpilotné lietadlo poistené proti škodám tretím osobám (zákonná poisťka) a musí mať povinnú havarijnú poisťku. Pilot musí absolvovať skúšky na dopravnom úrade, ktoré sa skladajú z teoretickej časti pozostávajúcej z nasledujúcich predmetov: letecké právo a postupy riadenia letovej prevádzky, všeobecné vedomosti o lietadle, letové výkony lietadla a plánovanie letov, meteorológia, prevádzkové postupy, základy letu a letecká komunikácia. Po úspešnom absolvovaní teoretickej časti skúšok nasledujú praktické skúšky kde sa preukazuje zručnosť ovládania UAV lietadla. Po úspešnom zvládnutí týchto skúšok dopravný úrad vydá povolenie na lietanie s lietadlom, ktoré je spôsobilé lietať bez pilota. Neoddeliteľnou súčasťou k povoleniu vykonávania leteckých prác je nutnosť vypracovať prevádzkovú príručku k danému typu bezpilotného UAV, ktorá musí byť schválená dopravným úradom. Následne je nutné vyžiadať dopravný úrad o vydanie povolenia vykonávať letecké práce, kde ku žiadosti je potrebné zaplatiť správny poplatok.

Od 1. januára 2021 bude v celej Európskej únii platiť jednotná legislatíva, ktorá bola uvedená v úradnom

vestníku Európskej únie pod číslom L 152/45 z dňa 11. júna 2019, ktorou nadobudne platnosť Vykonávacie nariadenie komisie EÚ č. 2019/947 z 24. mája 2019 o pravidlách a postupoch prevádzky bezpilotných lietadiel.

Klasifikácia dronov

Väčšina dronov (UAV) je vyrobená z ľahkých kompozitných materiálov, ktoré dokážu dobre absorbovať vibrácie a musia mať aj malú hmotnosť pre lepšiu ovládateľnosť. Sú vybavené rôznymi technickými prostriedkami, ktorými sú predovšetkým GPS zariadenia, klasické, alebo multispektrálne kamery, prípadne môžu niesť rozprašovače chemických látok, alebo ťažné zariadenia. UAV systém sa skladá z dvoch častí – samotného telesa dronu a riadiaceho systému ovládaného človekom.

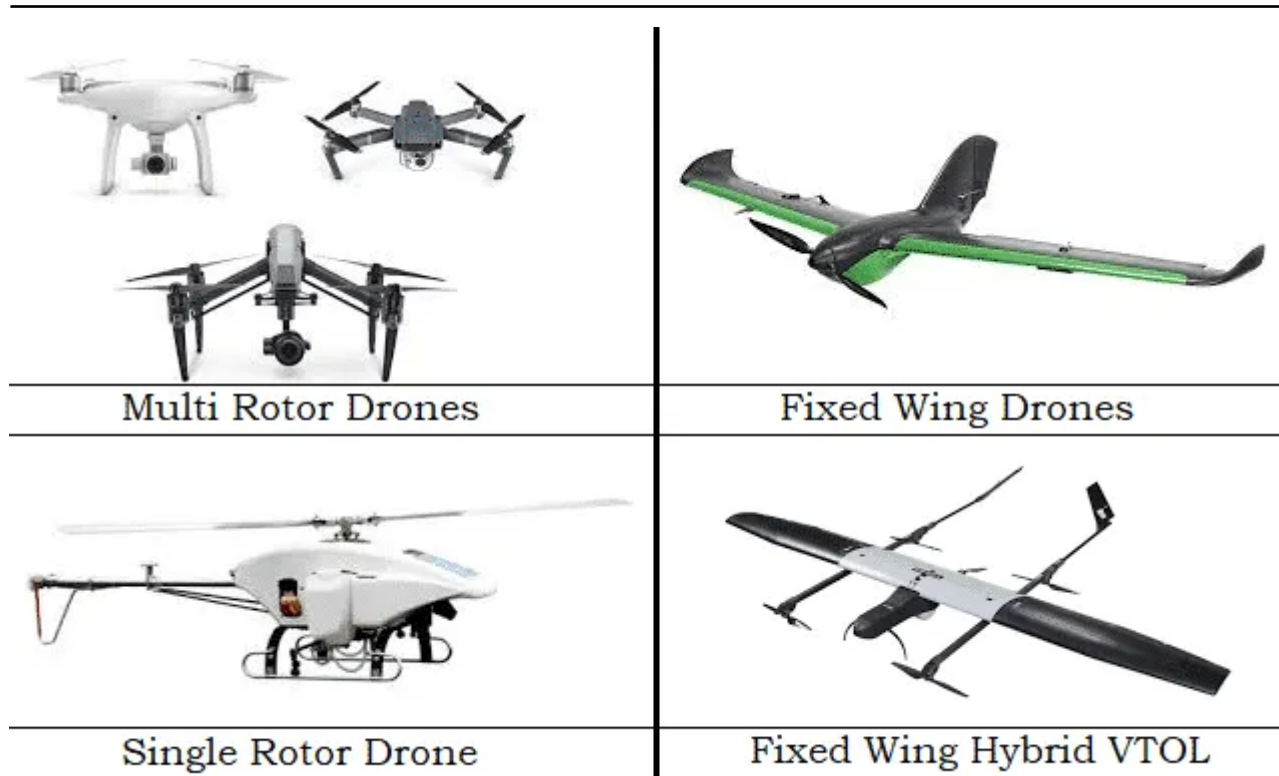
Existuje široké spektrum dronov, ktoré sú rozdelené do kategórií podľa platformy, využitia, alebo parametrov.

Z hľadiska legislatívy na Slovensku rozlišujeme dve hlavné kategórie:

- Kategória A (hobby užívatelia) – je možné vykonať let dronom len počas dňa s udrzaním priameho vizuálneho kontaktu vo vzdialenosti maximálne 100 m od pilota (obsluhy), v neriadenom vzdušnom priestore nad úrovňou zeme. V rámci tejto kategórie existujú ešte tri hmotnostné subkategórie:
 - * A1 – v rozmedzí $250 \text{ g} \leq \text{dron a model lietadla} \leq 900 \text{ g}$ (DJI Mavic Air 2, Mavic Mini);
 - * A2 – $900 \text{ g} < \text{dron a model lietadla} \leq 4 \text{ kg}$ (DJI Phantom 4 Pro+ V2.0, Mavic 2 Pro);
 - * A3 – $4 \text{ kg} < \text{dron a model lietadla} \leq 25 \text{ kg}$ (Altura Zenith ATX8, DJI Matrice);
- Kategória B (komerční užívatelia) – sa vzťahuje hlavne na komerčné využívanie bezpilotných systémov. V tejto kategórii je potrebná evidencia lietadla na dopravnom úrade, bezpilotné zariadenie musí byť poistené a musí mať schválenú prevádzkovú príručku pre daný typ lietadla na dopravnom úrade. Obsluhovať takéto lietadlo môže iba licencovaný pilot a musí byť vydané povolenie na vykonávanie leteckých prác.

Podľa platformy sa drony (obr. 1) rozlišujú na:

- *Multirotorové* – sú drony s viacerými rotormi (3 a viac rotorov). Vďaka väčšiemu počtu rotorov sú stabilnejšie ako ostatné druhy dronov. Ich najväčšou nevýhodou je obmedzená dĺžka letu (20 – 30 minút), ktorá je spôsobená vyššou spotrebou energie vďaka rotorom;
- *Singlerotorové* – sú drony s jedným rotorom, ktoré sú konštrukciou podobné vrtuľníkom. Majú jeden veľký hlavný motor a druhý menší rotor na chvoste, prostredníctvom ktorého sa ovláda jeho smer. Dokážu podobne ako multirotorové drony stáť vo vzduchu na mieste, majú vyšší letový čas ako multirotorové drony, avšak sú menej stabilné a náročnejšie na ovládanie;



Obr.1. Príklad jednotlivých typov dronov z hľadiska platformy. Zdroj: <https://electricalfundablog.com>

- *Fixed wing* – sú drony s pevnými krídlami, ktoré vyzerajú podobne ako lietadlá. Na rozdiel od single a multi rotorových dronov nedokážu vo vzduchu stáť na mieste, ale len pohybovať sa vpred. Na vzlet a pristátie potrebujú väčšiu plochu. Výhoda oproti rotorovým dronom je, že dokážu pokryť väčšie územie a udržia sa vo vzduchu dlhšie (45 minút a viac);
- *VTOL UAV (Vertical Take-off and Landing)* – predstavujú kombináciu medzi dronom s pevným krídlom (dlhší letový čas a väčšia rýchlosť) a rotorovým dronom (státie na mieste).

Z hľadiska ovládania UAV rozdeľujeme na:

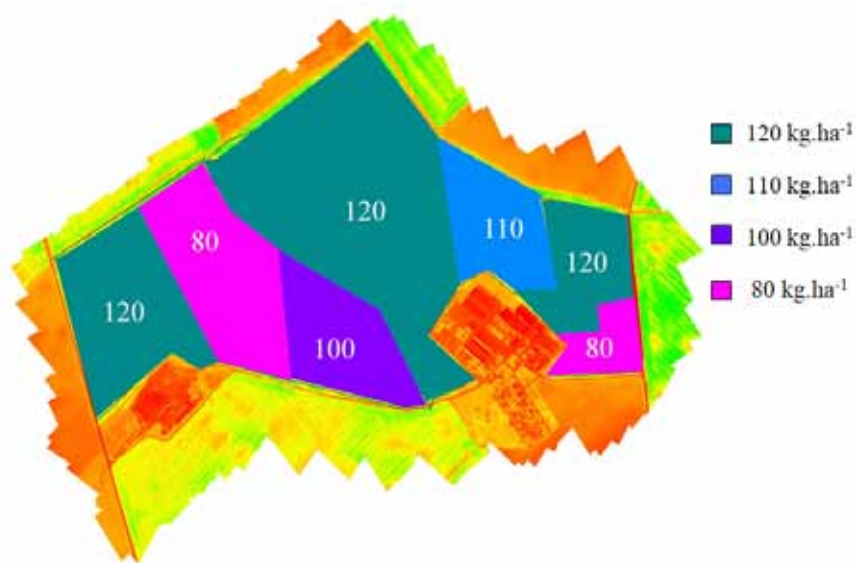
- *autonómne UAV* – vykonávajú všetky letové úlohy samostatne, vrátane vyhýbania sa inej prevádzke a prekážkam, konštrukcia lietajúceho stroja neumožňuje zásah pilota do riadenia letu;
- *dialkovo riadené UAV* – je riadené osobou na diaľku.

Využívanie dronov vo výskume krajiny

Perspektíva využitia dronov je širšia ako len na tvorbu bežných fotografií a videí z výšky. Využívanie dronov v krajinom výskume čoraz viac nahrádza časovo a finančne náročnejšie letecké snímkovanie. Medzi ich hlavné benefity oproti leteckému snímkovaniu patrí ľahká manipulácia, nízka hlučnosť, schopnosť rýchleho nasadenia v teréne a možnosť letu aj pri nízkej oblač-

nosti. UAV systém môže byť nápomocný pri tvorbe maľmentových opatrení v mokradových ekosystémoch, ktoré zanikajú v dôsledku klimatických zmien. Na zlepšenie hodnotenia stavu stavu mokradových ekosystémov v Južnej Afrike využili nástroje UAS Boon et al. (2016). Vo výskume použili ortofotosnímky a trojrozmerné (3D) modely s vysokým rozlíšením na stanovenie krajinného prostredia, z modelov následne odvodili svahové profily a identifikovali oblasti s vysokým nasýtením pôdy a akumulácie vody. Prostredníctvom UAV zmapovali povrchové vodné zdroje, vrátane hydrofilnej vegetácie.

Monitorovanie vodnej plochy dronmi, zamerané na sledovanie brehových biotopov, stability a vývoja koryta, či zmien v súlade s revitalizačným plánom je predmetom dlhodobého výskumu v Prahe v lokalite Hostavického potoku. Vodné toky v mestskom prostredí sú vystavované znečisteniu a je v nich zrejmy úbytok vody, no zároveň sú ohrozované nárazovým zvýšením prietoku v čase prudkého zvýšenia zrážok. Revitalizovaný vodný kanál preukázal schopnosť zmierniť priebeh povodňovej udalosti bez výrazných únikov mimo pobrežnej zóny. Monitorovaním sa zistila aj intenzívna eutrofizácia v novovytvorených plytkých rybníkoch s nedostatočným odtokom. Výskum preukazuje, že UAV môže byť prostriedkom, ktorý poskytuje spoľahlivé informácie pre kvantitatívne a kvalitatívne hodno-



Obr. 2. Aplikačná mapa. Zdroj: Agrotradegroup s.r.o, 2020

tenie pokroku a úspešnej obnovy toku (Langhammer, 2019).

Analýzou UAV snímok s vysokým rozlíšením je možné tiež identifikovať eróziu pôdy a monitorovať jej vývoj. Je potrebné zhotoviť snímky aspoň v dvoch letových výškach, následne pomocou fotogrametrie vytvoríť 2D mapu a digitálny model reliéfu. Na výskum erózie pôdy v Maroku využili snímky zhotovené v 2 letových výškach – 70 m nad povrchom a 400 m nad povrchom. V nižšej letovej výške mal digitálny model terénu rozlíšenie 0,05 x 0,05 m a vo vyššej výške rozlíšenie 1,0 x 1,0 m. Výsledné produkty umožnili analýzu na porovnateľnej úrovni s priamou terénnou prácou vďaka vysokému rozlíšeniu (D'oleire-Oltmanns, 2012).

Multispektrálne UAV snímky a satelitné snímky sa používajú aj na identifikáciu invázných organizmov. Martin et al. (2018) využili multispektrálne snímky z dronu a satelitné snímky z družice *Pleiades 1B PMS*, zhotovené v 3 časových obdobiach, na mapovanie pohánkovca japonského (*Fallopia japonica*). Presnosť v odhalení pohánkovca dosahovala viac ako 90 – 95 % pre satelitné aj UAV snímky. Rastliny rastúce pod korunami stromov sú však naďalej ťažko zmapovateľné.

V poľnohospodárstve sa využívajú drony s termálnymi kamerami, RGB snímačmi a najmä s multispektrálnymi senzormi. Prostredníctvom multispektrálnej snímky obhospodarovateľ presne lokalizuje oblasť porastu, ktorá je napadnutá škodcami alebo chorobou a následne prostredníctvom programu vytvorí aplikačnú mapu pre distribúciu hnojív a chemikálií (obr. 2). Výhody sú v značnom znížení prejazdov agrotechnických zariadení v poraste, čím sa zabráni zhutňovaniu pôdy a podstatná úspora nákladov vzniká aj aplikáciou látok

(postrekov, hnojív, chemických látok na úpravu pH) len do miest na lokalite, kde si to pôda, či porast vyžaduje.

V lesnom hospodárstve sa snímky zhotovené dronmi využívajú na mapovanie druhovej štruktúry porastu, aj na mapovanie zdravotného stavu lesa. Pomocou metódy SfM (*Structure from Motion*) Alonzo et al. (2018) mapoval boreálne lesné druhy a ďalšie štruktúry porastu na Aljaške. Pri metóde SfM sa vytvorí husté 3D mračno bodov z prekrývajúcich snímok, ktoré slúži na zhotovenie modelu lesného porastu. Následne na základe rozličnej farby, veľkosti, tvaru a textúry sa klasifikuje vegetácia na jednotlivé druhy stromov a krovín. Na mapovanie zdravotného stavu lesov sa

zamerali napr. Lehmann et al. (2015). Na dvoch lesných porastoch s prevahou duba a hrabu identifikovali napadnutie chrobákom *Agilus biguttatus Fabricius*. Multispektrálnym snímaním stanovili päť tried zdravotného stavu (zdravý porast, napadnutý porast, odumretý porast, ostatná vegetácia a medzery v poraste).

Termálna kamera upevnená na drone pomáha zoológom a ochranárom monitorovať divo žijúce cicavce v prírode, ktoré sa skrývajú pod korunami stromov alebo vo vysokej tráve. V susednom Česku testovali využitie klasickej RGB kamery a termálnej kamery na monitoring cicavcov, sledovaním stáda jeleňov. Výskum prebiehal na dvoch rozličných plochách, jednou bola plocha s nízkou vegetáciou (otvorené, prevažne nelesné trávnaté plochy), druhá plocha sa vyznačovala riedkou až hustou stromovou vegetáciou, typickou pre lesné prostredie. Zistili, že snímky nasnímané RGB kamerou sú vhodné na identifikáciu zvierat na plochách s nízkou vegetáciou, ktorá neposkytuje zvieratám úkryt, problematickými sa tiež ukázali tieň vrhané stromami, alebo väčšie kríky, ktoré bránia identifikácii jedincov. Na snímkach z termálnej kamery bolo možné identifikovať jedince nielen tie, ktoré sa ukrývali v tieni stromov, ale aj pod riedkym porastom (Simek a kol., 2017).

Termálne snímky sa využívajú aj na vyhľadanie tepelných ostrovov v meste. Jednoznačne sa prostredníctvom nich ukázal pozitívny vplyv stromovej vegetácie a vodných prvkov na mikroklimu. Pri teplote vzduchu 26°C sa môžu betónové plochy vyhriať až na 40°C (Struha et al., 2017).

Nenahraditeľnou pomocou sú drony v oblastiach, ktoré sú rizikové, ako sú skalnaté oblasti, okraje úte-

sov, alebo horské oblasti s vysokým rizikom padania lavín, kde môžu byť nápomocné aj pri záchrane ľudských životov.

S ohľadom na množstvo výhod využitia UAV v krajinom výskume je potrebné spomenúť hlavné nevýhody, ktoré limitujú ich uplatnenie. Jednou z hlavných nevýhod je doba letu. Vzhľadom na súčasné najpoužívanejšie technológie v oblasti akumulátorov, je doba letu UAV iba cca 45 minút. Ďalšou nevýhodou je ich nízka nosnosť (u hobby dronov je do 2 kg, u profesionálnych dronov cca do 6 kg) a reatívne krátky dolet (priemerne do 6 km, no v rámci legislatívy je možný let s dronom maximálne do vzdialenosti vizuálneho kontaktu). Momentálne nie sú u nás dostupné technológie schopné získavať údaje z plôch, ktoré sa nachádzajú pod hustým porastom. Aj keď technológia LIDAR toto čiastočne eliminuje, stále však nedokáže získať údaje o reflektancii vegetácie, pretože zaznamenáva len údaje o vzdialenosti zemského povrchu (a predmetov na ňom) od senzora v konkrétnych bodoch snímania. Presnosť jednotlivých senzorov, ktoré sú umiestnené na dronoch tiež nemusí dosiahnuť maximum presnosti príručných zariadení, ktorými sa fyzicky vykonávajú merania v teréne, alebo odoberajú vzorky a následne spracovávajú v laboratóriu. Aj počasie v oblasti a poveternostná situácia na lokalite (prevažne vietor a dážď) limituje, kedy môže dron lietať a kedy nie. Preto je na skúsenom užívateľovi a „pilotovi“, aby zvážil, či a kedy je vhodné použiť UAV, alebo zvolil inú technológiu.

* * *

Každý projekt v krajine je jedinečný a preto sa nedá povedať, ktorá metóda zberu údajov je lepšia alebo horšia, bez vopred stanoveného cieľa. Je potrebné zvážiť množstvo faktorov, ktorými sú veľkosť záujmového územia, požadovaná kvalita údajov, množstvo dostupných prostriedkov, času a kvalifikovaného personálu, legislatívne požiadavky atď. Je vhodné kombinovať metódy, ktoré sa navzájom dopĺňajú a tým kvalitatívne zvýšiť presnosť požadovaných výsledkov. Satelitné a letecké snímokovanie pomocou diaľkového prieskumu Zeme sa navzájom kombinuje s leteckým snímokovaním prostredníctvom snímačov umiestnených na dronoch. Využívaním UAV systémov môžeme detailnejšie preskúmať konkrétnu časť oblasti, ktorú diaľkový prieskum Zeme určil ako problematickú a na záver klasickým terénnym zberom údajov môžeme zistené informácie validovať. Takýto systém zberu a vyhodnocovania údajov môže byť veľmi nápomocný pri konečnom rozhodovaní sa.

Príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV na projekt číslo VEGA 2/0018/19 Ekologické analýzy akulturácie krajiny Slovenska od mladšieho praveku do dnes.

Literatúra

- Alonzo, M., Andersen, H., E., Morton, D., C., Cook, B., D.: Quantifying boreal forest structure and composition using UAV structure from motion. *Forests (MDPI)*, 2018, 9, p. 119.
- Bartsch, R., Coyne, J., Gray, K.: *Drones in Society: Exploring the strange new world of unmanned aircraft*. New York: Taylor & Francis eBooks, 2017, 170 p.
- Boon, M. A., Greenfield, R., Tesfamichael, S. (2016). Wetland assessment using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, XLI-B1, p. 781 – 788.
- Cilek, A., Berberoglu, S., Donmez, C., Ünal, M.: Generation of high-resolution 3-D maps for landscape planning and design using UAV technologies. *The Journal of Digital Landscape Architecture*, 2020, 5, p. 275 – 284.
- Cornelisse, D., G.: *Splendid Vision, Unswerving Purpose: Developing Air Power for the United States Air Force During the First Century of Powered Flight*. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: U.S. Air Force Publications, 2002, p. 21 – 25.
- D'Oleire-Oltmanns, S., Marzolf, I., Peter, K., D., Ries, J., B.: Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco. *Remote Sensing*, 2012, 4, 11, p. 3390 – 3416.
- Murphy, J.D., 2005, *Military aircraft, Origins to 1918: An Illustrated History of their Impact*. Santa Barbara: ABC-CLIO, 319 p. Karas, J.: 222 tipů a triků pro drony. Albatros Media as, 2017, 203 s.
- Karas, J., Tichý, T.: *Drony*. Brno: Albatros Media, 2016, 259 s.
- Langhammer, J.: UAV Monitoring of Stream Restorations. *Hydrology (MDPI)*, 2019, 6, 2, 29.
- Lehmann, J. R. K., Nieberding, F., Prinz, T., Knoth, C.: Analysis of Unmanned Aerial System-Based CIR Images in Forestry - A New Perspective to Monitor Pest Infestation Levels, *Forests* 6 (3), 2015, p. 594–612
- Lieskovský, T., Faixová Chalachanová, J.: The assessment of the chosen LiDAR data sources in Slovakia for the archaeological spatial analysis. In: Molčíková, S., Hurčíková, V., Blišťan, P. (eds.): *Advances and Trends in Geodesy, Cartography and Geoinformatics II, Proceedings of the 11th International Scientific and Professional Conference on Geodesy, Cartography and Geoinformatics (GCG 2019)*, 2020, p. 190 – 195.
- Martin, F., Müllerová, J., Borgniet, L., Dommanget, F., Breton, V., Evette, A.: Using Single-and Multi-Date UAV and Satellite Imagery to Accurately Monitor Invasive Knotweed Species. *Remote Sensing (MDPI)*, 2018, 10, 10, 1662.
- Simek, P., Pavlík, J., Jarolimek, J., Ocenásek, V., Stoces, M.: Use of Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Monitoring. In: Salam-pasis, M., Theodoridis, A., Bourmaris, T. (eds.): *HAICTA 2017, Proceedings of the 8th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment*. Chania, 2017, p. 795 – 804.
- Struha, P., Šilhánková, V., Pondelíček, M.: Heat Islands and their Thermovision Monitoring in an Example of Public Space in Hradec Králové. *International Journal of Education and Learning Systems* 2, 2017, p. 88 – 95.
- Tokekar, P., Vander Hook, J., Mulla, D., Isler, V.: Sensor Planning for a Symbiotic UAV and UGV System for Precision agriculture. *IEEE Transactions on Robotics*, 2016, 32, 6, p. 1498 – 1511.

Mgr. Tomáš Rusňák, PhD., tomas.rusnak@savba.sk

Ing. Svetlana Košanová, svetlana.kosanova@savba.sk

Ústav krajinnej ekológie SAV, pobočka Nitra, Akademická 2, P. O. Box 22, 949 01 Nitra