

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY



Konferencia UAV 2023

Kód projektu: 313011V422
„Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV“

ISBN 978-80-553-4389-1

2023

Zborník z konferencie UAV 2023

Vydavateľ: Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach
Letná 9, 040 01 Košice, Slovenská republika

Dátum vydania: máj 2023

Tlač: 50 kusov CD

Jazyk: slovenský, anglický

Strán: 86

Predseda redakčnej rady: doc. Ing. Ján Genči, PhD.

Odborní garanti: prof. RNDr. Peter Vojtáš, DrSc.
doc. Ing. Ján Genči, PhD.
Ing. Štefan Mičko

Programový výbor: Ing. Juraj Vojtáš
doc. Ing. František Jakab, PhD.
Ing. Roman Hraško
Ing. Ondrej Kainz, PhD.

Editor: Ing. Miroslav Michalko, PhD.

O konferencii UAV 2023

Projektová konferencia UAV 2023 bola organizovaná na pôde Technickej univerzity v Košiciach, v rámci prezentačných priestorov Univerziténeho vedeckého parku TECHNICOM, v dňoch 11. – 12. 5. 2023, v rámci projektu:

Názov projektu: Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV

Kód projektu: 313011V422

Prijímateľ NFP: GLOBESY, s.r.o.

Partneri: Qintec a.s.

YMS, a.s.

Technická univerzita v Košiciach (TUKE)

Žilinská univerzita v Žiline (UNIZA)

(ďalej len „projekt UAV“).

Projekt UAV je spolufinancovaný z prostriedkov Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra.



Riadiaci orgán:



V zastúpení na základe splnomocnenia:



Obsah

Csaba SZABÓ, Ján KAŠPÁREK

Simulátor letu drónom: model, architektúra a overenie prototypu skúškou 6

Ivan ILAVSKÝ, Peter BOBÁL, Radovan HILBERT, Tomáš IVAN

Využitie virtuálnej reality pre vizualizáciu výsledkov priestorového monitoringu 12

Peter PEKARČÍK, Eva CHOVANCOVÁ

Bezpečnostná analýza útokov na UAV 15

Peter BOBÁL, Radovan SUNEGA, Veronika HORNÍKOVÁ

Priestorový monitoring s využitím GIS 23

Branislav SOBOTA, Štefan KOREČKO, Miriama MATTOVÁ, Lukáš JASENKA

Koncepcia virtuálno-reálného prostredia pre simuláciu práce dronov..... 28

Peter VOJTÁŠ

Image data annotated by objects distances 34

Marek TÓTH, Daniel HREHA, Maroš HLIBOKÝ, Ján MAGYAR, Marek BUNDZEL, Peter SINČÁK

Lokalizácia a plánovanie trasy dronov inteligentnom priestore 40

Ondrej KAINZ, Jakub FRANKOVIČ, Miroslav MICHALKO, František JAKAB

Detekcia zoskupovania ľudí z UAV záznamu 46

Gabriel KOMAN, Milan KUBINA, Patrik BORŠOŠ

Možnosti nasadenia UAV systémov na Slovensku 51

Pavol ONDRÍK, Milan KUBINA, Juraj VOJTÁŠ

UAV technológia v zdravotníctve 56

Pavol ONDRÍK, Milan KUBINA, Juraj VOJTÁŠ

Možnosti využitia UAV technológie 61

Daniel SEDLÁK, Maroš STRIŠOVSKÝ

Meranie vzdialenosti objektu pre UAV pomocou Time-of-Flight snímačov 68

Daniel SEDLÁK, Maroš STRIŠOVSKÝ

Prototypové riešenie UAV v interiéri 72

Matúš BARTKO, Peter FECIĽAK

Predspracovanie dát na palube UAV 76

Stanislav FRANKO, Miroslav MICHALKO, Ondrej Kainz, František JAKAB

Experimental design of UAV usage in intralogistics 81

MOŽNOSTI VYUŽITIA UAV TECHNOLÓGIE

¹ Pavol ONDRÍK, ² Milan KUBINA, ³ Juraj VOJTÁŠ

^{1,2} Katedra manažérskych teórií, Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita v Žiline; ³ GLOBESY, s.r.o

¹ondrik11@stud.uniza.sk, ²milan.kubina@fri.uniza.sk, ³juraj.vojtas@globesy.sk

Abstrakt — V súčasnosti je už pojem „dron“ veľmi dobre známy. Jedná sa o bezpilotné lietadlo riadené operátorom alebo systémom na diaľku. V odborných literatúrach sa taktiež uvádza akronym UAV (Unmanned aerial vehicle), UAS (Unmanned aerial system) alebo RPAV (Remotely Piloted Aircraft Vehicle). V dnešnej dobe sa drony používajú pre zábavu, v kinematografickom priemysle, ale aj pre vykonávanie doručovania v obchodnej sfére, v poľnohospodárstve a lesníctve a ďalších oblastiach. V skratke, drony majú multifunkčné využitie, či už v komerčnej, militarizovanej alebo rekreačnej sfére. Pri využívaní dronov by sa mal brať ohľad hlavne na bezpečnosť. Tento článok pojednáva o jednotlivých využitíach v komerčnej oblasti.

Kľúčové slová — UAV, UAS,

I. ÚVOD

Drony, teda bezpilotné lietadlá, sú súčasťou histórie letectva už dlho. Ich počiatky siahajú do polovice 19. storočia. Avšak až koncom 50. rokov 20. storočia sa začal prudký vývoj bezpilotných lietadiel. Bepilotné lietadlá, ktoré sa pôvodne používali na vojenské účely, sa odvtedy vyvinuli do mnohých rôznych typov s rôznou hmotnosťou a dosahom na civilné aj komerčné použitie. V tomto texte sa zaoberáme rôznymi typmi dronov na základe tvaru ich tela a štýlu letu. Opisuje sa rozdelenie bezpilotných lietadiel do kategórií, ako sú lietadlá s pevnými krídlami, rotorové lietadlá a lietadlá VTOL (s vertikálnym vzletom a pristátím), pričom sa vysvetľujú výhody a nevýhody jednotlivých typov. V texte sa tiež uvádza, že klasifikácia dronov nie je obmedzená na tieto kategórie a môže sa líšiť na základe špecifických vlastností a účelu dronu.

II. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Hoci sa bezpilotné lietadlá často považujú za nové technologické výdobytky, vyvíjali sa počas celej histórie letectva. Použitím veľmi voľnej definície možno tvrdiť, že „bepilotné lietadlá“ boli použité vo vojne už v roku 1849 pri leteckom bombardovaní Benátok pomocou balónov (Watts et al. 2010). Iní považujú za vznik bezpilotných lietadiel, keď v roku 1916 vyrobili Lawrence a Sperry prvé poloautomatické lietadlo (letecké torpédo) s doletom okolo 30 míľ (Gupta et al. 2013; Singhal et al. 2018). Bepilotné lietadlá v ich modernej podobe (vo všeobecnosti lietadlá s pevnými alebo rotačnými krídlami s vnútorným navádzacím systémom) boli používané armádou od prvej svetovej vojny, v ktorej hrali menšiu, prevažne experimentálnu úlohu, ako vzdušné ciele pre delostrelecké cvičenia alebo ako platformy na doručovanie bômb. Prudší vývoj bezpilotných lietadiel sa začal na konci 50. rokov 20. storočia. Bepilotné lietadlá s názvom Fire bee sa experimentálne použili vo vojne vo Vietname, kedy bol aj prvýkrát použitý akronym UAV. Po vojne začali USA a Izrael vyvíjať menšie a lacnejšie UAV. Tieto zariadenia nosili videokamery a prenášali zábery na miesto operátora. USA zaviedli UAV do praktického využitia vo vojne v Perzskom zálive v roku 1991 (Gupta et al. 2013). Spoločnosť NASA bola vedúcim prvkom vo výskume dronov pre civilné využitie. Príkladom z tejto doby bol projekt ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology), ktorý začal v 90. rokoch 20. storočia. (Watts et al. 2010; Gupta et al. 2013; Singhal et al. 2018)

Všeobecne drony možno rozdeliť podľa typu, váhy a maximálneho doletu. Toto delenie je zaužívané výrobcami a výskumníkmi, pričom sa hodnoty môžu mierne líšiť (Singhal et al. 2018;

Brooke-Holland 2015; Alghamdi et al. 2021; Arjomandi 2006; Ramesh and Lal 2020). Tabuľka 1 popisuje rozdelenie dronov podľa typu, váhy a doletu.

Tabuľka 1
Rozdelenie dronov podľa typu, váhy a doletu (Singhal, a kol.. 2018)

Typ	Váha (v kg)	Dolet (v km)
Nano	0,2	5
<i>Micro</i>	2	25
<i>Mini</i>	20	40
<i>Light (ľahké)</i>	50	70
<i>Small (male)</i>	150	150

Typológia dronov je ďalším zo základných rozdelení. Drony môžu mať mnoho rôznych štýlov alebo tvarov tela v závislosti od štýlu letu a zmysľaného použitia:

- Drony s pevnými krídlami – sú zostrojené na základe konvenčných lietadiel. Tieto drony potrebujú pristávaciu dráhu alebo ich treba hádzať ručne, prípadne vyhodit' pomocou iného odpaľovacieho zariadenia, aby vzlietli. Takéto drony tiež potrebujú pristávaciu dráhu alebo musia byť zachytené sieťou resp. vyžadujú si pristávací padák na bezpečné pristátie. Takáto skladba dronov s pevnými krídlami má výhody v nosnosti a dlhšom čase letu vďaka nízkej spotrebe energie počas kĺzania. (Alghamdi et al. 2021)
- Rotorové drony – sú drony postavené pomocou jedného alebo viacerých motorov inštalovaných na ramenách, pričom platí priama úmera; vyššia stabilita sa rovná väčšiemu počtu rotorov. Tento typ má výhody vertikálneho vzletu a pristátia, taktiež sa môže vznášať v ustálenej polohe. Viacrotorové drony môžu lietať akýmkoľvek smerom a náhle meniť rýchlosť, nadmorskú výšku a smer. Avšak tieto drony majú zvyčajne kratší komunikačný dosah a trvanie letu. Rotorové telo môže byť navrhnuté ako tradičný vrtuľník, trikoptéra, kvadroptéra alebo navrhnuté s rôznym počtom motorov a ramien. (Alghamdi et al. 2021)
- VTOL – typ je hybridom dvoch vyššie uvedených štýlov. VTOL drony zvyčajne používajú rotory na vzlet, pristátie a vznášanie sa. V prípade normálneho letového štýlu sa s pevnými krídlami pohybujú horizontálne. Drony VTOL je možné nakonfigurovať pripevnením rotorov na pevné krídla (napr. dron Aerosonde HQ od Textron Systems). Ďalšie konfigurácie VTOL zahŕňajú sklápacie rotory a sklápacie krídla. U dronov so sklopným rotorom sa niektoré rotory na krídle nakláňajú vertikálne a horizontálne. Príkladom je typ Tiltwing UAV, ktorý má krídla, ktoré sú počas letu horizontálne, ale v prípade vertikálneho vzletu a pristátia sa rotory otáčajú nahor. (Alghamdi et al. 2021)

Avšak skladba dronu nemusí byť striktné zaradené do jednej zo spomínaných kategórií. Akýkoľvek autonómny resp. diaľkovo ovládaný lietajúci prostriedok, ktorý spĺňa aeronautické zákony môže tvoriť vlastnú kategóriu.

III. METODOLÓGIA

Cieľom tohto článku je poukázať na rôzne možnosti využitia dronov (UAV zariadení) v rozmanitých odvetviach a sférach obchodu. Prípadové štúdie sa orientujú na reálne príklady z praxe, kedy drony preukázali vhodnosť ich aplikácie do rôznorodej praxe. Pre spracovanie článku a dosiahnutie stanoveného cieľa bol spracovaný základný prehľad vedeckej literatúry v danej problematike. Ide hlavne o klasifikáciu dronov ako zariadení a pohľad rôznych autorov. Nakoľko prípadové štúdie kvalitatívny prístup k výskumu bolo potrebné zhromaždiť dostatok informačných zdrojov pre ich spracovanie. Ide hlavne o dostupné už realizované výskumy a projekty implementácii dronov do obchodu, poľnohospodárstva a lesníctva, či oblasti zdravotníctva. Vo väčšej miere bola využitá metóda analýzy dokumentov z primárnych a sekundárnych zdrojov. Pre formovanie záverov bola využitá metóda generalizovania, indukcie.

IV. MOŽNOSTI VYUŽÍVANIA

Nasadenie dronov si vyžaduje vysokú úroveň technológie pri riadení, najmä v urbanizovaných častiach, aby bola zaručená bezpečnosť a spoľahlivosť služby. Scenáre možných nehôd sú obsérne, aj keď sa vykonalo veľké množstvo výskumov s cieľom vyvinúť sofistikované riadiace systémy alebo funkcie na pokrytie týchto scenárov (Albaker and Rahim 2009). Možnosti ako zabezpečiť bezpečnosť pre pasantov v urbanizovaných častiach je viacero. Príkladom je padák, ktorý predlžuje životnosť zariadenia a tiež chráni ľudí pred kolíziou s poškodeným dronom (Butuk and Ažaltovič 2020). Táto kapitola pojednáva o jednotlivých možnostiach využitia dronov

naprieč rôznymi odvetviami. Na záver každej podkapitoly je uvedený príklad dobrej praxe spoločnosti, ktorá využíva drony

A. *Obchod a doručovanie*

Bezpilótné lietadlá majú potenciál výrazne znížiť náklady a čas doručenia. Za míľnik masívnejšieho využívania dronov v logistickej oblasti možno označiť oznámenie Amazon-u v roku 2013, kedy predstavilo svoj plán používať drony na doručovanie balíkov zákazníkom. To pritiaholo globálnu pozornosť vďaka svojmu potenciálu zmeniť tradičné scenáre doručovania (Sung and Nielsen 2020; Dorling et al. 2017).

Vo všeobecnosti je využívanie dronov z hľadiska prevádzky a nákladov na prácu lacnejšia alternatíva ako tradičné spôsoby (Dorling et al. 2017). Poskytuje tiež pridanú hodnotu v podobe rýchlejších a flexibilnejších dodávok. V obchodnej sfére sa najviac hovorí o prístupe posledná míľa (doručovanie koncovému zákazníkovi v poslednej etape), kde je najväčší potenciál masívnejšieho využívania dronov.

Používanie dronov alebo iných autonómnych vozidiel je pre nižšie prepravné náklady čoraz častejšie práve v komerčnej sfére. To je jeden z hlavných dôvodov, prečo sa existujúce logistické doručovateľské spoločnosti začali zaujímať o vývoj dronov a možnosti ich implementácie. Využitie autonómnych zariadení (ako sú drony) by zároveň umožnilo dodávky vykonávať 24 hodín denne, 7 dní v týždni, čo skracuje dodaciu lehotu a samozrejme znižuje počet pracovných chýb pri doručovacích procedúrach v porovnaní s ľudskými pracovníkmi (Jung and Kim 2017).

Okrem bezpečnosti a spoľahlivosti sa v obchodnom využívaní dronov musí tiež brať na zreteľ zložitosť v plánovaní a trasovaní dronov, aby sa zabezpečili bezkonfliktné letové trasy medzi nimi, a iné aspekty týkajúce sa odcudzenia, integrácie dronov s existujúcimi metódami doručovania a ďalšie. Na základe charakteru doručovania je nutné vyriešiť aj problém časového okna zákazníka. Autori Sung a Nielsen navrhujú odstrániť problémy s trasovaním cez rozdelenie oblastí služieb pre doručenie dronmi do viacerých oddelených zón, kde jedna zóna zahŕňa viacero odberných miest. Takýto prístup môže pomôcť eliminovať kolízie dronov udržiavaním bezpečnej vzdialenosti medzi dronmi, keďže ich prevádzkové oblasti sú oddelené. Navyše monitorovanie viacerých dronov je relatívne jednoduchšie, pretože nasadenie dronov s týmto prístupom nezahŕňa prekrývajúce sa letové trasy medzi dronmi. (Sung and Nielsen 2020)

Príkladom dobrej praxe môže byť využívanie dronov spoločnosťou Amazon, ktorá je priekopníkom v tejto oblasti. Služba Amazon Prime Air je kompletne autonómna prepravná služba, ktorá nevyžaduje zásah ľudského operátora (Jung and Kim 2017). Amazon Prime Air je navrhnutý tak, aby doručoval balíky prostredníctvom dronu len za 30 minút. Amazon vyriešil problém časového okna zákazníka tak, že vytvoril patentovanú funkciu „Bring it to Me“, ktorá zachytáva polohu zákazníka na základe údajov GPS prijatých prostredníctvom mobilných zariadení. Súčasná technológia dronov zvládne balíky s hmotnosťou okolo 2 kg. (Brar et al. 2015)

B. *Poľnohospodárstvo*

Podľa štúdie „Agriculture in 2050“ sa ukazuje, že bude potrebné zvýšenie produkcie o približne 25 % – 70 % nad aktuálnu úroveň, na uspokojenie dopytu po plodinách do roku 2050 (Hunter et al. 2017). Na zvýšenie miery produkcie potravín si poľnohospodárstvo vyžaduje automatizáciu, robotiku, informačné služby a umelú inteligenciu, ktorá kombinuje informačné a komunikačné technológie (IKT), big data a internet vecí. V centre inteligentného poľnohospodárstva sú autonómne roboty, medzi ktorými sa vo veľkej miere používajú bezpilótné lietadlá. V poľnohospodárstve sa používajú drony s fixnými krídlami, VTOL, ale aj multi-rotorové UAV (quadro-koptéry, hexa-koptéry, okta-koptéry). (Chanyoung and Hyoung Il 2018; Kim et al. 2019)

Medzi základné smery používania dronov v poľnohospodárstve patria:

- Letecký prieskum pôdy - môže vytvoriť užitočné informácie a poskytnúť 2D alebo 3D mapy poľnohospodárskeho poľa. Napríklad rozloha poľnohospodárskej pôdy, pôdne podmienky a stav plodín, môžu byť použité ako model vylepšenia a efektivity. Vygenerované mapy otvárajú možnosti pre úlohy presného poľnohospodárstva, ako je agronomická kontrola homogénnych zón a oddelenia oblastí kvality ovocia. (Kim et al. 2019)
- Postrekovanie - v porovnaní s rýchlostným alebo široko plošným postrekovačom, môžu drony znížiť používanie pesticídov a maximalizovať účinnosť postrekovacích látok. Miera pesticídov na hektár poľnohospodárskej pôdy koreluje s rizikami chorôb pracovníkov a znečistenia životného prostredia. Drony môžu minimalizovať používanie pesticídov. Touto stratégiou sa dosahuje rozsiahla dekontaminácia až 50 ha za deň a vyžaduje si len asi 10 minút práce na 0,5 ha plochy. Drony tiež prispievajú ku zníženiu nárokov na pracovnú silu. (Kim et al. 2019; Luck et al. 2010)
- Výsadba – pomocou dronov umožňuje zefektívniť prácu v tejto oblasti. Systémy dronov sa používajú na distribúciu semien a rastlinných živín pri sejbe, aby sa zabezpečili optimálnejšie podmienky pre rast rastlín. Aj keď je použitie dronov na výsadbu stále vo vývoji, očakáva sa, že táto stratégia prinesie efektívnu prácu za predpokladu, že drony

budú vybavené technológiou rozpoznávania obrazov a optimalizovanými úlohami výsadby. (Kim et al. 2019)

- Monitorovanie plodín – slúži na predpoveď výnosov alebo určenie kvality plodín prostredníctvom analýzy údajov, ktoré drony vytvoria. Monitorovanie plodín je nevyhnutné pre optimálnu produkciu plodín, čo v prípade veľkých fariem môže byť časovo a finančne náročné. Uskutočnili sa aj štúdie na analýzu vegetačného indexu hrozna získavaním údajov z viníc pomocou multispektrálnych kamier pripustených na dronoch. Zozbierané údaje o vegetačnom indexe poskytujú bázu pre rozhodnutia, ktoré zlepšujú prevádzkovú efektívnosť, produktivitu a udržateľnosť. (Turner et al. 2011; Aasen et al. 2015)
- Zavlažovanie – oblasti, kde je nedostatok vody je jednou z výziev, ktorú dokáže technológia dronov vyriešiť. Väčšina štúdií sa zamerala na spracovanie obrazu a získavanie údajov. Niektorí však vykonali zavlažovacie práce pomocou dronov tak, že namiesto pesticídov naložili do nádrže vodu. S budúcim inteligentným poľnohospodárstvom bude systém automatizácie zavlažovania aplikovaný efektívne pomocou kolaboratívneho systému integrujúceho UAV, UGV alebo iné inteligentné systémy (Kim et al. 2019).

V roku 2016 bol v Indii použitý dron na prieskum využitia pôdy na kávovej plantáži. Výsledky poskytli vlastníčkovi pozemku presné plošné merania využitia pôdy na určenie presnej plochy pod kávovou plantážou pre odhad budúcich výnosov. Tento proces by bol pri zamestnávaní pozemných geodetov veľmi nákladný a časovo náročný, keďže pozemok sa nachádzal v hornej oblasti bez prístupovej cesty na mnohých miestach. Bezpilotné prostriedky sú v Indickej republike populárne, ale zatiaľ neexistuje jasný súbor predpisov (Sylvester 2018). Využívanie dronov je v poľnohospodárstve obmedzené legislatívami daných štátov, čo bráni vo využívaní plného potenciálu týchto zariadení. Preto, aby sa rozšírilo využívanie týchto technológií je nutné nastaviť prijateľný legislatívny rámec.

C. Lesníctvo

Prvou oblasťou využívania dronov v lesníctve bolo monitorovanie a riadenie lesných požiarov (Ambrosia et al. 2003). S nástupom technológií sa využívanie dronov rozšírilo aj do iných oblastí. Táto podkapitola popíše niektoré z nich.

- Mapovanie lesov a biodiverzity – slúži na monitoring zdravotného stavu stromov a mapovanie chorôb lesov. Na mapovanie tropických pralesov v Indonézii použili autori Koh a Wich malé bezpilotné lietadlo s rozsahom približne 25 minút na let s maximálnou prejdenu vzdialenosťou približne 15 km. Outputom takéhoto experimentu boli získané snímky, ktoré vytvorili mapu krajiny pokrývky. Vznikli aj zábery a videá, ktoré zachytávali rôzne ľudské aktivity, ťažbu dreva, divú zver či druhy flóry. Autori skonštatovali, že používanie diaľkového prieskumu za pomoci dronov, môže na tieto účely ušetriť čas, náklady a pracovnú silu. (Tiberiu Paul Banu et al. 2016; Koh and Wich 2012)
- Meranie distribúcie uhla listov - (ang. The leaf angle distribution - skratka LAD) je kľúčovým prvkom v modeloch užitočných na pochopenie procesov fotosyntézy, evapotranspirácie, prenosu žiarenia a spektrálnej odrazivosti v lesnom poraste. Využívanie dronov na zlepšenie metodológie LAD merania je nevyhnutné pre pokrok v ekologickom chápaní. V tomto smere sa ukázal potenciál využívania dronov na prekonanie mnohých nedostatkov iných techník merania LAD. Používanie dronov odstraňuje dôležité prekážky v prístupe k lesným korunám a otvára možnosť získania presných, podrobných a druhovo špecifických informácií o LAD z prakticky akéhokoľvek prostredia širokolistých lesov. (McNeil et al. 2016)
- Manažment plánovania pre trvalo udržateľný les – zahrňuje oblasti ako stromové poschodie, počet stromov, odhad objemu stromov, vitalita či skladba porastov, ktoré sú dôležitými parametrami v lesnom plánovaní a trvalo udržateľnom hospodárení v lesoch. Štúdia Lehmann a kol. ukázala potenciál dronov pri detekcii úrovne zamorenia škodcami v malých dubových lesných porastoch. Výsledky štúdie, ktoré boli založené na piatich triedach, mali celkovú presnosť viac ako 82,5 % s odhadovanou úsporou času a finančných nákladov o viac ako 50 % pre malé resp. stredne veľké porasty v porovnaní s tradičným pracovným postupom detekcie škodcov na zemi (Tiberiu Paul Banu et al. 2016; Lehmann et al. 2015).

DroneSeed je americká spoločnosť, ktorá využíva systémy dronov na zalesňovanie oblastí po lesných požiaroch. Päť osemmetrových dronov lietajúcich spolu na vopred naprogramovaných trasách, dokáže pokryť až 50 akrov denne a každý prepraví až 25 kilo semien. Odborníci tvrdia, že táto metóda výsadby je lacnejšia a jednoduchšia ako tradičná ručná výsadba, ale nemusí byť taká účinná. (Iyengarm Rishi 2020)

D. Zdravotníctvo a záchrana života

Drony majú potenciál využitia v logistickom procese v zdravotníckych oblastiach. Tieto zariadenia sú schopné prepravovať biologické vzorky, krvné produkty a farmaceutické vzorky. Okrem toho drony môžu slúžiť na doručenie záchranného vybavenia pri pohotovostnom výjazde záchranných zložiek. Výhody implementácie dronov do zdravotníckych logistických procesov tkvejú v lepšom poskytovaní zdravotnej starostlivosti tým, že poskytujú rýchlejšiu odozvu, znižujú náklady na dopravu a vylepšujú medicínske produkty alebo služby do vzdialených resp. nedostatočne obsluhovaných oblastí. Spoločnosti Zipline a Matternet sú poprednými dodávateľmi dronov pre zdravotníctvo. Ďalej sa dodávkami v zdravotníctve zaoberajú spoločnosti ako je Flying Labs, ktorá operuje vo viacerých krajinách sveta na rôznych svetadieloch, Quantum-Systems, Skydrop, Draganfly, Flirtey a iné. COVID-19 pandémia prispela ku masívnejšiemu využívaniu dronov v oblasti zdravotníckej logistiky. (Ling and Draghic 2019; Sharma et al. 2021)

Každý rok zomrie na celom svete v dôsledku lavín viac ako 150 ľudí (Bejiga et al. 2016). Využívanie dronov pre pátracie a záchranné akcie je veľmi vhodný spôsob pokrytia veľkej plochy za nižší čas v porovnaní s pozemnými jednotkami (Martinez-Alpiste et al. 2021). Vďaka miniaturizácii jednotlivých komponentov je možné dodatočne pridať na drony rôzne senzory a kamery. Všetky tieto pridané zariadenia zvyšujú efektívnosť pri pátraní a záchrane. Drony zastávali významnú úlohu v zdravotníckych činnostiach počas zemetrasení na Haiti 2010 a Nepále v roku 2015 (Balasingam 2017).

Škótsky policajný zbor aktívne využíva drony pri pátraniach a záchranných akciách. Drony so základňou v Glasgowe, Inverness a Aberdeene boli počas hodnoteného obdobia operačne nasadené pri 352 incidentoch. Zväčša sa jednalo o pátranie po nezvestných osobách. (The Scottish Parliament 2021; Alastair Dalton 2020)

E. Meteorológia

Monitorovanie klímy je kľúčovým aspektom klasifikácie búrok a včasnej detekcie tornád. Získavanie informácií o rýchlosti a smere vetra priamo zo zdroja zvyšuje presnosť monitorovania klímy. Drony majú schopnosť získať údaje o rýchlosti a smere vetra, keďže tieto zariadenia môžu lietať v blízkosti búrok. Je nevyhnutné použiť taký typ dronov, aby vydržal extrémnu externú záťaž. Ako vhodné sa javí použitie dronov s fixnými krídlami, ktoré sú robustnejšie a dokážu operovať aj v náročnejších klimatických podmienkach. (Debusk 2010)

V Spojených štátoch amerických sa začala od roku 2019 využívať flotila dronov na evalváciu rizík spojených so super búrkami známymi ako supercelly, ktoré dokážu vytvoriť tornáda. Názov tohto projektu je akronym TORUS ako začiatkové písmená Targeted Observation by Radars and UAS of Supercells. Aplikácia je taká, že sa vyšlú do búrok štyri bezpilotné lietadlá letiace (z každej strany jeden) až do výšky takmer 800 metrov, aby súčasne zbierali údaje o atmosfére (I. Garcia de Jesus 2019). Následne sa údaje pošlú do pozemných staníc, kde sa vyhodnotia prijaté dáta.

V. ZHRNUTIE

Drony sú technológia, ktorá pôvodne vznikla na vojenské účely avšak postupom času sa dostáva do bežného života. Vzhľadom na ich schopnosť lietať a dostať sa tak na ťažko prístupné miesta, spolu s možnosťou využitia rôznych senzorov robí z tejto technológie veľmi univerzálneho pomocníka. Na základe uvedených príkladov zo zahraničia je možné vidieť, že drony je možné využiť v rôznych odvetviach od poľnohospodárstva, cez obchod a doručovanie, lesníctvo až po meteorológiu. Využitie je skutočne široké a veľmi perspektívne. V podmienkach Slovenskej republiky môže významný efekt priniesť implementácia dronov v oblastiach ako priemyselná výroba, energetika, poľnohospodárstvo či skladové hospodárstvo. Samozrejme, možnosti využitia sú oveľa širšie a je možné ich využiť aj v iných oblastiach.

POĎAKOVANIE

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Inteligentné technológie pre zabezpečenie zdravotného personálu prvej línie a prevádzky zdravotných zariadení v čase šírenia ochorenia Covid-19, kód ITMS2014+: 313011ATQ5, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

ZDROJE

- [1] AASEN, Helge, Andreas BURKART, Andreas BOLTEN and Georg BARETH, 2015. Generating 3D hyperspectral information with lightweight UAV snapshot cameras for vegetation monitoring: From camera calibration to quality assurance. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. 2015, vol. 108, pp. 245–259. ISSN 09242716. Dostupné na: doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.08.002
- [2] ALASTAIR DALTON, 2020. Police Scotland stresses drones not for surveillance as wide-ranging uses revealed. *THE SCOTSMAN* [online] [accessed. 12/25/2021]. Dostupné na: <https://www.scotsman.com/news/crime/police-scotland-stresses-drones-not-surveillance-wide-ranging-uses-revealed-3039137>
- [3] ALBAKER, B. M. and N. A. RAHIM, 2009. A survey of collision avoidance approaches for unmanned aerial vehicles. In: *International Conference for Technical Postgraduates 2009, TECHPOS 2009* [online]. ISBN 9781424452231. Dostupné na: doi:10.1109/TECHPOS.2009.5412074
- [4] ALGHAMDI, Yousef, Arslan MUNIR and Hung Manh LA, 2021. Architecture, Classification, and Applications of Contemporary Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Consumer Electronics Magazine* [online]. 2021, vol. 10, no. 6, pp. 9–20. ISSN 21622256. Dostupné na: doi:10.1109/MCE.2021.3063945
- [5] ARJOMANDI, Maziar, 2006. CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES [online]. [accessed. 12/25/2021]. Dostupné na: https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles
- [6] BALASINGAM, Manohari, 2017. Drones in medicine—The rise of the machines. *International Journal of Clinical Practice* [online]. 2017, vol. 71, no. 9. ISSN 17421241. Dostupné na: doi:10.1111/ijcp.12989
- [7] BRAR, Simran, Ralph RABBAT, Vishal RAIHATHA, George RUNCIE and Andrew YU, 2015. Drones for Deliveries [online]. [accessed. 12/25/2021]. Dostupné na: <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/ConnCarProjectReport-1.pdf>
- [8] BROOKE-HOLLAND, Louisa, 2015. Overview of military drones used by the UK armed forces [online]. [accessed. 12/25/2021]. Dostupné na: <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/SN06493/SN06493.pdf>
- [9] BUTUK, Yosef and Viliam AŽALTOVIČ, 2020. ANALÝZA AKTUÁLNYCH TRENDOV URČUJÚCICH SMER VÝVOJA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV V CIVILNOM LETECTVE. In: *Práce a štúdie - Vydanie 7* [online]. B.m.: University of Žilina, p. 29–34. ISBN 978805416861. Dostupné na: doi:10.26552/pas.Z.2020.1.4
- [10] DORLING, Kevin, Jordan HEINRICHS, Geoffrey G. MESSIER and Sebastian MAGIEROWSKI, 2017. Vehicle Routing Problems for Drone Delivery. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* [online]. 2017, vol. 47, no. 1, pp. 70–85. ISSN 21682232. Dostupné na: doi:10.1109/TSMC.2016.2582745
- [11] GUPTA, Suraj G, Mangesh M GHONGE and P M JAWANDHIYA, 2013. Review of Unmanned Aircraft System (UAS) [online]. Dostupné na: www.ijaracet.org
- [12] HUNTER, Mitchell C., Richard G. SMITH, Meagan E. SCHIPANSKI, Lesley W. ATWOOD and David A. MORTENSEN, 2017. Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification [online]. 1. April 2017. B.m.: Oxford University Press. Dostupné na: doi:10.1093/biosci/bix010
- [13] DEBUSK, Wesley M, 2010. Unmanned Aerial Vehicle Systems for Disaster Relief: Tomado Alley [online]. [accessed. 12/08/2021]. Dostupné na: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20090036330/downloads/20090036330.pdf>
- [14] CHANYOUNG, Ju and Son HYOUNG IL, 2018. ICCAS 2018 : 2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems : proceedings : October 17 (Wed)-20 (Sat), 2018, YongPyong Resort, PyeongChang, Korea. [online] [accessed. 12/01/2021]. ISBN 9788993215151. Dostupné na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8571936>
- [15] I. GARCIA DE JESUS, Erin, 2019. Tomado scientists send drone fleet into violent thunderstorms. *Nature* [online]. Dostupné na: doi:<https://doi.org/10.1038/d41586-019-01486-y>
- [16] IYENGARM RISHI, 2020. This company is using drones to replant forests devastated by wildfires. *CNN Business* [online] [accessed. 12/25/2021]. Dostupné na: <https://edition.cnn.com/2020/12/03/tech/dronesseed-wildfire-california-oregon/index.html>
- [17] JUNG, Sunghun and Hyunsu KIM, 2017. Analysis of Amazon Prime Air UAV Delivery Service. *Journal of Knowledge Information Technology and Systems* [online]. 2017, vol. 12, no. 2, pp. 253–266. ISSN 1975-7700. Dostupné na: doi:10.34163/jkits.2017.12.2.005
- [18] KIM, Jeongeun, Seungwon KIM, Chanyoung JU and Hyoung il SON, 2019. Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications [online]. 2019. B.m.: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Dostupné na: doi:10.1109/ACCESS.2019.2932119
- [19] LING, Geoffrey and Nicole DRAGHIC, 2019. Aerial drones for blood delivery. *Transfusion* [online]. 2019, vol. 59, no. S2, pp. 1608–1611. ISSN 15372995. Dostupné na: doi:10.1111/trf.15195
- [20] LUCK, J D, S K PITLA, S A SHEARER, A SHARDA and J P FULTON, 2010. GENERATING HERBICIDE EFFECTIVE APPLICATION RATE MAPS BASED ON GPS POSITION, NOZZLE PRESSURE, AND BOOM SECTION ACTUATION DATA COLLECTED FROM SPRAYER CONTROL SYSTEMS [online]. [accessed. 12/01/2021]. Dostupné na: <https://www.ispag.org/proceedings/?action=download&item=498>
- [21] MCNEIL, Brenden E., Jan PISEK, Harald LEPIŠK and Evelin A. FLAMENCO, 2016. Measuring leaf angle distribution in broadleaf canopies using UAVs. *Agricultural and Forest Meteorology* [online]. 2016, vols. 218–219, pp. 204–208. ISSN 01681923. Dostupné na: doi:10.1016/j.agrformet.2015.12.058
- [22] RAMESH, P. S. and Muruga LAL, 2020. Mini unmanned aerial systems (UAV)-A review of the parameters for classification of a mini UAV. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace* [online]. 2020, vol. 7, no. 3. ISSN 23746793. Dostupné na: doi:10.15394/ijaaa.2020.1503
- [23] SINGHAL, Gaurav, Babankumar BANSOD and Lini MATHEW, 2018. Unmanned Aerial Vehicle Classification, Applications and Challenges: A Review Remote sensing for Precision agriculture View project Heavy Metals/Metalloids Sensing View project Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review [online]. 2018. Dostupné na: doi:10.20944/preprints201811.0601.v1
- [24] SHARMA, Kriti, Harvinder SINGH, Deepak Kumar SHARMA, Adarsh KUMAR, Anand NAYYAR and Rajalakshmi KRISHNAMURTHI, 2021. Dynamic Models and Control Techniques for Drone Delivery of Medications and Other Healthcare Items in COVID-19 Hotspots. In: *Studies in Systems, Decision and Control* [online]. B.m.: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, p. 1–34. Dostupné na: doi:10.1007/978-3-030-60039-6_1
- [25] SUNG, Inkyung and Peter NIELSEN, 2020. Zoning a Service Area of Unmanned Aerial Vehicles for Package Delivery Services. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications* [online]. 2020, vol. 97, nos. 3–4, pp. 719–731. ISSN 15730409. Dostupné na: doi:10.1007/s10846-019-01045-7
- [26] SYLVESTER, Gerard, 2018. E-agriculture in Action: Drones for Agriculture [online]. [accessed. 12/01/2021]. Dostupné na: <https://www.fao.org/3/i8494en/i8494en.pdf>

- [27] TIBERIU PAUL BANU, GHEORGHE FLORIAN BORLEA and CONSTANTIN BANU, 2016. The Use of Drones in Forestry. *Journal of Environmental Science and Engineering B* [online]. 2016, vol. 5, no. 11. ISSN 21625263. Dostupné na: doi:10.17265/2162-5263/2016.11.007
- [28] TURNER, Darren, Arko LUCIEER and Christopher WATSON, 2011. Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper-resolution vineyard mapping based on visible, multispectral and thermal imagery. In: Conference: Proceedings of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment [online]. [accessed. 12/01/2021]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/247162031_Development_of_an_Unmanned_Aerial_Vehicle_UAV_for_hyper-resolution_vineyard_mapping_based_on_visible_multispectral_and_thermal_imagery
- [29] WATTS, Adam C, Leda N KOBZIAR and H Franklin PERCIVAL, 2010. UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS FOR FIRE AND NATURAL RESOURCE MONITORING: TECHNOLOGY OVERVIEW AND FUTURE TRENDS [online]. [accessed. 01/06/2022]. Dostupné na: https://www.academia.edu/4241262/Unmanned_aircraft_systems_for_wildland_fire_monitoring_and_research
- [30] Product (Fixed-wing, Rotary Blade, Hybrid), By Application, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028 [online] [accessed. 03/03/2022]. Available on: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market>
- [31] [7] GRÄSNER, Jan Thorsten, Johan HERLITZ, Ingvild B.M. TJELMELAND, Jan WNENT, Siobhan MASTERSON, Gisela LILJA, Berthold BEIN, Bernd W. BÖTTIGER, Fernando ROSELL-ORTIZ, Jerry P.
- [32] NOLAN, Leo BOSSAERT and Gavin D. PERKINS, 2021. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation* [online]. 2021, vol. 161, pp. 61–79. ISSN 18731570.
- [33] Available on: doi:10.1016/j.resuscitation.2021.02.007
- [34] [8] GUPTA, Suraj G, Mangesh M GHONGE and P M JAWANDHIYA, 2013. Review of Unmanned Aircraft System (UAS) [online]. Available on: www.ijarcet.org
- [35] [9] LING, Geoffrey and Nicole DRAGHIC, 2019. Aerial drones for blood delivery. *Transfusion* [online]. 2019, vol. 59, no. S2, pp. 1608–1611. ISSN 15372995. Available on: doi:10.1111/trf.15195
- [36] [10] MHLANGA, Mduuzi, Tea CIMINI, Modestus AMAECHI, Chinedum NWAOGWUGWU and Anita
- [37] MCGAHAN, 2021. From A to O-Positive: Blood Delivery Via Drones in Rwanda [online]. Available on: www.mastercardcenter.org
- [38] [11] SANFRIDSSON, J., J. SPARREVIK, J. HOLLENBERG, P. NORDBERG, T. DJÄRV, M. RINGH, L. SVENSSON, S. FORSBERG, A. NORD, M. ANDERSSON-HAGIWARA and A. CLAESSION, 2019.
- [39] Drone delivery of an automated external defibrillator – A mixed method simulation study of bystander experience. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 2019, vol. 27, no. 1. ISSN 17577241. Available on: doi:10.1186/s13049-019-0622-6
- [40] [12] SCHIERBECK, Sofia, Jacob HOLLENBERG, Anette NORD, Leif SVENSSON, Per NORDBERG, Mattias
- [41] RINGH, Sune FORSBERG, Peter LUNDGREN, Christer AXELSSON and Andreas CLAESSION, 2021. Automated external defibrillators delivered by drones to patients with suspected out-of-hospital cardiac arrest. *European Heart Journal* [online]. 2021. ISSN 0195-668X. Available on: doi:10.1093/eurheartj/ehab498
- [42] [13] SWISS POST, 2020. Drones A vision has become reality. Swiss Post [online] [accessed. 03/03/2022]. Available on: <https://www.post.ch/en/about-us/innovation/innovations-in-development/drones?shortcut=opp-en-about-us-company-innovation-swiss-post-s-innovations-foryou-drones#dronelogistics>
- [43] [14] VAILSHERY, Lionel Sujay, 2021. Drone reports [online] [accessed. 03/03/2022]. Available on: <https://www.statista.com/about-us/our-research-commitment/2816/lionel-sujay-vailshery>
- [44] [15] ZÉGRE-HEMSEY, Jessica K., Brittany BOGLE, Christopher J. CUNNINGHAM, Kyle SNYDER and Wayne ROSAMOND, 2018. Delivery of Automated External Defibrillators (AED) by Drones: Implications for Emergency Cardiac Care [online]. 1. November 2018. B.m.: Current Medicine Group LLC 1. Available on: doi:10.1007/s12170-018-0589-2
- [45]
- [46]
- [47]
- [48]
- [49]
- [50]
- [51]