

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE MOUNTAIN RESCUE SERVICE

MOŽNOSTI VYUŽITIA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV V HORSKEJ ZÁCHRANNEJ SLUŽBE

Martin Gánovský
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
ganovsky@stud.uniza.sk

Branislav Kandra
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
kandra@uniza.sk

Abstract

The theme of paper is the use of unmanned aerial vehicles in the Mountain rescue service. At the beginning, a brief summary about the history and development of unmanned aerial vehicles is made, starting from the very beginning to their gradual integration into the rescue systems all around the world. This part is followed by an analysis of the currently valid Slovak legislation regulating the rules of flying with unmanned aerial vehicles on the territory of Slovak Republic, which also affects the flight operations of mountain rescuers. Author also included an analysis of the European legislation, which should gradually replace the currently valid Slovak legislation and unify the rules of operation of unmanned aerial vehicles on the territory of the member states. The third chapter describes the use of specific types of unmanned aerial vehicles used by the Mountain rescue service of Slovak Republic and also of other European countries. We focused on the operational advantages and disadvantages compared to other types of aircraft technology used in the mountain rescue systems. The last part consists of an analysis of available equipment used in conjunction with unmanned aerial vehicles during avalanche accidents. Part of the work is also researching the possible extensions of mountain rescue operations by the implementation of modern avalanche beacons attached on the unmanned vehicles. In a research we focused mainly on the possible interference caused by the operation of unmanned aerial vehicle in close vicinity of an avalanche beacon.

Keywords

unmanned aerial vehicle, legislation, UAV, mountain rescue service, avalanche, avalanche beacon

1. Úvod

Dnešná pokroková doba priniesla okrem výraznej modernizácie aj rozsiahlu škálu využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov. Tieto relatívne jednoduché stroje boli v počiatkoch svojej éry využívané prevažne v armádnom, či hobby odvetví. Dnes ich profesionálne uplatnenie nájdeme v najrozličnejších oblastiach, slúžiac prevažne na snímkovanie či zber údajov o okolitom teréne z vtáčej perspektívy. Uplatnili sa v poľnohospodárstve, stavebníctve a v neposlednom rade aj pomoci ľuďom a to ich zapracovaním do rôznych záchranných zložiek či už súkromnej alebo štátnej sféry.

Záchrana v horách patrí k neodmysliteľnej súčasťi záchranného systému krajiny. Na Slovensku túto službu zabezpečuje Horská záchranná služba, ktorej práca je náročná a vyžaduje si častokrát nasadenie záchranárov priamo do terénu a oblastí, kde je pohyb osôb obzvlášť nebezpečný.

Bakalárska práca má za úlohu analyzovať možnosti využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov v Horskej záchrannej službe. Medzi hlavné ciele patrí objasnenie aktuálneho stavu využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov na Slovensku a v zahraničí, vyhodnotenie faktorov vplyvajúcich na použitie tejto techniky v teréne pri pátracích akciách, či mapovaní geohazardov – svahov s nestabilnou snehovou pokrývkou, kde za splnenia istých podmienok hrozí uvoľnenie lavín, ktoré by mohlo viesť k poškodeniu majetku, či prípadným stratám na životoch. Na začiatku práce nájdeme v skratke zhrnutú históriu postupného vývoja bezpilotných prostriedkov, ktorá výrazne

prispela k vysokému tempu ich neustáleho zdokonaľovania sa až po formu, v ktorej ich poznáme dnes. Nasleduje zhodnotenie súčasnej legislatívnej úpravy platnej na území Slovenskej republiky, ktorá vo vysokej miere vplyva na prevádzku bezpilotných lietajúcich prostriedkov v záchrannom zbore. Zameriame sa taktiež na Európsku právnu úpravu, ktorá prisľubuje zjednotenie pravidiel prevádzky bezpilotných prostriedkov na území členských štátov a postupnou implementáciou náhradu princípov aktuálne využívanej legislatívy.

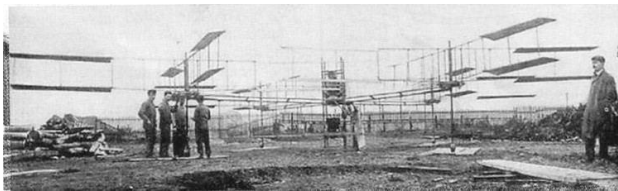
Hlavná časť sa zameriava predovšetkým na rozbor použitia špecifických typov bezpilotných prostriedkov nasadzovaných do misií Horskou záchrannou službou Slovenskej republiky a vybraných štátov Európskej únie. Sústredíme sa tiež na konkrétne prípadové štúdie dohľadávania osôb v horskom teréne a vyhodnotíme údaje pre následné skúmanie.

Súčasťou práce je aj krátky výskum slúžiaci na priblíženie možnej implementácie bežne dostupných moderných digitálnych lavínových vyhľadávačov, ktoré by správnym uchytением na bezpilotný prostriedok mohli výrazne uľahčiť vyhľadávanie osôb zasypaných lavínou. Výrazne by sa tým znížilo okrem iného aj riziko možného zasypania záchranárov sekundárnou lavínou pri pomoci zranenému. Autor práce považuje za mimoriadne dôležité využívanie rôznych bezpilotných lietajúcich prostriedkov pri pátracích akciách, či prípadnom monitorovaní horského terénu. Efektívnosť týchto činností je rozhodujúca pre šetrenie drahocenného času pri záchrane postihnutých osôb.

2. História UAV a ich využitia pri záchrane

História týchto autonómnych prostriedkov siaha hlboko do minulosti a záchrana v horách je nepochybne odvetvie, kde by využitie bezpilotných lietajúcich prostriedkov znamenalo revolúciu pri pátraní a záchrane osôb z častokrát nedostupného terénu, avšak z historického hľadiska sa tieto možnosti nevyskytovali.

História súčasného konceptu ľahkých bezpilotných lietajúcich prostriedkov siaha približne do roku 1907. Bratia Jacques a Louis Bréguet s pomocou francúzskeho fyziológa, profesora Charlesa Richeta vyvinuli jeden z prvých modelov s konceptom kvadrokoptéry, ktorý však dosiahol len malú výšku nad zemou (cca 0,6 m). Na obsluhu tohto stroja bolo potrebných päť ľudí a pri dosiahnutých výsledkoch sa síce jednalo o výrazný pokrok, no neznamenalo to veľký prevrat v praktickosti využitia tohto UAV. Do 90. rokov 20. storočia boli bezpilotné lietajúce prostriedky využívané prevažne v armádnom odvetví [1]. Jednalo sa o stroje, ktoré svojimi rozmermi, finančnou náročnosťou na výrobu a celkovou kompaktnosťou neumožňovali využitie v širšom spektre odvetví. To sa však na prelome storočí začalo rapídne meniť.



Obrazok 1: Prvý model kvadrokoptéry od tvorcov Breguét-Richet 1907. Zdroj: [16].

Vývoj technológií v autonómnom riadení a riadení pomocou diaľkových systémov pokročil natoľko, že v roku 2006 udelil americký letecký úrad (FAA) prvé komerčné povolenie pre bezpilotné lietajúce prostriedky. Problémom mnohých raných bezpilotných lietajúcich prostriedkov však bolo, že nedokázali previesť vzlet a pristátie vertikálnym spôsobom (VTOL) a k vzletu poväčšine potrebovali spevnenú vzletovo pristávaciu dráhu alebo rampu, z ktorej boli vypustené. To obmedzovalo ich potenciálne možnosti využitia v horskom, alebo ťažko dostupnom teréne. [3]

Začiatkom 21. storočia zaznamenali UAV vysoký úspech a pre ich pomerne malé rozmery a dostupnú cenu prichádzalo do úvahy aj ich využitie v omnoho rozsiahlejšej škále odvetví ako tomu bolo do týchto čias. Na obľúbenosti UAV spočiatku nepridával ani fakt, že si ho užívateľ zakúpil ako skladačku, ktorú bolo potrebné svojpomocne zostaviť. V roku 2010 francúzska spoločnosť Parrot predstavila bezpilotný lietajúci prostriedok AR Drone, ktorý bol v podstate prvý užívateľsky široko prístupný UAV. Umožňoval ovládanie pomocou smartfónu a prenos údajov bol zabezpečovaný pomocou Wi-Fi siete. [4]

Za posledných 15 rokov zaznamenalo odvetvie malých bezpilotných prostriedkov pomerne výrazný progres. Spoločnosti ako Heli-Max, Blade, Walker, Parrot, gigant DJI a iné produkovali čoraz kompaktnejšie a užívateľsky jednoduchšie UAV [5]. Práve pomerne veľká kompaktnosť a výkonnosť UAV im priniesla využitie nie len v radoch verejnosti, no našla predovšetkým uplatnenie v rôznych či už bezpečnostných alebo záchranných zložkách. Firma DJI založená v roku 2006,

predstavila v roku 2013 prvé UAV z modelovej rady DJI Phantom. Jednalo sa o prvý VTOL bezpilotný lietajúci prostriedok, ktorý disponoval zabudovaným GPS a funkciou autopilota, čím sa stal ešte jednoduchším na použitie v reálnej prevádzke. [6]

Využitie leteckých prostriedkov výrazne zefektívnilo prácu horských záchranárov hneď v mnohých aspektoch. Postupom času sa začali využívať k horskej záchrane čoraz modernejšie zariadenia. [7]

V 21. storočí sa začali bezpilotné lietajúce prostriedky využívať v celom spektre záchranného systému. Svoje miesto zaujali aj pri práci horských záchranných zložiek a dokázali efektívne suplovať niektoré z činností dovtedy využívaných leteckých prostriedkov.

3. Legislatívna úprava

Tak ako vývoj bezpilotných lietajúcich prostriedkov aj legislatívna úprava je dynamická a rýchlo sa vyvíjajúca. Legislatíva využívania bezpilotných lietajúcich prostriedkov má pre prevádzkovateľa prípadne pilota veľký význam. Dokument definuje právnu úpravu a technické normy, podľa ktorých sú jednotlivé UAV zaradzované do príslušných kategórií.

V tomto dokumente sú bližšie stanovené podmienky, za akých je možno daný bezpilotný lietajúci prostriedok využívať k činnostiam vo vzdušnom priestore. Stanovené sú pravidlá, kde môže UAV vzlietať, pristávať a podľa akých pravidiel sa v danom priestore môže pohybovať. Stanovené sú aj postupy komunikácie s inými lietadlami, prípadne koordinácia s riadením letovej prevádzky, pokiaľ sa letová činnosť vykonáva v riadenom okrsku letiska. [8]

3.1. Legislatívna úprava na Slovensku

Rozhodnutie **2/2019** s platnosťou od **15.11.2019** určuje podmienky vykonania letu lietadlom spôsobilým lietať bez pilota a vyhlasuje zákaz vykonania letu určených kategórií lietadiel vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky (ďalej len „vzdušný priestor“).

Podľa stále platnej slovenskej právnej úpravy rozdeľujeme bezpilotné prostriedky do piatich tried:

C0 - jedná sa o diaľkovo ovládané lietadlo alebo model lietadla pričom maximálna vzletová hmotnosť nepresahuje 250g

C1 - jedná sa o diaľkovo ovládané lietadlo alebo model lietadla pričom maximálna vzletová hmotnosť je väčšia ako 250g ale neprekračuje 900g

C2 - jedná sa o diaľkovo ovládané lietadlo alebo model lietadla s maximálnou vzletovou hmotnosťou, ktorá je väčšia ako 900g ale neprekračuje 4kg

C3 - jedná sa o diaľkovo ovládané lietadlo alebo model lietadla pričom maximálna vzletová hmotnosť je väčšia ako 4kg ale neprekračuje 25kg s typickým rozmerom menej ako 3m

C4 - jedná sa o model lietadla s maximálnou vzletovou hmotnosťou, ktorá je väčšia ako 4kg ale neprekračuje 25kg

V Slovenskej právnej úprave rozoznávame dva druhy prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov a to kategóriu A nasledovanú kategóriou B.

Kategóriu A prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov môžeme nasledovne rozčleniť do špecifických subkategórií A1, A2 a A3. Podmienky umožňujúce vykonanie letu s bezpilotným prostriedkom sa na základe týchto subkategórií líšia v niekoľkých aspektoch. K rozlišujúcim prvkom môžeme zaradiť technické parametre použitého bezpilotného prostriedku a jeho rozdelenie podľa kategórie C. Vzhľadom na to, do ktorej kategórie bezpilotný prostriedok spadá platia pre pilota nasledovné pravidlá. Podmienkou prevádzky je následne splnenie špecifických rozstupov na zaistenie bezpečnosti nezúčastnených osôb, dodržanie meteorologických podmienok a v prípade, že je vykonávaný let v riadenom okrsku letiska, musia byť dodržané aj udávané horizontálne a vertikálne rozstupy tak aby sa predišlo prípadnému stretu s ostatnou letovou prevádzkou. Pilot takéhoto zariadenia musí zabezpečiť aj to, aby nedošlo k prelietaniu husto osídlených oblastí, prípadne miesta s vyššou koncentráciou ľudí.

Kategória B prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov umožňuje pilotovi vykonanie letu s UAV so súhlasom Dopravného úradu ak ide o let vykonaný bezpilotným lietadlom iným spôsobom ako je definovaných podľa podmienok kategórie prevádzky A. V kategórii B sú bližšie špecifikované podmienky letu vykonávaného v noci, kedy musia byť splnené podmienky osvetlenia prostriedku UAV primeraným druhom osvetlenia (zábleskový maják). Definované sú podmienky vykonania letu v riadenom vzdušnom priestore po bližšej koordinácii so stanovišťom riadenia letovej prevádzky a vykonanie letu v inej vzdialenosti od nezúčastnených osôb ako je určená vzdialenosť podľa podmienok kategórie A. Pokiaľ je k letu použitý bezpilotný lietajúci prostriedok, ktorého maximálna vzletová hmotnosť je väčšia ako 25kg musí v takomto prípade prevádzkovateľ UAV uzatvoriť zmluvu o poistení zodpovednosti za škodu spôsobenú prevádzkou bezpilotného lietadla, či viesť palubný denník bezpilotného lietadla prípadne doklad, ktorý ho nahrádza. [9]

V tejto práci sa venujeme využitiu bezpilotných lietajúcich prostriedkov v Horskej záchranej službe, ktorá patrí medzi zložky integrovaného záchranného systému. Podľa článku 1 odseku 4 tohto rozhodnutia sa na vykonanie letu zložkami integrovaného záchranného systému a iných bezpečnostných zborov vzťahujú len všeobecné podmienky vykonania letu bezpilotným lietadlom a bližšie špecifikované podmienky koordinácie letu s riadením letovej prevádzky, pokiaľ je takýto let vykonávaný v riadenom okrsku letiska.

3.2. Európska legislatíva

Začiatok roka 2021 so sebou prináša aj postupnú implementáciu novej európskej legislatívy zameranej na prevádzku UAV. Jedná sa o zjednotenie a zosúladenie európskych pravidiel prevádzky bezpilotných lietajúcich zariadení.

Od 1. januára 2021 sa začalo uplatňovať vykonávajúce nariadenie EÚ č. 2019/947. Toto nariadenie komplexne zjednocuje pravidlá používania UAV v celej EÚ až na výnimky, ktoré si môže každý členský štát upraviť samostatne. Jedná sa napríklad o minimálny vek pre lietanie s UAV, či pravidlá lietania v riadenom vzdušnom priestore. [10]

Nová Európska legislatíva zaradzuje prostriedky UAV do troch kategórií:

„**otvorená**“ kategória

„**osobitná**“ kategória

„**certifikovaná**“ kategória

„**Otvorená**“ kategória bezpilotných lietajúcich prostriedkov sa delí do subkategórií A1, A2 a A3 podľa požiadaviek na pilota a technické parametre UAV. Bepilotné lietadlo v tejto prevádzkovej kategórii nesmie presiahnuť výšku 120 m nad terénom, pričom pri vykonaní letu v horizontálnej vzdialenosti menej ako 50 m od umelej prekážky sa môže na žiadosť subjektu navýšiť maximálna výška až o 15 m nad výškou prekážky. Maximálna výška letu je upravená podľa geografických charakteristík terénu.

Pod „**osobitnú**“ kategóriu prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov spadá prevádzka, kedy vzhľadom na špecifické riziká je vyžadované povolenie príslušného úradu na vykonávanie daného letu pred jeho začatím. Príslušný úrad následne posúdi riziká a použije zmierňujúcich opatrení. Ide napríklad o lety, ktoré presiahnu maximálnu povolenú výšku nad terénom, či napríklad lety v zastavaných oblastiach a nad ľuďmi v menšej vzdialenosti ako povoľujú subkategórie „A“.

Jedným z prvých cieľov prichádzajúcej európskej legislatívy je napríklad systém registrácie prevádzkovateľov UAV, čím sa predpokladá zvýšenie bezpečnosti využívania bezpilotných lietajúcich prostriedkov. Výhodou systému registrácie prevádzkovateľov je aj vykonávanie cezhraničných letov a letov v zahraničí. Povoľovanie týchto letov by malo fungovať automatizovane a preto je veľmi dôležité zabezpečiť možnosti elektronickej komunikácie medzi členskými štátmi využívajúcimi tento systém. [10]

4. Súčasný stav Využitia UAV v horskej záchrane

V tejto kapitole si rozoberieme aktuálne využitie konkrétnych typov bezpilotných lietajúcich prostriedkov používaných v Horskej záchranej službe slovenskej republiky a iných štátoch Európskej únie.

V súčasnej dobe sú vo svete používané tisíce modelov UAV a viac než polovica z nich v civilnom sektore. UAV majú oproti inej leteckej technike mnoho prevádzkových výhod. Nasadzované môžu byť do akcií, v ktorých by použitie ľudsky pilotovaných strojov mohlo byť náročné ba dokonca nebezpečné.

4.1. SenseFly Albris

SenseFly Albris je vyspelý mapovací bezpilotný lietajúci prostriedok. Konštrukciou sa jedná o kvadroptéru, ktorá je vybavená konzolou s tromi kamerami pre širokú škálu využitia. Počas letu má užívateľ možnosť prepnutia medzi videom s vysokým rozlíšením a termálnymi snímkami bez toho, aby musel s bezpilotným prostriedkom pristáť, vymeniť kameru a znova vzlietnuť, čo je jeho obrovskou výhodou.

Albris je vybavený piatimi duálnymi senzormi mapovania prekážok a tak je možné ho využiť aj v stiesnených priestoroch akým môžu byť rôzne skalné rokliny. Pri práci s týmto strojom sa využíva aj pokročilý softvér riadenia a plánovania letu eMotion.

Horská záchranná služba slovenskej republiky vlastní jeden bezpilotný lietajúci prostriedok tohto typu a v súčasnosti ho využíva predovšetkým na vertikálne mapovanie svahov, ktoré je obťažné naletieť s inými typmi UAV. Stroj sa využíva aj na mapovanie a fotodokumentáciu nánosov z utrnutých lavín, kedy tieto zábery slúžia k dôkladnej analýze odtrhu a jeho príčiny pri ďalšom skúmaní v stredisku lavínovej prevencie Horskej záchrannej služby v Liptovskom Hrádku.



Obrázok 2: SenseFly Albris. Zdroj: [17].

4.2. SenseFly eBee PLUS

Tento bezpilotný lietajúci prostriedok sa vyznačuje svojou veľmi vysokou presnosťou, ktorá je zabezpečovaná systémom pozemných staníc primajúcich signál GPS, kedy sú údaje upravujúce presnosť zasielané priamo do UAV pomocou pozemného modemu. Tento model využitia zabezpečuje presnosť v horizontálnej rovine okolo troch centimetrov a vo vertikálnej viac ako päť centimetrov. UAV disponuje aj systémom autopilota a dokáže vykonať plne automatický let podľa naplánovanej trasy. Asistencia je nutná jedine pri vypustení prostriedku do vzduchu, keďže sa jedná o pevné krídlo bez podvozku. Následné stúpanie do potrebnej výšky pre zamýšľaný let vykoná autopilot automaticky a po jeho dokončení naplánuje zostupovú rovinu a pristátie do presne vymedzeného smeru s ohľadom na smer vetra a profil okolitého terénu.

Horská záchranná služba prevádzkuje jeden tento bezpilotný lietajúci prostriedok a to predovšetkým na podrobné mapovanie nebezpečných svahov z pohľadu zvýšeného nebezpečenstva možnosti odtrhu snehových lavín. Tento prieskum sa vykonáva metódou porovnania digitálnych modelov terénu v závislosti od ročného obdobia, takže je možné s veľmi vysokou presnosťou určiť hĺbku snehovej pokrývky a jej objem. Zisťuje sa jej rozmiestnenie a hĺbkové rozdiely v pokrývke, ktoré ovplyvňuje mnoho faktorov ako napríklad sila a smer vetra počas periódy sneženia.

4.3. DJI Mavic Enterprise DUAL

UAV je schopné zachytávať video s rozlíšením 4K pri až trojnásobnom digitálnom priblížení. Svojou kompaktnosťou, výkonom a výdržou batérie je oproti ostatným strojom vo veľkej výhode [11]. Horská služba Slovenskej Republiky túto kvadrokoptéru využíva napríklad aj ako prostriedok na tréning pilotáže a školenie nových pilotov, keďže s pomocou vyspelých stabilizačných systémov je jej pilotovanie pomerne jednoduché. Nasadený bol aj do pátracích akcií v ťažko prístupnom teréne, kde si ho záchranári pochvaľovali práve pre jeho nízku hmotnosť, ktorá sa pohybuje okolo 900 g. Pri tejto akcii sa jednalo o lokalizáciu nezvestného človeka v lesnom poraste za pomoci termovíznej kamery.

UAV slúži v neposlednom rade ako pomocník pri mapovaní snehových podmienok v horách a na fotodokumentáciu svahov pre následné spracovanie údajov Strediskom lavínovej prevencie v Liptovskom Hrádku.



Obrázok 3: Špecialisti zo strediska lavínovej prevencie monitorujú svahy v Nízkych Tatrách. Zdroj: [18].

5. Využitie bezpilotných prostriedkov pri lavínových nešťastiach

V praktickej časti práce sa zameriame na výhody, či nevýhody využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov pri záchrane v horách s dôrazom na lavínovú problematiku, a priblížime si taktiež aj víziu a možnosti ďalšieho rozšírenia takejto záchrany v slovenských pohoriach.

Práca horskej záchrannej služby je náročná a veľká časť ostrých zásahov prebieha v nepriaznivých poveternostných podmienkach, alebo v noci. Medzi negatívne vplyvy používania ako konvenčnej leteckej záchrany tak bezpilotných lietajúcich prostriedkov patria práve nepriaznivé meteorologické podmienky, ktoré v horách často prevládajú. Jedná sa napríklad o silný vietor, silné zostupné prúdy a turbulencie, no významný vplyv má v zimných mesiacoch aj tvorba námrazy.

K čoraz častejšie vyhľadávaným zimným aktivitám v horskom prostredí nepochybne patrí skialpinizmus, či lyžovanie vo voľnom teréne. Jedny z najväčších rizík postihujúcich turistov ale aj profesionálnych horolezcov predstavujú lavíny, ktoré v Európe zapríčinia ročne desiatky úmrtí. Vzhľadom na to, že už po desiatich minútach sa pre človeka pochovaného pod lavínou výrazne znižuje šanca na prežitie má veľký význam neustále vyhľadávať spôsoby na čo najefektívnejšiu záchranu zasypaného pri dosiahnutí najkratšieho možného času hľadania. [12]

5.1. Vyhľadávanie osôb pomocou termovízie

Jednou zo skúmaných možností využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov v lavínovej problematike je za pomoci termálneho snímkovania vyhľadanie nezvestných osôb pri lavínových nešťastiach, pričom ide o metódu využitia geografických informácií o okolitom teréne na zaistenie čo najpresnejších a najspohľadlivejších výsledkov pri záchranných akciách. Avšak implementácia takýchto systémov do reálnej prevádzky sa javila ako pomerne náročná najmä pre neprimeranú veľkosť a váhu takýchto zariadení. Ako bolo už vyššie spomenuté, hlavnou komoditou pri prežití v lavíne je čas. Možnosť prežiť pod nánosom snehu klesá na 80 percent už pri prekročení 10 minút

od zasypania. Táto metóda využitia UAV s možnosťou termálneho snímkovania však nedosiahla veľký úspech a to hneď z niekoľkých dôvodov.

- Záchraná misia za použitia kamery na termálne snímkovanie si vyžaduje väčšie množstvo vysoko vyškoleného personálu pre náročnosť činností s ním spojených
- Súčasne dostupné kamery s možnosťou termálneho snímkovania určené na zaznamenávanie obrazu pomocou prostriedku UAV (napr. FLIR Tau 2 IR) nie sú natoľko vyspelé, aby pod snehovou pokrývkou hlbokou 10 až 20 cm dokázali identifikovať akúkoľvek tepelnú stopu [13].

5.2. Analógový lavínový vyhľadávač implementovaný na bezpilotný prostriedok

Ďalšou potenciálne účinnou skúmanou metódou využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov pri lavínových nešťastiach je kombinácia prostriedku UAV a lavínového vyhľadávača naň upevneného. Takéto zariadenie dokáže spoľahlivo identifikovať osobu pod nánosom snehu a pomocou automatizácie letu by táto metóda dokázala výrazne ušetriť čas výsledného dohľadania nezvestného. Avšak aj pri tejto metóde je dôležité brať do úvahy technické aspekty bezpilotného prostriedku, ako napríklad výkon batérií pri nízkej vonkajšej teplote, či schopnosť protizrážkových senzorov potrebných pre vykonanie autonómneho letu reagovať s dostatočnou presnosťou na okolité prekážky (vlnitý terén pokrytý snehom).

Bezpilotný lietajúci prostriedok by pre daný druh operácie mal spĺňať:

- Vykonanie plne automatizovaného letu (vzlet, navigácia po určených bodoch, pristátie)
- Možnosť upevnenia nákladu o hmotnosti približne 1-1,5 kilogramu (lavínový vyhľadávač, termo-kamera)
- Jednoduchosť ovládania aj v náročnom horskom teréne
- Stabilné letové charakteristiky pri zaručení postačujúceho výkonu stroja
- Výdrž letu pri plnom zaťažení (minimálne 10-15 minút)
- Jednoduché naplánovanie, či prípadná modifikácia naplánovaného letu
- Udržanie špecifickej výšky nad nerovným či zvlneným terénom pomocou laserového senzoru

Jednou z výhod vyhľadávania osôb v lavíne pomocou bezpilotného prostriedku je aj fakt, že pri prehľadávaní terénu vie byť stroj oproti profesionálne vyškolenému horskému záchranárovi až štyrikrát rýchlejší, zatiaľ čo pre človeka je pohyb v lavíništi náročný a nedokáže sa pohybovať rýchlosťou vyššou ako 1 m/s. V dnešnej dobe, kedy sú na trhu už prevažne iba viac-anténové lavínové vyhľadávače, ktoré navedú záchranára priamo k postihnutej osobe pomocou smerníkov zobrazených na displeji zariadenia sa čas vyhľadávania opäť o niečo skrátil. [13]

5.3. Digitálne lavínové vyhľadávače – Rušenie lavínového vyhľadávača prevádzkou bezpilotného prostriedku

Budúcnosť moderných digitálnych lavínových vyhľadávačov by mohla byť úzko spätá s využívaním v spojení s bezpilotnými prostriedkami, kde by mohli poberať minimálne také výhody ako tie analógové. Avšak pri všetkých výhodách využitia bezpilotných lietajúcich prostriedkov v kombinácii s moderným lavínovým vyhľadávačom stále narážame na isté nevýhody, ktoré by mohli sťažiť zaradenie takýchto prostriedkov do reálnej prevádzky. Jedným z týchto problémov je aj praktický dosah lavínového vyhľadávača a ovplyvňovanie dosahu a presnosti zariadenia rôznymi elektromagnetickými šumami či inými druhmi rušenia.

Praktickým výskumom sa budeme snažiť v tejto časti práce poukázať na potenciálne výhody či možné obmedzenia ich využitia v súčinnosti s bezpilotnými lietajúcimi prostriedkami, a praktickými meraniami sa zameriame práve na použitie voľne dostupných komerčných lavínových vyhľadávačov v súčinnosti s bežne dostupnými bezpilotnými prostriedkami využívanými v záchraných zboroch po celej Európe. V praktickej skúške s dvoma lavínovými vyhľadávačmi sa pozrieme na to, či blízkosť cudzieho elektromagnetického zariadenia, ktorým môže byť aj bezpilotný lietajúci prostriedok ovplyvňuje presnosť moderného lavínového vyhľadávača s tromi anténami.

Známy fyzikálny jav označovaný ako elektro-magnetický šum výrazne vplyva na vysielanie a prijímanie signálu a tak pri činnosti ovplyvňuje aj lavínové vyhľadávače. Jedná sa predovšetkým o ovplyvňovanie schopnosti presného určenia smeru a vzdialenosti k určenému cieľu. Spomínaný jav je pri používaní takýchto zariadení mimoriadne nežiadúci a výrazne ovplyvňuje presnosť a citlivosť signálu zaznamenaného anténou prístroja. [14][15]

5.4. Vplyv bezprostrednej blízkosti UAV na prevádzku lavínového vyhľadávača

Jednoduchým výskumom zameraným na efekt možnej interferencie medzi moderným, na trhu bežne dostupným lavínovým vyhľadávačom a bezpilotnými prostriedkami DJI, ktoré taktiež patria k veľmi obľúbeným zariadeniam na komerčnom trhu sa budeme snažiť získať jednoduché zistenia, ktoré by mohli byť následne použité k ďalším odborným výskumom efektivity tohto druhu horskej záchranu.

Test možného vplyvu na odchýlku prijímaného signálu sme realizovali na vodorovnej ploche, kedy boli lavínové vyhľadávače umiestnené v jednej osi vzdialené 10 m od seba, čo sme potvrdili indikáciou vzdialenosti a smeru na prístroji prijímajúcom signál (zariadenie „DSP PRO“). Do bezprostrednej blízkosti k aktívnemu lavínovému vyhľadávaču prijímajúcejmu signál sme umiestnili v prvej testovanej situácii bezpilotný prostriedok DJI Mavic 2 Pro. UAV bolo uvedené do prevádzkového režimu, kedy fungoval prenos obrazu z kamery inštalovanej na tomto stroji, avšak pohonné jednotky stroja ostali vypnuté. Testované bol vykonávaný najprv v nastavenom frekvenčnom pásme 2,400 – 2,483 GHz a následne aj 5,725 – 5,850 GHz. Výsledkom bolo, že lavínový vyhľadávač prijímajúci signál okamžite stratil prijímaný signál bez ohľadu na to, ktoré frekvenčné pásmo bolo zvolené a displej zariadenia indikoval, že v dosahu nie je žiadne

vysielajúce zariadenie pričom poloha a stav lavínových vyhľadávačov ostala nezmenená.



Obrázok 4: Strata prijímaného signálu po priložení DJI Mavic 2 PRO do tesnej blízkosti vyhľadávača. Zdroj: [19].

Postupným vertikálnym vzdalovaním bezpilotného prostriedku od aktívneho lavínového vyhľadávača začal displej zariadenia opäť indikovať vzdialenosť a smer k vyhľadávanému zariadeniu. Keď sa UAV nachádzalo približne 10 – 15 cm nad zariadením DSP PRO bola chybovosť indikácie na vzdialenosť 10 m pomerne veľká. Hodnota zobrazovaná na displeji bola o 2,6 m nižšia ako reálna hodnota a smerník k zariadeniu vykazoval vychýlenie od reálneho smeru približne o 20 stupňov. Pri vertikálnej vzdialenosti UAV 50 cm nad lavínovým vyhľadávačom indikovalo zariadenie už správnu hodnotu, rovnakú ako bola nameraná prístrojom pred testom. Nastavenia frekvenčného pásma nezohrávalo v našom teste žiadnu úlohu a zmeny hodnôt boli pri oboch nastaveniach rovnaké. V nasledujúcom teste ostala vzájomná poloha lavínových vyhľadávačov nezmenená, avšak model Mavic 2 PRO bol nahradený väčším strojom A to modelom Inspire 2.

Tieto jednoduché praktické skúšky boli dôkazom toho, že komplexné elektronické zariadenia, medzi ktoré patria nepochybne aj bezpilotné lietajúce spôsobujú svojou prevádzkou silné elektromagnetické rušenie rôznej intenzity. V tomto jednoduchom praktickom teste sme taktiež mali možnosť pozorovať, že čím väčšia bola vertikálna vzdialenosť medzi lavínovým vyhľadávačom a bezpilotným prostriedkom, tým menšie boli odchýlky straty presnosti prístroja indikované na displeji zariadenia.

Presnosť a dosah moderných lavínových vyhľadávačov s tromi anténami je v dnešnej dobe naozaj obdivuhodná, no napriek tomu vyžaduje ich zakomponovanie k záchrane pomocou bezpilotného prostriedku veľkú ostražitosť. Týmto jednoduchým výskumom sme chceli predovšetkým odkázať na potrebu širšieho a omnoho rozsiahlejšieho výskumu uchytenia a všeobecne implementácie digitálnych lavínových vyhľadávačov na bezpilotné prostriedky. Je obzvlášť dôležité vypracovať analýzy rôznych spôsobov uchytenia pričom je podstatné dosiahnuť čo najväčší kompromis medzi

obmedzeniami pri vykonávaní záchranných akcií a potenciálnou silou elektromagnetických vplyvov znižujúcich presnosť lavínového vyhľadávača uchyteného na prostriedku UAV. Jednoduchými testami sme dokázali, že bezprostredná blízkosť dvoch citlivých elektromagnetických zariadení môže v prevádzke takýchto strojov vytvárať nepriateľné odchýlky, ktoré by mohli výrazne narušiť úspešnosť záchranných akcií.

Toto krátke skúmanie malo za cieľ poukázať na možnú kompatibilitu bežne dostupných a používaných zariadení, kedy by ďalším podrobnejším výskumom uchytenia, spôsobu prenosu dát k operátorovi či možnosti eliminovania nepriaznivých vplyvov rušenia mohli byť v Horskom záchrannom zbere použité aj omnoho dostupnejšie a cenovo výhodnejšie systémy na vyhľadávanie osôb pri lavínových nešťastiach. V súčasnej dobe sú moderné lavínové vyhľadávače pre ich nízku hmotnosť a cenovú dostupnosť najrozšírenejšou voľbou extrémnych lyžiarov, horolezcov ako aj bežných turistov pohybujúcich sa v nebezpečnom – lavínovom teréne. Ich možná implementácia na súčasne využívané bezpilotné lietajúce prostriedky vo výbave Horskej záchrannej služby Slovenskej Republiky by mohla znamenať veľké zvýšenie efektivity práce horských záchranárov, ktorí sú často-krát už poslednou nádejou človeka uviaznutého pod nánosom snehu.

Najväčšie výhody využitia takýchto celkov by mohli byť zaznamenané pri misiách, ktoré si vyžadujú prehľadanie veľmi veľkej plochy nánosu lavíny, keďže UAV dokáže takýmto terénom prechádzať rýchlejšie ako človek. Benefitom je jednoznačne aj to, že sa záchranný tím nemusí pohybovať priamo po lavíništi kde by pri ďalšom odtrhu sekundárnych lavín hrozilo záchranárom nebezpečenstvo zasypania.

6. Záver

Bakalárska práca na tému Možnosti využitia bezpilotných prostriedkov v Horskej záchrannej službe spracováva vývoj bezpilotných prostriedkov od ich prvopočiatkov až po najmodernejšie a najsofistikovanejšie stroje, ktoré dokážu poskytnúť s použitím externých zariadení mnoho výhod pri záchrane a suplovať horských záchranárov v situáciách, ktoré by ich vystavovali priveľkému riziku.

Úvodná časť práce poukazuje na vývoj bezpilotných lietajúcich prostriedkov až po praktické využitie moderných verzií týchto strojov v záchranných zložkách. Táto časť zaznamenáva historickú líniu bezpilotných zariadení počnúc využitím vo vojenskej službe či postupným prepracovávaním a zdokonaľovaním sa do štádia, kedy boli postupne pripravené svojou kompaktnosťou a najmä cenovou dostupnosťou poslužiť aj v iných ako armádnych odvetviach. V nasledujúcej časti je popísaný rozvoj horskej záchrany, kde sa autor zameral predovšetkým na históriu nasadzovania leteckej techniky do pátracích akcií. Práve nasadzovanie leteckej techniky znamenalo obrovský progres v horskej záchrane, z dôvodu rýchlejšieho dohľadania postihnutej osoby, čo následne znamenalo rapidný a omnoho šetrnejší transport do medicínskych zariadení, za účelom poskytnutia neodkladnej zdravotnej starostlivosti. Nasadzovanie konvenčnej leteckej záchrany, ale aj bezpilotných prostriedkov nepochybne prináša zjednodušenie a zefektívnenie záchrany nie len v našej krajine, ale prakticky po celom svete.

Následne v práci prispievame analýzou platnej Slovenskej legislatívy, ktorá upravuje pravidlá a obmedzenia vykonávania letov bezpilotnými prostriedkami na území nášho štátu a zasahuje aj do prevádzky horských záchranárov. Analyzovaná je aj Európska legislatíva, ktorá by mala postupnou implementáciou priniesť zjednotenie právnych úprav využívania bezpilotných prostriedkov na území členských štátov. V hlavnej časti práce sú podrobne popísané špecifické typy bezpilotných lietajúcich prostriedkov prevádzkované primárne za účelom horskej záchrany využívané Slovenskou Horskou záchrannou službou a vybranými krajinami Európskej únie. Nechýba podrobný popis činností, pri ktorých horskí záchranári využívajú práve pomoc spomínanej techniky.

Prínosom tejto bakalárskej práce je predovšetkým výskum zameraný na rozšírenie možností využitia bezpilotných prostriedkov pri záchranných akciách, kedy sme sa zamerali predovšetkým na mimoriadne dôležitú časť činností horskej služby a to je lavínovú prevenciu a pomoc osobám uviaznutým pod nánosom lavíny. Skúmaná bola taktiež výpomoc termokamery pri dohľadávaní zasypaných osôb, čo sa však v tejto dobe nejaví ako efektívna možnosť. Krátkym výskumom s použitím digitálneho lavínového vyhľadávača a dvojice bežne dostupných bezpilotných prostriedkov sme získali údaje k ďalším odborným skúmaniam, ktoré by za požadovaného výsledku znamenali možnosť implementácie takéhoto druhu záchrany do portfólia slovenskej Horskej záchrannej služby.

Referencie

- [1] INTERESTING ENGINEERING. A Brief History of Drones: The Remote Controlled Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) [online]. Dostupné na internete: <<https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs>> (citované 2021-03-10)
- [2] PERCEPTO. The Evolution of Drones: From Military to Hobby & Commercial [online]. Dostupné na internete: <<https://percepto.co/the-evolution-of-drones-from-military-to-hobby-commercial/>> (citované 2021-03-10)
- [3] KROSSBLADE AEROSPACE SYSTEMS. History of quadcopters and other multirotors [online]. Dostupné na internete: <<https://www.krossblade.com/history-of-quadcopters-and-multirotors>> (citované 2021-03-10)
- [4] AIRSPACE. A Brief History of Quadrotors [online]. Dostupné na internete: <<https://www.airspacemag.com/daily-planet/brief-history-quadrotors-180963372/>> (citované 2021-03-10)
- [5] QUADCOPTER ARENA. The history of drones and quadcopters [online]. Dostupné na internete: <<https://quadcopterarena.com/the-history-of-drones-and-quadcopters/>> (citované 2021-03-14)
- [6] DJZ PHOTOGRAPHY. Dji product history timeline [online]. Dostupné na internete: <<https://www.djzphoto.com/blog/dji-product-history-timeline-drones-cameras-gimbals>> (citované 2021-03-14)
- [7] REGA. The operational possibilities open up [online]. Dostupné na internete: <<https://www.rega.ch/en/about-us/rega-in-brief/detail/the-operational-possibilities-open-up>> (citované 2021-03-20)
- [8] DOPRAVNÝ ÚRAD. Lietadlá spôsobilé lietať bez pilota [online]. Dostupné na internete: <<http://letectvo.nsat.sk/letova-prevadzka/lietadla-sposobile-lietat-bez-pilota/>> (citované 2021-03-24)
- [9] Dopravný úrad: Rozhodnutie č. 2/2019 zo 14.11. 2019, ktorým sa určujú podmienky vykonania letu lietadlom spôsobilým lietať bez pilota a vyhlasuje zákaz vykonania letu určených kategórií lietadiel vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky [online]. Dostupné na internete: <<http://nsat.sk/wp-content/uploads/2019/11/R2-2019.pdf>> (citované 2021-03-24)
- [10] APROP. Pravidlá lietania s dronmi 2021 | EU legislatíva [online]. Dostupné na internete: <<https://www.aprop.sk/clanok/legislativa-pravidla-lietanie-drony>> (citované 2021-03-28)
- [11] DJI. Case Study Saving Lives in the Desert [online]. Dostupné na internete: <https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise/20181030/Case_Study_Saving_Lives_in_the_Desert.pdf> (citované 2021-04-05)
- [12] HAEGELI, P. a kol. 2011. Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. In Canadian Medical Association journal [online]. 2011. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/50595729_Comparison_of_avalanche_survival_patterns_in_Canada_and_Switzerland>. doi:183. 789-95. 10.1503/cmaj.101435 (citované 2021-05-03)
- [13] SILVAGNI, M. a kol. 2016. Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. In Geomatics, Natural Hazards and Risk [online]. 2016. no. 1, 18-33. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/308944512_Multipurpose_UAV_for_search_and_rescue_operations_in_mountain_avalanche_events>. doi: 10.1080/19475705.2016.1238852 (citované 2021-05-11)
- [14] MEISTER, E. - DAMMERT, I. 2014. The Effect of Consumer Electronics on Avalanche Transceivers [online]. Dostupné na internete: <<https://arc.lib.montana.edu/snow-science/item/2213>> (citované 2021-05-13)
- [15] BACKCOUNTRY ACCESS. Electronic noise and what it means for your avalanche transceiver [online]. Dostupné na internete: <<https://backcountryaccess.com/en-sk/blog/p/electronic-noise-and-what-it-means-for-your-beacon-2>> (citované 2021-05-13)
- [16] <https://alchetron.com/Breguet-Richet-Gyroplane>
- [17] http://www.geosolutions.sk/wp-content/uploads/2016/06/albriss_f.jpg
- [18] <https://img.cas.sk/cas/900px/3181405.jpg/sneh-dron-horsky-zachranar-laviny-liptovsky-hradok.jpg>
- [19] Autori