

VYUŽITIE AUTONÓMNÝCH SYSTÉMOV UAV PRE PODMIENKY ZÁCHRANNÝCH ZLOŽIEK

USE OF AUTONOMOUS UAV SYSTEMS FOR RESCUE SERVICES

Martin Leitner

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
mleitnerm@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract – *The use of drones is slowly becoming an integral part of our lives. They are used every day and new ways of use are constantly emerging in various areas. One of the easiest way is to use them for entertainment, but there are also a large number of professional users. Their largest users include the military, but they are also used for aerial monitoring, mapping and various other services. As in civil aviation, as well as for UAV users, it is necessary to correct the current legislation, which is also included in the work. In the paper we will investigate the use of UAVs by armed force and rescue units. In this area, they have the opportunity to make full use of their main advantage, and that is how to get to places where access is difficult. In addition, their use does not require a pilot on board and does not endanger his life, as is the case with helicopters. In this work, we will design a flight path for a drone to cover the area as effectively as possible and thus help the rescue services to be more efficient in the search for missing persons. The flight path design will be created in the Dronedeploy program and will be planned for three types of terrain at different initial settings to allow comparison of these flights. Tables and figures are added to each flight to help the reader better understand the flight suggestions.*

Key words – Autonomous flight, Autonomous aircraft, Drone, UAV, Legislation, Polygon, Algorithm, Flight altitude, Flight direction

I. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY

Stále väčšie množstvo užívateľov používa drony a tie si každý deň získavajú pozornosť širokej verejnosti. Ich samotné komerčné využívanie sa v plnom rozsahu rozbehlo až v minulom storočí, ale ich cesta sa začala už v 19. storočí. Je verejne známe, že svoje využitie si našli predovšetkým vo vojenskom sektore, ale čoraz častejšie sú využívané aj v iných rôznych druhoch umení, kde si drony prilákali množstvo fanúšikov svojím širokým spektrom využití a vlastností. Vo vedeckom odvetví poznáme drony, na ktoré sa bežne pripievňujú rôzne nástroje, ako napríklad

kamery, radary a skenery. Tieto nástroje často nájdu svoje využitie v kartografii, ekológii, lesníctve, stavebníctve a pod. Na zostrojenie zložitého mechanizmu, akým dron je, je potrebné mať znalosti z rôznych vedných odborov, najmä fyziky, elektroniky, informatiky, mechaniky a matematiky. [1]

HISTÓRIA A VÝVOJ

V súčasnosti sú UAV brané ako ekonomicky a technicky významná technológia, ktorá sa veľmi rýchlo šíri do všetkých odvetví. V skutočnosti sú tu s nami už vyše storočie a už vo svojich začiatkoch používali gyroskopy, motory či rotačné prepínače a ich história sa začala písať nie až tak ďaleko od slovenských hraníc. Keď sa pozrieme do minulosti, tak sa využívali predovšetkým v armádnom sektore, no dnes ich môžeme čoraz častejšie nájsť v civilnom sektore, dôkazom čoho je aj ich využívanie medzi vedeckými organizáciami a taktiež využitie vo veľkých organizáciách, kde nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie. V 21. storočí sa technológia dostala do štádia sofistikovanosti, kde UAV má teraz v mnohých oblastiach letectva značne rozšírenú úlohu. [2]

BEZPILOTNÉ VZDUŠNÉ PROSTRIEDKY A ICH ROZDELENIE

Pojem bezpilotný vzdušný prostriedok, alebo jednoducho aj dron, je lietadlo riadené diaľkovo alebo autonómne, prípadne model lietadla. Dron môže mať rôzne druhy pohonu a taktiež jeho telo môže nadobudnúť rôzny tvar.

Existuje veľa možností ako drony klasifikovať, v prvom rade je ale pri komerčných dronoch potreba rozlišovať, či sa jedná iba o drony pre zábavu, ktoré sú primárne určené pre bežných užívateľov a nedajú sa od nich očakávať pokročilé funkcie, alebo naopak majú drony určené pro profesionálov.

Drony určené pre bežných užívateľov a pre zábavu sa líšia veľkosťou, hmotnosťou, materiálom nastavením a hlavne cenou od drona pre profesionálov. Naviac koľkokrát sa zavádzajúcim spôsobom označujúci ako drony aj úplne hračky, ktoré sa predávali už skôr, len teraz majú mikro kamery s nízkym rozlíšením obrazu. Súčasne sa výrobcovia snažia zmenšiť hranicu medzi dronmi pre amatérov a pre profesionálov, a teda vznikajú aj série dronov, ktoré sa dajú nazvať pokročilé. Takéto drony sú väčšie, umožňujú ovládanie dvoma osobami (pilot a operátor) a

ich výstupy sa veľmi približujú výstupom z profesionálnych dronov a sú aj často profesionálmi využívané. Ich prednosťou je menšia veľkosť oproti veľkým systémom, letové parametre a kvalitné výstupy a samozrejme stále nižšia cena ako u veľkých systémov pre profesionálov.

Pri dronoch s určením pre profesionálov sa predpokladá, že budú v prevádzke omnoho častejšie, musia byť viac multifunkčné a budú využívané hlavne v náročných podmienkach, a taktiež je potreba, aby boli čo najspolahlivejšie, čo najviac nastaviteľné, a prípadne umožňovali aj ďalšie rozšírenie samotným užívateľom. Navyiac ovládanie dronu je vo väčšine prípadov pre dvoch. Pilot ovláda pohyb dronu a operátor ovláda pohyb kamerového závesu nezávisle na pilotovi. Z toho plynie taktiež ich väčšia veľkosť, váha, kvalitnejší materiál, multifunkčnosť a taktiež vyššia cena. [3]

MULTIKOPTÉRY

Multikoptéra, ako už sám názov napovedá, značí koptéru alebo vrtuľník s kolmým vzletom, k čomu mu slúži určitý počet vrtúľ a motorov. Pre jednoduchšie označovanie multikoptér platí, že sa označujú podľa počtu motorov a vrtúľ.

Najčastejšie multikoptéry sú tie, ktoré majú nasledujúci počet vrtúľ:

- 4 = kvadroptéra
- 6 = hexakoptéra
- 8 = oktokoptéra

Pri bežnom uložení vrtúľ na ramenách vedľa seba platí, že susedné vrtule sa vždy točia opačným smerom. Vrtule s motorom môžu byť uložené proti sebe (protibežne), teda na štyroch ramenách môže byť celkom osem vrtúľ/ motorov.

Obecne platí, že čím viac vrtúľ, tým väčšia bezpečnosť pristátia pri náhodnom poškodení jedného motoru/ vrtule. Tak isto platí, že s väčším počtom vrtúľ stúpa výkon dronu a zväčšuje sa stabilita jeho pohybu vo vzduchu.

Výhodou multikoptér je, že sa dajú využiť k manuálnemu lietaniu, ale aj k automatickému lietaniu podľa letových plánov, alebo k ich kombinácii. Samotný vzlet aj pristátie sú kolmé nahor alebo dole, teda priestor potrebný k vzletu a pristátiu je minimálny a možný takmer kdekoľvek, dokonca vrátane interiéru.

Nevýhodou multikoptér je, že vydržia oproti letúnom omnoho kratšiu dobu vo vzduchu, čo spôsobuje hlavne ich väčšia hmotnosť a náročnejší pohyb vo vzduchu.

BEZPILOTNÉ LIETADLÁ S PEVNÝM KRÍDLOM

Špecifickým druhom komerčných dronov sú bezpilotné lietadlá, tiež niekedy nazývané aj pevné krídla. Samotný názov drony omnoho viac zodpovedá týmto lietadlovým typom, ktoré vychádzajú ako účelom, tak aj tvarom z vojenských dronov.

Tvar a štruktúra krídel sa môžu líšiť v závislosti od použitia. Lietadlá, ktoré sú zamerané na dosah na veľké vzdialenosti, majú odlišné vnútorné štruktúry ako napríklad lietadlá určené na pátracie a záchranné misie. Priority počas procesu navrhovania sa môžu líšiť. „Pri využívaní letúna pre lety na veľké vzdialenosti je dôležitá váha. Pri navrhovaní letúna pre

pátracie a záchranné misie je dôležitá stabilita a rýchlosť.“ [6] Každá konštrukcia krídla má svoje klady a zápory a ich použitie závisí od účelu.

Tieto typy sú oproti multikoptéram určené iba k účelom mapovania a monitorovania. V ich tele je fixne umiestnený fotoaparát alebo iný senzor, ktorý väčšinou nejde ani vymeniť, čo znižuje možnosti iného využitia.

Aj pri týchto špecifických dronov sa postupne pomaly rozvíja multifunkčnosť, kde sa začínajú adaptovať do tela dronov aj iné senzory s možnosťou ich výmeny, ktorá je ale oveľa náročnejšia ako u multikoptér. Vzlet týchto lietadlových dronov prebieha dvomi spôsobmi:

- Z odpaľovacej rampy
- Hodom z ruky

Vzlet z odpaľovacej rampy prebieha tak, že po natiahnutí lana s uložením na lietadlo sa cez diaľkovú spúšť ručne odpáli a vymrští z rampy letún a ihneď po opustení rampy sa zapne motor a letún naberie ihneď požadovanú rýchlosť a tým pádom aj rýchlejšie výšku.

Oproti tomu omnoho jednoduchšie sú letúny s možnosťou vzletu z ruky operátora alebo pilota, ktorý zapne motor a mrštením letúna z ruky naberie prostriedok požadovanú výšku a rýchlosť, avšak pomalšie ako pri odpálení z rampy.

Skupina pedagógov zo Žilinskej univerzity riešila bezpečnosť z hľadiska, čo sa stane s UAV, keď sa s ním stane niečo vážne vo vzduchu. Otázkou bolo riešenie bezpečnostného prvku, ktorý by priviedol UAV späť na Zem a nespôsobil zranenia osôb alebo škody na majetku, čo umožní zvýšenie bezpečnosti prevádzky UAV.

„Záchranné padáky by mali byť vo všeobecnosti súčasťou UAV, ktoré sa používajú na lety nad mestskými oblasťami, ľuďmi, líniovými štruktúrami atď.“ [5] Navrhovaný systém by však mohol byť užitočný počas samostatných letov alebo letov na veľké vzdialenosti, keď sa prevádzkovateľ nedokáže vyhnúť potenciálne nebezpečným zónam núdzového pristátia.

Väčšina dronov lieta automaticky podľa letových plánov, ktoré sa dopredu naplánujú a pošlú bezdrôtovo do letúnov. Ten potom na základe GPS a naplánovaných parametrov prevedie požadovaný let úplne automaticky, s možnosťou let prerušiť alebo ukončiť.

Vzhľadom k letu v jednej letovej hladine sú tieto systémy schopné letu vo väčšine prípadov až 1 hodinu na jednu batériu. [3]

VYUŽITIE

Spôsobov a možností ako využívať drony sú desiatky až stovky a každým dňom po celom svete dochádza k nejakému unikátnemu využitiu, v rôznych prírodných podmienkach pre najrôznejšie druhy leteckého monitoringu, mapovania a ďalších využití dronov.

Najjednoduchšie využitie dronov je samozrejme pre zábavu, ale potenciál využitia je vysoký a môžeme si ho predstaviť takmer všade okolo nás.

Ich hlavnou výhodou je, že sa môžu využívať na miestach, ktoré boli ťažko dostupné alebo bol pri nich ohrozený život. V tomto prípade majú UAV obrovskú výhodu v tom, že pri nich nie je potrebný pilot na palube. Veľkou výhodou je zjednodušenie práce a väčšia efektívnosť ich nasadenia. Ďalej sú to kvalitnejšie a detailnejšie výstupy ako z klasických pilotovaných leteckých prostriedkov alebo družíc, rýchlosť a flexibilita ich nasadenia a veľa ďalších účelov.

Ďalšie možné využitia dronov plynú z variability využitia rôznych špeciálnych senzorov umiestnených pod dronom alebo na ňom, ktoré umožňujú najrôznejšie spôsoby a výstupy leteckého monitoringu. V súčasnom svete vývoja bezpilotných prostriedkov bez posádky je čoraz dôležitejšia otázka ich nasadenia v rôznych aplikáciách. Prevádzka dronov nie je nijako náročná. „Iba také možnosti UAV, ako je rýchle nasadenie kdekoľvek, ľahké a nízke náklady, priamo konkurujú tradičným metódam monitorovania, ako sú napríklad lidarové skenovanie alebo letecká termografia a letecké snímky.“ [7]

Samozrejmosťou je, že pre všetky drony, ktoré sú určené pre komerčné účely, a teda využívané za účelom zisku, ale aj výskumu, platí vo väčšine štátoch samostatná legislatíva, ktorú je nutné dodržiavať. Okrem toho platia pravidlá lietania a miest, kde sa môže lietať týmito prostriedkami. [3]

V civilnej sfére sa UAV využívajú najčastejšie pre topografické mapovanie. Výsledkom mapovania sú ortofotomapy alebo digitálne modely terénu, ktoré využívajú hlavne ťažobné spoločnosti v povrchovom a podzemnom baníctve (pokles pôdy vplyvom vyťaženej horniny, určenie objemu vyťaženej horniny).

Rovnako efektívne sú UAV využiteľné pri mapovaní objektov kritickej infraštruktúry ako aj pri mapovaní prírodných hrozieb. Údaje získané pomocou UAV technológie majú uplatnenie hlavne v týchto odvetviach:

- Armáda – zber informácií, prieskumné lety, strelecké terče.
- Poľnohospodárstvo - práškovanie a hnojenie polí, monitorovanie zberu úrody, určenie rozsahu škôd, identifikácia potenciálnych ohrození, plánovanie zberu plodín na základe snímkovania.
- Lesníctvo – zisťovanie rozsahu škôd pri prírodných katastrofách (víchrica, požiar, napadnutie lesov škodcami...), monitorovanie nelegálnej ťažby dreva, monitorovanie lesnej zvery pomocou termokamery.
- Archeológia – mapovanie miest a vytváranie 3D dokumentácie archeologických oblastí.
- Energetika – zistenie úniku alebo strát pri poškodených elektrických vedeniach.
- Stavebníctvo – priebežná kontrola výstavby, posúdenie aktuálneho stavu stavby, sledovanie líniových alebo rozmerovo väčších stavebných objektov.
- Dokumentácia majetku a zelene – stav mestskej zelene, počet dopravných značiek, tvorba plánov na základe snímkovania.
- Geomorfológia – identifikácia a mapovanie geomorfologických foriem reliéfu.
- Životné prostredie – sledovanie priebehu korýt riek a výšky vodnej hladiny, určenie stavu a druhového zloženia vegetácie.

- Veda a výskum – schopnosť lietať aj na ťažko dostupné miesta.
- Termovízne snímkovanie.
- 3D modelovanie.
- Film a reklama.

II. ANALÝZA AKTUÁLNYCH POŽIADAVIEK NA PREVÁDZKU UAV PODĽA PLATNEJ LEGISLATÍVY

Je známe, že v Slovenskej republike máme reguláciu na jazdu autom a bicyklom a taktiež aj pilotovanie lietadla. Rovnako existuje aj regulácia, ktorá sa zaoberá obsluhou a lietaním s bezpilotnými lietadlami, čiže dronmi. Preto by mal každý majiteľ drona dobre poznať aspoň základné povinnosti a práva ohľadom ich výkonných možností.

Svetový trend rozlišuje pravidlá lietania s dronom podľa jeho využitia, čiže iné pravidlá platia pre komerčné využitie a iné pravidlá sú pri športovom a rekreačnom lietaní. Najprv si treba zadať akési všeobecné pravidlá platné pre všetky drony, bez rozdielu využitia a potom prejdeme na aktuálnu a platnú legislatívu Slovenskej republiky.

PLATNÁ LEGISLATÍVA PRE UAV NA SLOVENSKU

Čo sa týka prevádzky bezpilotných vzdušných prostriedkov, tak na Slovensku ju upravuje Dopravný úrad. V súčasnosti sa tieto podmienky určujú podľa č. 2/2019, ktorý je platný od 15. novembra 2019. V tejto vyhláške sú zadefinované ustanovenia ohľadom bezpilotných vzdušných prostriedkov, ďalej sú v nej zadefinované osoby, ktoré môžu byť držiteľmi povolení na lety s UAV a definovaná je aj zodpovednosť za letovú spôsobilosť tohto zariadenia. V tejto vyhláške nájdeme upravené podmienky vykonania letu diaľkovo riadeným alebo autonómnym lietadlom, ale taktiež technické parametre pre tieto prostriedky a podmienky, ktoré musia spĺňať pri letoch v riadenom vzdušnom priestore. Zakázané zostáva v celom vzdušnom priestore vykonávať autonómny let lietadlom. Podľa vyhlášky je rozhodujúcim faktorom vykonania letu maximálna vzletová hmotnosť UAV. Evidencia bezpilotného vzdušného prostriedku na Dopravnom úrade je povinná pre lietadlá s maximálnou vzletovou hmotnosťou 25 kg a viac. Pre osoby ovládajúce bezpilotné vzdušné prostriedky sú vo vyhláške zavádzané aj ďalšie povinnosti a jednou z nich je aj povinné vedenie záznamov a palubného denníka o vykonávaných letoch. Okrem iných sú tam aj obmedzenia pri leteckom snímkaní. [4] [8]

III. ANALÝZA AUTONÓMNÝCH LETOV UAV V PODMIENKACH ZÁCHRANNÝCH A SILOVÝCH ZLOŽIEK

Bezpilotné letové prostriedky sa v posledných rokoch môžu tešiť čoraz väčšej obľube. Sú stále viac využívané a dostupnejšie pre amatérskych nadšencov lietania a filmárov, ale taktiež ich vo veľkej miere využívajú profesionáli a konkrétne aj štátne zložky.

Ako sme hovorili v druhej kapitole, tak podľa slovenskej legislatívy delíme drony hlavne podľa hmotnosti. Kedysi sa hovorilo, že čím väčší a ťažší je dron, tým je

profesionálnejší. Dnes už parametre ako veľkosť a hmotnosť nie sú úplne relevantné charakteristiky. Dnešným profi dronom sa uberá na hmotnosti, čo sa dnes často využíva pri vojenských dronoch, ktoré nemusia byť veľké ako reálne lietadlá, ale stačia mikrorozmery, ktoré pripomínajú hmyz.

Bežné modely dronov, ktoré využívajú profesionáli sa pohybujú vo váhovej kategórii okolo jedného kilogramu. V rade profesionálnych dronov sa nájdu aj drony s hmotnosťou 40 kg a viac, ktorých proporcie vyzerajú celkom inak a majú aj špeciálne kamery. Pri kamerách je tu na výber nespočetné množstvo – od lacných so základným rozlíšením až po naozaj profesionálne. Podľa hmotnosti, veľkosti a vybavenosti sa potom drony líšia aj svojou operatívnosťou. Azda najväčšou výhodou dronov je, že sa vedia dostať do miest a priestorov, v ktorých by sa inak nedali snímať a natáčať objekty v takej dobre kvalite. [9]

Využívanie dronov pri pátraní po nezvestných osobách alebo zločincoch je teraz oveľa jednoduchšie, kratšie a veľmi nápomocné. Navyše je celá záchranná akcia aj menej náročná na finančnú stránku, ako to bolo pri doterajšej využívanej pátracej a záchrannéj technike. Pri záchranných misiách SAR sa často využívajú teplotné senzory alebo kamera s termovíziou a hľadané osoby je vtedy možné nájsť už po krátkom hľadaní. Súčasné využitie UAV v záchranných zariadeniach sa vo veľkej miere zameriava na lokalizáciu hľadaných objektov alebo osôb. „Ideálna je technológia infračervenej kamery v kombinácii s UAV pre skenovanie zo vzduchu.“ [12] Drony pomáhajú zachraňovať ľudí aj v krízových situáciách, keď slúžia ako prepravný prostriedok zdravotníckeho materiálu. [10]

Typické prípady takejto pomoci vznikajú pri zaplavených oblastiach, kde dron dodáva zachraňovaným osobám vodu, jedlo a ďalšie zásoby. Existujú prípady, kde bolo pomocou dronu dodané aj záchranné lano alebo vesta.

Spoločnosť DJI, ktorá patrí medzi popredných výrobcov bezpilotných lietadiel, robila prieskum, na základe ktorého zistili, že drony už dokázali zachrániť najmenej 59 ľudí, ktorí boli v ohrození života v 18 rôznych udalostiach po celom svete. Zaujímavé na tomto prieskume je fakt, že pri viac ako tretine týchto prípadoch bol zachránený život civilným užívateľom, čo nasvedčuje tomu, že drony sú prospešné aj pre verejnú bezpečnosť. [11]

Každý štát ma vlastnú legislatívu a rôzne zákazy lietania s dronmi, kde väčšinou ide o bezpečnostné dôvody. Vo Venezuele bol dokonca prípad, kde sa počas verejného príhovoru za pomoci bežne dostupného dronu naloženého plastickou výbušninou odohral atentát na prezidenta krajiny.

PRAKTICKÉ VYUŽITIE DRONA PRI PÁTRANÍ V ŠŤOVE

Záchranným zložkám bola nahlásená nezvestná osoba a tak bol 24. novembra 2019 do pátracej akcie povolaný aj pilot npor.Bc. Martin Kravec s hasičským dronom, aby záchrannému tímu pomohol v hľadaní.

Pri požiadavke pátrania dronom po nezvestnej osobe mal pilot k dispozícii len údaj, že by sa malo jednáť o dospelého mladšieho muža, ktorý mal naposledy na sebe oblečené modré rifle a šedú bundu. V lokalite pri Šútovských jazerách sa našlo

jeho zamknuté osobné motorové vozidlo a jeho mobilný telefón bol nedostupný.

Konkrétna požiadavka bola prepátrať zo vzduchu najskôr brehy jazera aj s vodnou hladinou, nakoľko kolmý pohľad z kamery dronu do vody je lepší ako pohľad z brehu kvôli lomu svetla. Po neúspešnom pátraní sa pokračovalo vo zväčšovaní prehľadávaného územia v okolí jazera, najmä v oblastiach krovinatého porastu a ťažko prístupných miest pre pozemných – peších pátrajúcich osôb.



Obrázok 28: Pohľad na prvé dve letové cesty pri prehľadávaní brehu jazera, rieky a okolia.

Nezvestná osoba bola nakoniec nájdená niekoľko stoviek metrov od samotného jazera v krovinatom šikmom teréne, ale nie len pomocou dronu. Prvotná informácia prišla od osoby s ďalekohľadom, keď videla v diaľke niečo modré, no nevedela to z tej vzdialenosti identifikovať. Na uvedené miesto sa vydali pátrajúci a osoba bola nájdená súčasne s dronom. Uvedené miesto bolo v pláne pátrania dronom až v ďalšom slede, pri použití tretej až štvrtej letovej batérie (jedna batéria približne 20-25 minút letu).



Obrázok 2: Tretia letová cesta, pri ktorej sa našla nezvestná osoba.

Oblasť bola dronom prehľadávaná systematicky, ale stále len vizuálne pilotom dronu. Pilot ovládal dron „z ruky“, takže aj keď poznal približnú polohu nezvestnej osoby, tak sa neuskutočnil autonómny let, ale stále plne ovládaný pilotom. Krovinatý šikmý terén sťažoval podmienky pri hľadaní nezvestnej osoby. Najviac nápomocný bol farebný odev hľadanej osoby, vďaka čomu sa ju nakoniec podarilo nájsť. V uvedenom

pripade by sa určite osvedčil lepšie dron s termokamerou. Termokamera by urýchlila takéto hľadanie a problém by v tomto prípade nebol ani krovinatý terén.

IV. NÁVRH SYSTÉMU LETOVEJ CESTY A POLYGÓNU AUTONÓMNYCH LETOV VZHEADOM NA OPTIMÁLNE SPLNENIE AKTUÁLNYCH POŽIADAVIEK

Pátracie a záchranné operácie môžu mať veľký prospech z použitia autonómnych UAV na prieskum životného prostredia a zhromažďovania dôkazov o postavení nezvestnej osoby. Aby sa minimalizoval čas na nájdenie obete, pri navrhovaní algoritmov vyhľadávania sa musia zohľadniť niektoré základné parametre: 1) kvalita senzorických údajov zhromaždených UAV; 2) energetické obmedzenia UAV; 3) environmentálne riziká (napr. vietor, stromy); 4) úroveň výmeny informácií / koordinácie medzi UAV.

ALGORITMY VYHĽADÁVANIA

V tejto práci sa domnievame, že UAV sú vybavené kamerami smerujúcimi nadol na detekciu obetí na zemi. Zmenou nadmorských výšok môžu UAV zmeniť veľkosť svojich pozorovacích plôch. Čím vyššie lietajú, tým väčšia je ich pozorovacia plocha. Keď však UAV letí vyššie, úroveň detailov klesá. Použitím týchto pozorovaní ukážeme, že s jediným UAV je zmena nadmorskej výšky platnou stratégiou kontroly, ktorá môže urýchliť proces vyhľadávania. Jednou z otázok, ktorú skúmame, je vplyv nadmorskej výšky na stratégiu vyhľadávania.

Zohľadňujeme tiež rozdiely v kvalite senzorických údajov a tiež zohľadňujeme prítomnosť prekážok počas operácií vyhľadávania. Implicitne berieme do úvahy energetické obmedzenia tým, že sa pozrieme na stratégie vyhľadávania, ktoré minimalizujú čas na nájdenie obete.

Algoritmy vyhľadávania pre pátracie a záchranné operácie by mali byť schopné zvládnuť neistoty nasadenia v reálnom svete. Prístupy v reálnom čase sú preto vhodnejšie a možno ich rozdeliť do troch hlavných kategórií:

- 1) Chtivá heuristika
- 2) Heuristika založená na potenciáli
- 3) Heuristika založená na čiastočne pozorovateľnom

Markovom rozhodovacom procese (POMDP) [13]

V. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE KONŠTRUKCIE

Naše lety sa uskutočnili za pomoci jedného dronu značky DJI Mavic Pro. Lety sme si navrhli v programe DroneDeploy, kde je možné nastavovať letové údaje podľa potreby a aktuálnej situácie. Pre podmienky záchranných zložiek sme zvolili tri druhy povrchu hľadanej oblasti so stúpajúcou náročnosťou terénu. Prvé lety sa začali nad rovinou, ďalej sa prešlo k stúpajúcemu a zarastenému terénu a skončili sme v horskom teréne. Pri každom povrchu sme zvolili päť letových ciest s rôznymi východiskovými nastaveniami letu.

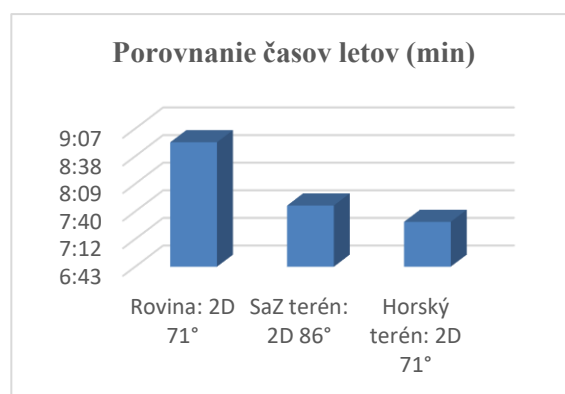
ZHODNOTENIE LETOV S NAJKRATŠÍM ČASOM ZA JEDNOTLIVÉ TERÉNY

Pri zhodnotení letov s najkratším časom za jednotlivé terény sme vybrali z každého terénu jeden let, ktorý mal najkratší čas. Pri rovine to bol smer letu 71°, pri stúpajúcom a zarastenom teréne 86° a pri horskom teréne to bolo 71°. Najkratší čas letu a najmenej fotiek sa podarilo pri lete nad horským terénom v smere 71°.

Ako sme už skôr zaznamenali, tak čím väčšia letová výška, tým môžeme letieť rýchlejšie a z toho nám automaticky vychádza aj kratší čas strávený vo vzduchu. Nastavenie letovej výšky je ľubovoľné, ale treba pri tom brať ohľad na legislatívu a daný terén, v ktorom ideme lietať. Pri letoch nad rovinou nie je potrebné letieť vo veľkej výške nad terénom a dbať ohľad na rôzne prekážky. Na rozdiel od letov v horskom teréne, kde sa často mení výška letu, keďže dron kopíruje terén a drží si danú počiatočnú letovú výšku nad prekážkou. Čas letu pri horskom teréne nám síce vyšiel najkratší, ale nemusí to znamenať, že sa nám v danom teréne podarí aj nájsť nezvestnú osobu najrýchlejšie.

Tabuľka 1: Zhodnotenie letov s najkratším časom za jednotlivé terény.

Typ terénu	Rovina	Stúpajúci a zarastený terén	Horský terén
Čas letu (min)	8:53	7:47	7:30
Letová výška (ft)	340	390	400
Rýchlosť pri mapovaní (mph)	27	31	31
Pokryté územie (akre)	55	55	55
Počet fotiek	120	90	86
Predné prekryvanie (%)	70	70	70
Bočné prekryvanie (%)	60	60	60
Smer letu (°)	71	86	71



Graf 1: Grafické porovnanie časov letov s najkratším časom.

Na rovine a navyše bez porastu by sme určite ľahšie a rýchlejšie našli nezvestnú osobu ako v horskom a zarastenom teréne. Dá sa teda povedať, že jeden z najdôležitejších parametrov pri mapovaní terénu a hľadaní nezvestnej osoby je práve nastavenie vhodnej letovej výšky. Ostatné už v podstate závisí od

pozorovacích vlastností pilota dronu a samozrejme dostupnej techniky, či sa už jedná o dron samotný a jeho vybavenie alebo o rýchlosť prenosu dát cez internet z drona k príslušným záchranným stanovištam.

VI. ZÁVER

Drony sa posledné roky tešia čoraz väčšej sláve a ich využitie by sme našli už skoro v každej sfére života počnúc od stavebníctva, poľnohospodárstva až po silové a záchranné zložky. Práve silové a záchranné zložky sú časť, ktorej sme sa venovali v rámci diplomovej práce. Prvé bezpilotné vzdušné prostriedky sa využívali už od polovice 19. storočia a boli späté s vojnovým konfliktom, čiže už od svojho počiatku ich využívala armáda. Záchranné zložky sa k nim dostali až o mnoho rokov neskôr a viac ich začali využívať až v 21. storočí. Dá sa teda povedať, že záchranné drony sú pomerne mladý pojem a ich využitie je možné posunúť na vyšší level. Cieľom tejto práce je ich využitie vrámcí vopred naplánovanej letovej cesty za účelom čo najrýchlejšieho nájdenia nezvestnej osoby.

V teoretickej časti sme najprv analyzovali aktuálny stav problematiky dronov od ich histórie, rozdelenia až po využitie, kde sme podrobnejšie opísali mapovanie povrchových objektov a letecký monitoring. Ďalšou kapitolou bola platná legislatíva pre UAV. Význam legislatívy sme opísali hneď na začiatku kapitoly a pokračovali vývojom legislatívy, kde sme opisovali legislatívu, ktorá by mala celoeurópsku platnosť. Zistili sme, že takéto spoločné pravidlá ešte nie sú, takže pravidlá, ktoré platia v jednom štáte nebudú platiť v druhom. Dobrá správa je, že sa pracuje na spoločnej legislatíve, ktorá by zjednocovala štáty Európskej únie a mala by byť platná už čoskoro. Hlbšie sme sa ale venovali platnej legislatíve pre Slovenskú republiku, ktorá má nové pravidlá platné od novembra 2019.

V ďalšej kapitole rozoberáme využívanie UAV v podmienkach záchranných a silových zložiek. Najväčšiu časť tu tvoria konkrétne prípady zo zásahov zatiaľ jediného drona v službách HaZZ. Na základe osobného stretnutia s Npor.Bc. Martinom Kravcom, ktorý bol donedávna aj jediným držiteľom osvedčenia pre pilotovanie bezpilotných prostriedkov z HaZZ, sme získali cenné informácie ohľadom dronu a zásahov, kde bol privolaný na pomoc. Vďaka tomuto stretnutiu sa nám podarilo lepšie pochopiť ako a akým spôsobom sa využíva dron pri rôznych zásahoch, či už je to v boji proti ohňu alebo pri pátraní po nezvestných osobách.

Po tejto časti sa dostávame ku kapitole o návrhu letovej cesty a polygónu letov vzhľadom na optimálne splnenie daných požiadaviek. Bližšie tu rozoberáme rozklad polygónovej oblasti a efektívnych algoritmov pokrytia. Kapitolu končíme možnosťou využitia do budúcnosti, ktorou je simulácia a implementácia pre 3 UAV. Keďže sú naše možnosti s dronmi obmedzené, tak to zostalo len pri simulácii a odporúčame reálne využitie do budúcnosti pre ešte efektívnejšie pokrytie územia.

Vzhľadom na spomenuté okolnosti a dosiahnuté poznatky sme navrhli riešenie pri využití UAV pre podmienky záchranných zložiek, ktoré smerujú k efektívnemu pokrytiu územia a vyhľadávaniu nezvestných osôb. Konkrétne sa jedná o navrhnutie letovej cesty, ktorú by dron zaletel v čo najkratšom čase. Navrhli sme riešenie pre tri druhy najbežnejšieho terénu a

pre každý spravili päť letov, kde sme menili niektoré východiskové nastavenia, aby sme mohli jednotlivé lety a terény porovnať. Navrhnuté riešenia nám nebolo umožnené odlietať kvôli koronavírusu COVID -19 a tak zostali len v teoretickej hladine. Pre každý let sme mali naplánované ešte doplnenie údajov o čase, ktorý by sme potrebovali na nájdenie nezvestnej osoby. Jasne by sme tu preukázali rozdiel pri hľadaní nezvestnej osoby v rovinnom teréne, v stúpajúcom a zarastenom teréne a v horskom teréne. Z výsledných údajov vieme dané terény porovnať z časového hľadiska len v teoretickej rovine. Z časového hľadiska nám vychádzali najlepšie podmienky pri horskom teréne, čo bolo zapríčinené najväčšou letovou výškou a väčšou rýchlosťou mapovania.

Počas tvorby tejto diplomovej práce sme usporiadávali a zhromažďovali údaje a literatúru, ktorá môže byť nápomocná pri ďalších výskumoch a využití do budúcnosti. Berúc do úvahy uvedené fakty môžeme konštatovať, že bez overenia letových ciest v praxi nemôžeme s určitosťou povedať, že ktoré zo zvolených nastavení je najefektívnejšie pre naše využitie UAV. Odporúčame dokončiť výskum navrhnutých letov v praxi a nadviazať na to implementáciou viacnásobným kooperatívnym vyhľadávaním s viacerými UAV, ako to bolo spomenuté v jednej z kapitol.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 046ŽU-4/2019** s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

REFERENCIE

- [1] Súčasný stav riešenia problematiky [online]. Dostupné na internete: <https://vedanadosah.cvtsr.sk/navrh-a-konstrukcia-bezpilotneho-lietajuceho-zariadenia>
- [2] A historical perspective [online]. Dostupné na internete: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/combatsudies-institute/csi-books/OP37.pdf>
- [3] KARAS, J. – TICHÝ, T. 2016. DRONY. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2016. 264 s. ISBN 978-80-251-4680-4.
- [4] Etické a legislatívne problémy využívania dronov [online]. Dostupné na internete: http://cogsci.fmph.uniba.sk/kuz2017/files/zbornik/Budinsk_a.pdf
- [5] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M., KANDERA, B. 2018 Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. [online]. Elsevier B.V., 2018. [cit. 2020-5-26] Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303661>
- [6] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., KANDERA, B., BUGAJ, M. 2019 Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit. 2020-5-27] Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519302881>
- [7] PECHO, P., ŠKVAREKOVÁ, I., AŽALTOVIČ, V., BUGAJ, M. 2019 UAV usage in the process of creating 3D maps by RGB spectrum [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit.

- 2020-5-27] Dostupné na internete:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519306155>
- [8] ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. 2019 Zmena legislatívnych požiadaviek prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov v Slovenskej republike [online]. Dostupné na internete:
<http://82.119.102.197:8080/webisnt/fulltext/clanky/PTaP2019-3/C5%A0KULT%C3%89TY,%20KANDERA%20%20Zmena%20legislat%C3%ADvnych%20po%C5%BEiadaviek%20prev%C3%A1dzky%20bezpilotn%C3%BDch.pdf>
- [9] Drony v službách štátu [online]. Dostupné na internete:
<https://zive.aktuality.sk/clanok/144697/drony-v-sluzbach-statu-ako-su-na-tom-slovenski-hasici-a-policia/>
- [10] 9 spôsobov ako drony pomáhajú ľuďom po celom svete [online]. Dostupné na internete:
<https://soda.o2.sk/lifetech/technologie/9-sposobov-ako-drony-pomahaju-ludom-po-celom-svete/>
- [11] Drony zachraňujú ľudské životy [online]. Dostupné na internete:
<https://www.rcprofi.sk/poradna/drony-zachranuju-ludske-zivoty>
- [12] PECHO, P., MAGDOLENOVÁ, P., BUGAJ, M. 2019 Unmanned aerial vehicle technology in the process of early fire localization of buildings [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit. 2020-5-27] Dostupné na internete:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519302303>
- [13] Supporting Search and Rescue Operations with UAVs [online]. Dostupné na internete:
https://www.researchgate.net/publication/228954615_Supporting_Search_and_Rescue_Operations_with_UAVs
- [14] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [15] KOVÁČIK, L., NOVÁK, A., KAZDA, A. & LUSIAK, T. 2019. Automatic commercial aircraft formation flight. NTinAD 2019 - New Trends in Aviation Development 2019 - 14th International Scientific Conference, Proceedings 8875618, pp. 106-109
- [16] HAVEL, K., BALINT, V. & NOVÁK, A. 2017. A number of conflicts at route intersections - Rectangular model. Communications - Scientific Letters of the University of Žilina 19(2), pages 145-147
- [17] KURDEL, P., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., LUBUN, J. 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 319-327, ISSN 2352-1465.

Martin Leitner – narodený 10.6.1992 v Banskej Bystrici, od roku 2007 do roku 2011 študoval na Gymnázium Andreja Sládkoviča v Banskej Bystrici, odbor Informatika. Následne v roku 2011 začal navštevovať Univerzitu Mateja Bela v Banskej Bystrici, kde v odbore Prekladateľstvo a tlmočníctvo (AJ – NJ) zdokonalil svoje jazykové schopnosti. Po krátkej pauze konečne našiel správnu cestu a v roku 2015 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline, v odbore 5.2.59 doprava, pričom sa zamerával na št. program letecká doprava. V súčasnosti pracuje pre Austrian Technik ako Plánovač údržby.