

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY
A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ



ROLE A VÝZNAM BEZPILOTNÍCH SYSTÉMŮ
PŘI MONITOROVÁNÍ LESNÍCH POŽÁRŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Komárek

Bakalant: Šárka Semecká

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šárka Semecká

Územní technická a správní služba

Název práce

Role a význam bezpilotních leteckých systémů při monitorování lesních požárů

Název anglicky

The role and importance of Unmanned Aerial Systems in forest fire monitoring

Cíle práce

Na základě studia odborných studií a literatury analyzovat využití bezpilotních leteckých systémů při monitorování lesních požárů ve světě a zjistit jejich možnosti za účelem podpory jejich uvedení do praxe v prostředí České republiky. Studentka postihne jejich potenciál a navrhne možné kroky, jak aplikovat tento systém do prostředí České republiky.

Metodika

Studiem odborné literatury studentka získá nutný teoretický základ, základní pojmy související s objasněním bezpilotních systémů a jejich současného využití v oblasti ochrany přírody. Autorka práce zmapuje využití bezpilotních leteckých systémů při monitorování lesních požárů ve světě a na základě získaných poznatků kriticky zhodnotí možnosti využití bezpilotních systémů při monitoringu lesních požárů v prostředí České republiky. Navržená doporučení implementace konzultuje s Hasičským záchranným sborem ČR a posoudí potenciál a využitelnost těchto technologií v podmínkách ČR.

Doporučený rozsah práce

30-40 normostran

Klíčová slova

dron, lesní porost, oheň

Doporučené zdroje informací

- Ambrosia, V. G., Wegener, S. S., Sullivan, D. V., Buechel, S. W., Dunagan, S. E., Brass, J. A., ... & Schoenung, S. M. (2003). Demonstrating UAV-acquired real-time thermal data over fires. *Photogrammetric engineering & remote sensing*, 69(4), 391-402.
- Casbeer, D. W., Beard, R. W., McLain, T. W., Li, S. & Mehra, R. K. (2005). Forest fire monitoring with multiple small UAVs. In: *American Control Conference*, Portland, p. 3530.
- Merino, L., Caballero, F., Martínez-de-Dios, J.R., Maza, I. & Ollero, A. (2010). Automatic forest fire monitoring and measurement using Unmanned Aerial Vehicles. In: *Viegas, D.X. (Ed.): VI International Conference on Forest Fire Research*, p. 15.
- Merino, L., Caballero, F., Martínez-De-Dios, J. R., Maza, I., & Ollero, A. (2012). An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 65(1-4), 533-548.
- Ollero, A., & Merino, L. (2006). Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting. *Forest Ecology and Management*, 234(1), S263.
- Watts, A.C., Ambrosia, V.G. & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing*, 4(12):1671–1692.
- Yuan, C., Zhang, Y., & Liu, Z. (2015). A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques. *Canadian journal of forest research*, 45(7), 783-792.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Komárek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2019

doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 04. 2019

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Jana Komárka, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 30. března 2019

.....

Šárka Semecká

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Komárkovi, za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce, dále za poskytování cenných informací pro zpracování práce a pochopení při plnění pracovních povinností a v neposlední řadě své rodině za podporu a pochopení.

V Praze 30. března 2019

ABSTRAKT

V dnešní moderní době hrají významnou roli při monitorování lesních požárů bezpilotní systémy. Tyto bezpilotní systémy (UAS) mohou efektivněji monitorovat danou situaci, eliminovat následky lesních požárů, a přitom nemusí být nasazeny lidské životy při pilotování. Práce pojednává o jednotlivých typech používaných bezpilotních systémů, porovnává bezpilotní systémy a bezpilotní letouny, jejich parametry a nastiňuje vlastní návrhy použití při monitorování lesních požárů. Dále zmiňuje legislativu k využívání UAS v ČR a součástí práce je přímé dotazování bezpečnostních složek za účelem zjištění současného stavu používání těchto bezpilotních systémů a letounů.

Klíčová slova: Bepilotní systémy (UAS), Bepilotní letouny (UAV), Dron, Lesní požár, Multikoptéra.

ABSTRACT

In these modern times unmanned systems play an important role in monitoring of forest fires. These unmanned aerial systems (UAS) can more effectively monitor the situation, eliminate the consequences of forest fires and does not have to be deployed to human life while piloting. Thesis discusses the various types of used unmanned systems, compares unmanned systems and drones, their parameters and outlining their own proposals use in monitoring forest fires. Furthermore, the legislation refers to the use of UAS in the Czech Republic and part of the work is direct questioning security forces in order to determine the current state of the use of these systems and unmanned aircraft

Keywords: Unmanned Aerial Systems (UAS), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Drone, Forest Fire, Multicopter.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍLE PRÁCE	10
3	METODIKA	11
4	LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
4.1	Charakteristika pojmu bezpilotního systému.....	12
4.1.1	Bezpilotní letoun (UAV).....	14
4.1.2	Historie a vývoj UAV	14
4.1.3	Bezpilotní systém pro civilní složky	16
4.2	Legislativa pro využívání bezpilotních systémů v České republice	17
4.3	Problémy při monitorování lesních požárů – využití bezpilotních systémů	17
4.4	Nejčastěji používané drony.....	20
4.4.1	Dron BRUS	21
4.4.2	Dron Qube	22
4.4.3	Dron MD4-1000.....	22
4.4.4	Dron MD4-3000.....	23
4.4.5	Dron DraganFlyer X4-ES	24
4.4.6	Dron DJI Phantom 2	24
4.4.7	Dron DJI Inspire 1	25
4.4.8	Dron DJI S1000 Professional.....	25
4.4.9	Dron XM Series	26
4.4.10	Dron Phoenix 60 LE	26
4.5	Drony na České zemědělské univerzitě v Praze.....	27
5	VÝSLEDKY PRÁCE.....	28
5.1	Návrhy na drony.....	28
5.2	Drony ve službách České republiky.....	29
5.2.1	Drony u Hasičského záchranného sboru	30
5.2.2	Drony u Policie ČR	31
5.2.3	Drony u Armády ČR	32
5.2.4	Drony na radnicích.....	33
5.2.5	Osobní dotazování u hasičů	34
6	DISKUSE	35
7	ZÁVĚR.....	38
	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
	Literární zdroje	40
	Elektronické zdroje.....	42
	Ostatní	44

PŘÍLOHA č. I.....	45
PŘÍLOHA č. II	46
PŘÍLOHA č. III.....	47
PŘÍLOHA č. IV	48

1 ÚVOD

V dnešní době je známo a věnuje se tomu již poměrně hodně odborných studií, že bezpilotní systémy lze využívat v řadě oborů, např. při ochraně životního prostředí, v meteorologii, ale hlavně také při monitoringu lesních požárů (Merino et al. 2005). Vzhledem k tomu, že je samotná problematika poměrně široká, tato práce je zaměřena na možnost využití bezpilotních systémů při monitorování lesních požárů. Zde lze citovat různé autory, kteří uvádějí, že běžně je pro pozemní vozidla terén velmi těžko dostupný, proto také nejsou lesní požáry hašeny tak efektivně a účinně, jak by tomu mohlo být. Bepilotní systémy by z tohoto pohledu mohly efektivněji monitorovat danou situaci a zrychlit řešení katastrofické situace. Během posledních let dochází k vylepšení těchto systémů, ať to jsou lehčí materiály, lepší počítačové systémy nebo lepší bezdrátové telekomunikační technologie. S jistotou lze říci, že k tomu napomáhá i snižování cen za tuto technologii. V poslední době si i široká veřejnost, vzhledem k cenové dostupnosti, oblíbila různé typy této technologie, na které nepotřebují mít příslušné zkoušky.

Tato práce v první části rozlišuje právě pojmy bezpilotní letoun a bezpilotní systém, a to jak pro vojenské využití, tak pro civilní sektor. Následně je krátce zmíněna historie používání bezpilotních systémů a legislativní rámec pro využívání bezpilotních systémů. V další podkapitole jsou pak zmíněny lesní požáry a problémy při jejich monitorování. Poté se práce dostává k rozdělení dronů a nejčastěji používaných dronů vč. jejich charakteristik, parametrů a shrnutí jejich vlastností vítaných, ale i těch negativních, a to jak ve vojenském, tak i v civilním sektoru.

V další kapitole je provedena komparace využití bezpilotních systémů, možnosti jejich využití při monitorování lesních požárů a návrh pro aplikaci bezpilotního systému při monitorování lesního požáru v ČR.

Byly osloveny bezpečnostní a civilní složky, za účelem zjištění, zda a jaké typy dronů používají. V následné diskuzi se řeší, jakým směrem by se mohla výroba bezpilotních systémů vyvíjet.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je zjistit, jaké jsou možnosti využití bezpilotních systémů (UAS) při monitorování lesních požárů za účelem podpory jejich uvedení do praxe v prostředí České republiky. Dílčími cíli práce jsou: na základě prostudování odborných studií a literatury analyzovat současné využití bezpilotních systémů při monitorování lesních požárů v zahraničí; definovat typy UAS a jejich součásti potenciálně vhodné pro řešení dané problematiky; navrhnout možné kroky, jak aplikovat tento systém do prostředí České republiky.

Sekundárním cílem práce je oslovení Hasičského záchranného sboru, Policie ČR a Armády ČR, zda se v jejich výbavě nachází drony, v případě že ano, jaké typy, parametry a k čemu jsou využívány.

3 METODIKA

Tato bakalářská práce je literárně rešeršního typu, a na základě odborné literatury a dostupných internetových zdrojů je stanoven teoretický základ, ke jsou charakterizovány základní pojmy. Díky tomu bude také zmíněna problematika možnosti řešení požárů v souvislosti s ochranou přírody.

Na tomto základě je diskutováno, jakých výsledků bylo v této oblasti doposud dosaženo. Na základě získaných poznatků budou předložena doporučení pro možné využití UAS při monitoringu lesních požárů v prostředí České republiky. Taktéž byla využita školní placená databáze, ze které byly čerpány k UAS a za pomoci různých databází, odborných článků a knih bylo zjišťováno, jaké typy dronů jsou nejpoužívanější.

Dále bylo provedeno dotazování (viz příloha č. 1) za pomoci elektronické pošty. Zda při výkonu svého povolání používají drony byly osloveny tyto instituce: Hasičský záchranný sbor ČR, Policie ČR a Armáda ČR. V případě kladné odpovědi byly dále požádány o bližší údaje (typ dronu, parametry, cena apod.). Nadále probíhalo šetření v terénu, kde byli osloveni hasiči na hasičské stanici v Kladně. Kladno bylo vybráno záměrně, protože je centrálním místem Středočeského kraje. Taktéž byla provedena osobní návštěva u hasičů v Příbrami.

4 LITERÁRNÍ REŠERŠE

4.1 Charakteristika pojmu bezpilotního systému

Dálkově pilotované létající prostředky pro vojenské účely, určené pro průzkumnou i bojovou činnost na nepřátelském území nebo pro civilní účely (k monitorování, obrazové dokumentaci i pro mapování), jsou v posledních několika letech předmětem mimořádného zájmu nejen odborníků, ale i politiků a široké veřejnosti. Pro civilní sektor jsou autonomní stroje zakázány, ale již se objevují první stroje, které lze klasifikovat jako hračky, na které není třeba žádného povolení. Bepilotní letadla jsou autonomní létající objekty, u nichž dochází každým dnem k vylepšení a celkovému rychlému rozvoji. Tomu také přispívá lepší dostupnost počítačů a počítačových systémů, vývoj lehkých hmot – materiálů, z nichž jsou vyráběny samotné bezpilotní letouny a komponenty pro tyto bezpilotní systémy. Dále pak rozvoji napomáhá rychlý vývoj bezdrátových telekomunikačních technologií, relativně vytrvalé energetické zdroje, dostupnější technická zařízení, jako kamery s vysokým rozlišením, termovizí apod. (Šíma, 2014).

Bepilotní letouny se velmi často označují také zkratkou UAV, což je odvozeno z anglického pojmu Unmanned Aerial Vehicle. Společně s pozemní řídicí stanicí a komunikačním systémem mezi nimi hovoříme o UAS (Unmanned Aircraft Systems). Tato letadla mohou být ovládána buďto na dálku pomocí bezdrátových komunikačních technologií nebo mohou být naprogramována k samostatnému letu s určitým plánem a cílem (Casbeer a kol., 2005).

Asi nejzákladnější rozdíl mezi modely multikoptér samotných spočívá v jejich konstrukci, respektive v počtu použitých motorů. Kvadroptéry se vyznačují čtyřmi elektromotory. Díky tomu, že mají jen čtyři motory, jsou mnohem lehčí, a tím mají delší výdrž a bývají levnější, ovšem za cenu menší stability a malého výkonu. Vzhledem k nízké ceně jsou také nejpopulárnějšími drony v komerční sféře. Hexakoptéry jsou konstruovány s šesti motory, takže jsou na rozdíl od kvadroptér těžší, ale mnohem výkonnější a lze je osadit vícero zařízeními o větší hmotnosti, což se ale zase odráží v jejich vyšší cenové relaci. Oktokoptéry jsou opatřeny osmi motory, jsou velmi rychlé, výkonné a mohou se tak dostat do větších výšek a horších povětrnostních podmínek, protože jsou mnohem stabilnější. Lze je navíc osadit dalšími zařízeními o vyšších hmotnostech. Ovšem i zde se vyskytují negativní

aspekty, jako nízká výdrž baterie – což vyplývá z celkové velké hmotnosti, spotřebě energie osmi motory, a navíc poměrně vysoké ceně právě kvůli počtu motorů a celkovým zařízením (Wang, 2016).

Hlavní rozdíly spočívají ve velikosti, v délce letu, způsobu letu a ve vzletové nosnosti (Watts a kol., 2012). Zvláště s nosností je spojeno, jaké typy zařízení, např. různé typy kamer a fotoaparátů, mohou být zabudovány do těchto bezpilotních letounů. Každý úkol, který mají bezpilotní prostředky zvládnout, má své specifické nároky. Při mapování pralesa je nutné nasnímat velké plochy za pomoci lehkého fotoaparátu či kamery, a k tomu jsou vhodné letouny s velkou výdrží - dlouhou dobou letu. Naopak v případě, kdy je nutné používat monitorovacího zařízení s větší hmotností, jako má např. termokamera, nebo multispektrální senzor, nebo v případě monitorování menších ploch s potřebou vysokého rozlišení pořízených fotografií, je vhodnější použít multikoptéry. K obdobným závěrům dospěli další odborníci, kteří přímo srovnávali výsledky z mapování stepní vegetace za pomoci těchto dvou odlišných platforem (Torresan a kol., 2016).

Časté aktualizace o postupu lesního požáru jsou nezbytné pro účinné a bezpečné hašení požáru. Lesní požár je často nepřístupný a pozemní vozidla se nemohou dostat na místo, takže bezpilotní letouny se stávají velice efektivními prostředky na sledování velkých lesních požárů (Casbeer a kol., 2005).

Využití UAS je velmi široké. Jedním z prvních uživatelů, který tyto systémy používal a zkoušel, byla armáda, a to k průzkumu sledovaného území případně k útokům. Právě díky svým malým rozměrům a nízké provozní hmotnosti mohou sledovat a naplňovat stanovené požadavky lépe, než by dokázaly klasické pilotované stroje. Díky širokému spektru možností pro jejich využití jsou velmi často nasazovány do akcí různého druhu. Plní úkoly např. při záchraně a hledání lidí, úkoly misí vědeckého charakteru (průzkum neznámých oblastí, sbírání vzorků), v nebezpečném prostředí, kam se pilotní systém řízený člověkem nedostane nebo by to bylo příliš nebezpečné nebo neadekvátně drahé (Erol a kol., 1996, Pax a kol., 1997).

Velká pozitiva u bezpilotních systémů lze spatřovat v jejich relativně nízké ceně, nízkých provozních nákladech, ve vytrvalosti letu, s čímž souvisí i velká doletová vzdálenost. Dalším nezanedbatelným pozitivním faktorem je minimalizování nebo spíše eliminace ztráty lidských životů (Šíma, 2014).

4.1.1 Bezpilotní letoun (UAV)

Bezpilotní letouny se mohou dělit podle nejrůznějších možných hledisek.

Jedno z nejzákladnějších rozdělení je podle účelu použití, a to na vojenské a civilní.

Další kritéria pro rozdělení typů bezpilotních systémů jsou jejich parametry, např. rozdělení podle rychlosti, hmotnosti, doletu, vytrvalosti, letové hladiny apod. Dalším kritériem pro rozdělení může být způsob vzletu, typ motoru nebo výkon. Takovýchto kritérií k dělení letadel je hodně a jeden typ UAV může být zařazen v několika kategoriích současně (Hoffer a kol., 2014).

Výhod oproti klasickým pilotovaným letounům je několik. Především se jedná o bezpečnost pilota a posádky, dalšími jsou pak nízká hmotnost a celková malá velikost. Například u malých UAV je hmotnost nižší než 10 kg a velikost v průměru menší než 1 m. Díky možnosti vertikálního startu jim postačí minimální prostor, navíc jsou snadno ovladatelné, přičemž dráha jejich letu je naprosto přesná, takže je lze využívat i v hůře dostupném a složitém terénu (Watts a kol., 2012).

4.1.2 Historie a vývoj UAV

První mechanismus je připisován Archytasovi, z města Tarentum v jižní Itálii (přelom 4. stol. př. n. l), označovaného jako Leonardo da Vinci starověku. Tento matematik vytvořil první UAV v podobě mechanického ptáka, který byl nejspíše poháněn párou a jeho dolet byl asi 200 metrů. Stroj byl postaven z tehdy dostupných materiálů, převážně ze dřeva a vynálezce ho pojmenoval létající holub (Büchi, 2011).

V Japonsku během II. světové války byla vyrobena první mezikontinentální „střela“, která nesla jméno FuGo. Jednalo se o balón, který byl naplněn vodíkem. Balón nesl písek a zápalný mechanismus s bombou. Tato zbraň měla způsobit požáry, ničení měst a zemědělských oblastí, včetně paniky obyvatelstva. Tento balón vystoupal do výšky 9 km, poté začal vodík unikat a tím klesat. Jakmile balón klesl do výšky 7,5 km, došlo k odhození jednoho z pytlů písku a balón zase vystoupal. Toto se opakovalo, než balón dolétl do Severní Ameriky, kde shodí nálož. Japonsko během II. světové války vyrobilo přes 9 300 těchto balónů, ale do Ameriky jich doletělo pouze 300 a způsobilo jen 6 smrtelných zranění (Büchi, 2011).

První bezpilotní letoun vznikl v dílně profesora Archibalda Montgomery Lowa. Svůj výtvar označil jako vzdušný cíl (Aerial Target). Název „vzdušný cíl“ zvolil záměrně, aby mátl nepřítele, který si měl myslet, že se jedná o letouny určené pro testování protiletadlových zbraní. Původním cílem profesora Lowa však bylo, aby využil své poznatky z civilního výzkumu radiových vln a našel tak způsob, jak ovládat letadla na dálku, aby mohla být využita jako střely řízené na dálku. Profesor dosáhl úspěchu a díky jeho vynálezu následovala výroba mnoha letadel řízených dálkově. Jedním z nich byl právě i projekt bezpilotního dálkově ovládaného letounu vyvíjeného v USA (Keane et al., 2013). V současné době jsou bezpilotní systémy běžnými prostředky v každé armádě.

Využití je v první řadě zaměřeno pro průzkumné účely. Odtud se pak získávají data a informace o nepřítelích, terénu, monitoruje se tak průběh bojů, mohou zjišťovat pohyblivé cíle nebo objekty. Některé typy mohou být osazeny zbraněmi. Tyto útočné varianty likvidují nepřátelské techniky a pozemní cíle. K nejvýznamnějším a nejnámějším UAV patří predator, který se stal významným po začátku globální války proti terorismu. Přitom zde nejde jen o jeden typ, ale o více letadel od společnosti General Atomics. Aktuálně používaný, predator B, vychází z jeho předchůdce predatoru A, který jako první bezpilotní letoun v historii byl opatřen řízenou střelou, kterou záhy použil. Americké letectvo ho pak z původního označení RQ-1 Predator přejmenovalo na MQ-1 Predator, aby zdůraznilo, že už se zde nejedná jen o průzkumný prostředek (Keane a kol., 2013).

Vrchol mezi bezpilotními průzkumnými letouny tvoří RQ-4B Global Hawk, která vyrábí americká společnost Northrop Grumman. Jde o letoun kategorie HALE, pro nějž je typické operovat ve velké výšce a zároveň velká vytrvalost. Global Hawk se pohybuje běžně ve výškách nad 19 km a dokáže v této výšce setrvat přes 32 hodin. Letoun je poháněn proudovým motorem Rolls – Royce AE – 3007, který je uložen na horní části trupu před ocasními plochami. Global Hawk byl vyvinut zásadě proto, aby nahradil taktické průzkumné letouny U-2 (Eisenbeiss, 2011).

Mezi nejvyspělejší nevojenské UAV patří bezpilotní vrtulník Rmax vyvinutý japonskou firmou Yamaha. Na žádost japonského ministerstva zemědělství, lesnictví a rybolovu začala Yamaha v roce 1983 s vývojem bezpilotního vrtulníku pro aplikaci postřiků na rostliny. První vrtulník byl dokončen už v roce 1987 a nesl označení R – 50. Byl prvním bezpilotním vrtulníkem pro postřik polí schopný nést 20 kg

zatížení. Poháněn byl kapalinou chlazeným dvoutaktním motorem o objemu 98 ccm a výkonu 12 HP. Vrtulník umožnil přístup k obtížně dostupným polím, která často bývala v kopcích, a mohla tak být ošetřena pesticidy. UAV R – 50 zde nahradil obtížnou ruční práci v extrémních podmínkách (Eisenbeiss, 2011).

4.1.3 Bezpilotní systém pro civilní složky

Bezpilotní letadla se kromě rozsáhlého užívání v armádě aktuálně využívají také v civilním sektoru. Mezi civilní uživatele můžeme zařadit např. policii, hasiče nebo záchranné služby. Tito uživatelé začínají poznávat možnosti využití těchto levných, bezpečných a uživatelsky přívětivých bezpilotních letadel pro jejich operace. Mezi tyto operace můžeme zahrnout například zjišťování požárů, mapování, kartografie, pohraniční hlídky, monitorování dopravy, ochrana majetku a objektů (Šíma, 2014).

V roce 1982 začal výzkum na vyhodnocení proveditelnosti, výhod a omezení používání bezpilotních letounů na pořízení leteckých snímků v oblasti ochrany životního prostředí. Výhody, které mají tyto letouny, jsou nízké náklady, snadný provoz, nízká hladina hluku, přenositelnost, bezpečnost a nízká rychlost. V létě 1982 byl tento systém použit k pořízení leteckých snímků v různých oborech včetně lesnictví, detekci znečištění, posouzení stanovišť volně žijících zvířat, vytváření kartografie a mapování pobřeží (Tomlins, 1983).

V roce 1998 představila po sedmi letech vývoje svůj nový stroj Yamaha, Rmax. Díky dlouhému vývoji se zvýšila funkčnost a vlastnosti související s provozem. Rmax byl poháněn dvoutaktním dvouválcem o objemu 246 ccm s výkonem 21 HP. Velký průlom v ovládní vrtulníku udělal kontrolní systém YACS (Yamaha Attitude Control System), díky kterému mohli Rmax ovládat i nezkušení uživatelé. Systém je vymyšlen tak, že zastaví vrtulník, pokud nepřichází žádné povely od pilota. Poté zůstane na jednom místě. Byly eliminovány vibrace a díky přidání GPS bylo zjištěno, že lze díky pořizování fotografií přesně kontrolovat růst plodin z konkrétních míst (Springer, 2013). To vedlo k další modernizaci, a ve 2. čtvrtletí roku 2003 Yamaha představila Rmax II, s kterým dosáhla velkých úspěchů. Současný Rmax slouží nejen k práškování polí, ale jde již o plnohodnotný vrtulník, který se může použít například při monitorování nebo sledování požáru. Obdobný projekt vrtulníku, původně pro využití v zemědělství, později také v armádě, vznikl od roku 1991 v Rusku

ve společnosti JSC N. I. Kamova. První bezpilotní vrtulník vznikl za spoluúčasti jihokorejské společnosti Daewoo. Tento stroj obdržel označení Ka – 37, poháněný dvěma souosými protiběžnými rotory. Ka - 37 poprvé vzlétl v roce 1993. Vrtulník byl zkonstruován jako výzkumný stroj pro osvojení si technologií bezpilotních prostředků. (Springer, 2013).

V současnosti jsou tyto typy dostupnější, jejich cena neustále klesá, a tak se na trhu objevuje čím dál více těchto bezpilotních letounů pro civilní využití. I přestože do této kategorie není ani zdaleka tak investováno jako do vojenských, zažívá značný rozmach. Civilní sféra se ovšem dívá na bezpilotní letadla s jistým odstupem, navíc se potýká s nedostatkem financí, a to je důvod, proč v této oblasti nedošlo do teď k masivnímu rozvoji. Přitom v civilní nebo také komerční sféře nachází mnoho uplatnění, a to pro monitorování dopravy, davů a uskupení, vyhledávání a záchrana ztracených osob, monitorování lesů, při ochraně proti nelegálnímu rybolovu, odebrání vzorků ze vzduchu při znečištění nebo pro meteorologické účely, v zemědělství nebo pro monitoring a záchranu v případě přírodních katastrof (Hoffer a kol., 2014).

4.2 Legislativa pro využívání bezpilotních systémů v České republice

V doplňku X leteckého předpisu L2 a v zákoně č. 127/2014 Sb., Zákon o civilním letectví, se nachází ustanovení § 52, kde je uvedeno, že bez povolení úřadu je běžně možné létat s drony do max. váhy 20 kg tak, aby se neztratily z dohledu, a aby se získané záběry nevyužívaly komerčně. Pokud ze získaných záběrů pochází zisk, je zapotřebí mít danou licenci. Vzhledem k tomu, že zákon doposud nebyl novelizován, je zastaralý a v současné době je snaha zákonodárců jej sjednotit s Evropskou unií. Dalším tématem je ochrana soukromí, kde mají být ujasněna bezpečnostní pravidla (Kotek, 2015, Ministerstvo dopravy, 2019).

4.3 Problémy při monitorování lesních požárů – využití bezpilotních systémů

Bezpilotní prostředky mohou hrát důležitou roli při detekci lesních požárů a poskytnout nám tak odpovědi na různé otázky ohledně vzniku a šíření požárů. Již několikrát v minulosti byly úspěšně využity pro detekci, lokalizaci a monitorování požárů (Ambrosia et al, 2003, Merino et al, 2005). Zde bylo nastíněno, jak by mohly

být tyto UAV velmi užitečné nejen při bojových operacích, ale zvláště při vzniku požárů, případně při plnění kontrolních úkolů. Požární monitorování se vztahuje k výpočtu v reálném čase na vývoj nejdůležitějších parametrů vztahujících se k šíření požáru (Bogue, 2011). Jedním z nejdůležitějších parametrů pro řízení požáru jsou: tvar a poloha požáru přední, jeho rychlost šíření (jak se oheň vyvíjí s postupem času) a maximální výška plamenů. Pokud jsou totiž k dispozici tyto informace, lze je zadat do geografického informačního systému (GIS) a následně pak předpovídat možný vývoj požáru a naplánovat tak další požární ochranu a postup. V případě rozsáhlého požáru lze použít několik dronů najednou, které jsou naprogramovány stejně a které mezi sebou spolupracují a přenášejí svá data online, čili v reálném čase. Hlavním cílem tohoto uceleného systému několika dronů je pak odhad vývoje požáru v reálném čase v přesných zeměpisných souřadnicích. Jedná se o systém monitorování požárů multi-UAV (Gonzalo, 1998; Viegas, 1998,).

Lesní požáry

Lesní požáry, jak je všeobecně známo, způsobují nejen škody na majetku, ale i ztráty na životech. S rychle rostoucí populací lidí se nebezpečí požárů dotýká čím dál častěji obydlených oblastí (Kunt, 1967). Velké rozsáhlé požáry tak představují velké nebezpečí zejména pro hasiče, kteří s nimi dnes a denně zápasí. Velkým nebezpečím pak bývá tzv. spotfire, což znamená, že se oheň může přenést do týlu hasičských oddílů a zasáhnout tak samotné síly, které proti tomuto živlu bojují. I silný vítr bývá velkým rizikem. Může jednak rychle rozšiřovat požár a zároveň změnit směr šíření plamenů (Browning, 2009; Šlachta, 2016;).

Faktory a příčiny vzniku lesních požárů

Lesní požáry bývají velmi nebezpečné. Mohou se samovolně rozšiřovat velkou rychlostí (i přes 100 km/h) po velké ploše, a navíc ještě pod zemí, kde mnohdy nejsou vidět (Sasse, 2003). Nejčastějším obdobím pro vznik požárů je bezpochyby léto, dlouhá období sucha a horka, jako tomu bylo v roce 2015 v jižní Evropě. Může tak velmi snadno dojít ke vznícení a díky vyprahlé a suché vegetaci i k rychlému šíření. Poměrně často bývá chování ohně nepředvídatelné. Nikdy totiž nelze přesně určit, jakým směrem a jak rychle se bude oheň šířit. Právě díky vyprahlé a vyschlé zemi se může oheň šířit pod zemí, po kořenech stromů apod., a nelze tak přesně vytipovat, kde se znovu „vynoří“ (Krakovský, 2004; Smith, 2002).

Mezi nejtypičtější příčiny požárů patří lidská nedbalost, pouze ojediněle se stává, že příčinou může být přírodní jev, například při bouřce vznícení od zásahu blesku (Breckenridge, 2007). Mezi lidskou nedbalost spadá i porušování nebo nerespektování zákazu zakládání ohňů, nebo jejich nedostatečné zhašení. Další lidskou nedbalostí může být odhození nedopalku cigarety. Příčinou může být i jednání zaviněné úmyslně (Bryant, 2005). Taktéž během zemětřesení a při erupci sopky dochází k požárům (Brázdil, 1988; Kukul, 1983).

Boj s požáry

Lesní požáry bývají často díky terénním podmínkám nedostupné pozemními prostředky. Těžce dostupný terén a často absence cest, kdy nelze plně využít hasičskou techniku, jsou tak zásahy hasičů nejen velmi časově a finančně náročné, ale mnohdy i neproveditelné. Zásahy tak vyžadují nasazení velkého množství jednotek požární ochrany. Při likvidaci lesních požárů je zapotřebí také použít velké množství vody, které bývá velmi obtížné dopravit na postižené místo. Pro efektivní boj s lesními požáry je nutná jejich včasná lokalizace, než se rozšíří dále a napáchají obrovské škody (Hansen a kol., 2008).

Oblasti sužované požáry

Obecně se za nejvíce ohrožené oblasti považují ty, kde převládá středozevní nebo kontinentální klima. Sem spadají například tato místa: oblasti při pobřeží Středozevního moře, Kalifornie, jihozápad USA, Španělsko, jihovýchodní Asie, Afrika kolem rovníku a Austrálie. Především Austrálie je nejrizikovějším místem pro vznik požárů (Smith, 2002).

Velké požáry ve světě

Mezi nejničivější požáry v našich dějinách patří incident v státech Wisconsin a Michigan z roku 1871. Tehdy bylo postiženo 700 000 ha lesa, díky čemuž se tento požár řadí na první místo mezi největší požární katastrofy. Tento požár si vyžádal 1 500 obětí. Lze usuzovat, že byla na vině lidská nedbalost a souhra okolností, jako extrémní suché léto, přičemž k požáru samotnému došlo při pokládání kolejí. Další obrovský požár vznikl v roce 1939 v USA, kdy bylo zničeno přes 1 000 budov. Přibližně tři čtvrtiny státu Victoria byly nějakým způsobem zasaženy ohněm (Bryant, 2005).

V Řecku 28. června 2007 vzniklo několik požárů, které trvaly až do 3. září téhož roku. Celkově tam bylo zaznamenáno asi 3 000 požárů. Zničeno bylo 6 700 ha půdy a 2 100 budov (Bryant, 2005).

Velké požáry v České republice

Jedním z nejrozsáhlejších požárů patří požár v Bzenecké Doubravě, který vznikl 24. května 2012. Díky suchému okolí a silnému větru se oheň rychle šířil. Protože v těchto místech se vyskytuje převážně písčité terén, byl pohyb zásahových vozidel značně komplikován a vzdálenost od vodního zdroje byla velká. K uhašení se spotřebovalo přes 20 mil. litrů vody a zničené a zasažené území činilo 200 ha plochy (Kříž, 2012).

Organizace požární ochrany v České republice

Organizace požární ochrany je stanovena zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. Zde jsou zmíněna následující ustanovení:

„(1) Účelem zákona je vytvořit podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelních pohromách a jiných mimořádných událostech stanovením povinností ministerstev a jiných správních úřadů, právnických a fyzických osob, postavení a působnosti orgánů státní správy a samosprávy na úseku požární ochrany, jakož i postavení a povinností jednotek požární ochrany.

(2) Každý je povinen počínat si tak, aby nezavdal příčinu ke vzniku požáru, neohrozil život a zdraví osob, zvířata a majetek; při zdolávání požárů, živelních pohrom a jiných mimořádných událostí je povinen poskytovat přiměřenou osobní pomoc, nevystaví-li tím vážnému nebezpečí nebo ohrožení sebe nebo osoby blízké anebo nebrání-li mu v tom důležitá okolnost, a potřebnou věcnou pomoc“ (Zákon č. 133/1985 Sb.).

4.4 Nejčastěji používané drony

V České republice se zvýšila poptávka po dronech ze strany policie, pro monitorování povodní, jakožto reakce na povodně z roku 2013. Díky možnosti využití dronů by byl zásah v postižených oblastech rychlejší, efektivnější a bezpečnější. Zakázka za 9,2 milionu byla zamítnuta z důvodu nepřipravené legislativy pro provoz u policie a pro nasazení při mimořádných událostech. Policie České republiky má

k dispozici multikoptéru z produkce Vojenského technického ústavu (VTÚ) s názvem BRUS (akronym pro Bezpilotní rotorový univerzální systém), která byla poprvé nasazena ve Vrběticích po explozi muničního skladu. Při povodních z roku 2013, které zasáhly zejména Čechy, byly využity drony k monitorování záplav společností GEODIS, nikoliv však Policií či hasiči. Konkrétně se jednalo o použití bezpilotní kvadrokoptéry (model nebyl uveden) opatřené digitální kamerou. Díky ní byly získány obrazové materiály z postižené oblasti, které umožnily efektivnější nasazení záchranných jednotek (Procházka, 2013).

Použití dronů v Evropě při studiu lesa

Drony při studiu lesa používali např. Puliti a kol. (2015), kteří ke stanovování dendrometrických parametrů v boreálním lese použili senseFly eBee osazenou senzorem (fotoaparátem) Canon S110. Se stejným modelem dronu i senzorem pracovali Aicardi a kol. (2016), kteří studovali post požárovou regeneraci lesa. Gini a kol. (2014) zase použili pro stanovení stromové kompozice nížinných lesů Microdrones MD4-200 osazený fotoaparátem Pentax optio A4. Stejný model dronu, tentokrát osazený fotoaparátem Canon IXUS 100, byl použit při mapování zdravotního stavu lesa napadeného polníkem dvojtečným (*Agrilus biguttatus*) (Lehman a kol. 2015). Drony mapovaly oblast v rozmezí od 0,5 ha až po 10 ha z důvodu omezení výdrže letu jednotlivých typů dronů.

Dle parametrů dronů, který byly použity ve výše zmíněných studiích, byly vyhledány podobné drony stejných kvalit, které se na trhu vyskytují a nechaly by se taktéž použít (Torresan a kol., 2016).

Níže uvedené multikoptéry se pohybují v poměrně vysokých finančních částkách, jsou určeny především pro záchranné mise a udržování veřejného pořádku. Tyto multikoptéry nejsou tedy běžně dostupné – určené k přímému prodeji, ale jejich využití se objevuje u policie a hasičů.

4.4.1 Dron BRUS

BRUS je multikoptéra se šesti motory, z nichž každý má příkon 400 W. Je konstruována z uhlíkových vláken, takže její hmotnost činí bez zařízení 4,5 kg, přičemž celková vzletová hmotnost je 7 kg. Využití je původně určeno k pracím a humanitárním účelům. K dispozici je osazena kamera, s možností denního i nočního

režimu. Multikoptéru je možné osadit i dalšími zařízeními, např. laserovým dálkoměrem nebo detektory na měření chemických a radioaktivních látek (Lang, 2016). Pozitiva jsou jistě široké, mezi zápory lze zařadit relativně nízkou výdrž.

Technické parametry dronu BRUS:

Rozpětí: 120 cm

Hmotnost: 4,5 kg

Výdrž: 40 min

Pohon: 6x elektrický motor

Cena – neuvedena

4.4.2 Dron Qube

Vládní agentury a policie drony používají čím dál častěji. Slouží především k udržování veřejného pořádku, k hledání podezřelých a ztracených osob, k nasazení při živelných pohromách a k podpoře hasičských jednotek. Qube je malý dron, schopný přenášet video v reálném čase operátorovi díky duální kameře s vysokým rozlišením a díky termální kameře. Jeho výdrž s kamerou a dalším zařízením pro monitoring je ale relativně nízká, 40 minut. Jeho ovladač je vybaven dotykovým displejem pro snadné zacházení a ovládání. Dotyková obrazovka umožňuje zadat přesný cíl letu, rychlost, výšku apod. Qube se pyšní termální kamerou, ale zato mu chybí odolnost vůči povětrnostním vlivům – vodě, a dalším negativem je bezesporu vysoká cena (Wang, 2016).

Technické údaje The Qube:

Rozpětí: 90 cm

Hmotnost: 2,5 kg

Výdrž: 40 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: 1 mil. Kč

4.4.3 Dron MD4-1000

Německá policie využívá drony od firmy Microdrones. Aktuálně se jedná o model MD4-1000 a následně další model, který by měl oproti tomuto mít vyšší nosnou kapacitu, zvýšený celkový výkon a obecně by měl být robustnější (MD4-

3000). Model MD4-1000 je konstruován z uhlíkového vlákna, takže jeho hmotnost je nízká, díky čemuž má i větší výdrž. Zároveň je odolný vůči povětrnostním vlivům, a může být využíván i v nepříznivém počasí. Má poměrně velké teplotní rozmezí pro využití, lze jej tedy užívat v teplotách od -20°C až do $+50^{\circ}\text{C}$. Jako doplňkové vybavení je zde zabudovaný laserový skener, který mapuje – skenuje poměrně rychle a přesně terén, dále kamera s termovizí, která se využívá zvláště při plnění úkolů v absolutní tmě. Jako klady lze zmínit univerzální využití, odolnost vůči povětrnostním vlivům a značnou výdrž. Mezi negativní aspekty lze opět zahrnout poměrně vysokou cenu (Jung-Divéky, 2016).

Technické údaje MD4-1000:

Rozpětí: 103 cm

Hmotnost: 2,6 kg

Výdrž: 88 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: neuvedena

4.4.4 Dron MD4-3000

Dalším řešením od společnosti Microdrones je model MD4-3000. Stejně jako model MD4-1000 je i tento typ konstruován z uhlíkového vlákna, takže je relativně lehký a jeho odolnost je obdobná jako u předchozího modelu. Asi nejzásadnějším rozdílem mezi oběma typy jsou použité motory. Maximální tah modelu MD4-1000 je 118 N, zatímco tah modelu MD4-3000 může být až neuvěřitelných 280 N. Díky silnějším elektrickým motorům lze do tohoto modelu zabudovat těžší zařízení a zároveň operovat ve větší výšce, ovšem kvůli hmotnosti a těžšímu vybavení se jeho výdrž snížila na 45 minut. Také tento model lze doplnit o další vybavení, jak již bylo uvedeno, například o laserový skener a kamery s termovizí – obdobné jako u předchozího modelu. Cena tohoto modelu však není nikde uvedena, protože tento model se ještě na trhu nevyskytuje. Vzhledem k tomu, že cena předešlého modelu MD4-1000 se pohybovala kolem 1,6 mil. Kč, lze předpokládat, že cena nového modelu překročí 2 mil. Kč. Mezi klady tohoto modelu patří značný výkon, univerzální využití, odolnost vůči povětrnostním vlivům, ale vzhledem k vyšší hmotnosti má tento model menší výdrž a k negativním vlastnostem určitě bude patřit i značně vysoká cena (Jung-Divéky, 2016).

Technické údaje MD4-3000:

Rozpětí: 103 cm

Hmotnost: 10 kg

Výdrž: 45 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: neuvedena

4.4.5 Dron DraganFlyer X4-ES

V Kanadě se hojně využívají modely multikoptér od společnosti Draganfly, především jejich nejvyšší model DraganFlyer X4-ES. Stejně jako všechny předchozí modely, i tento je konstruován z uhlíkových vláken. Draganflyer má ve výbavě duální kameru určenou pro zachycení videa o vysokém rozlišení a zároveň termokameru určenou k zachycování obrazu v naprosté tmě. Jeho velkou předností je kompatibilita, rám lze snadno složit, takže je jednoduše přenositelný a dobře skladovatelný. K jeho úkolům patří udržování veřejného pořádku. Negativem je u tohoto modelu výdrž, a to pouze 20 min. (Tetrault, 2016).

Technické údaje DraganFlyer X4-ES:

Rozpětí: 87 cm

Hmotnost: 1,6 kg

Výdrž: 20 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: 0,5 mil. Kč

4.4.6 Dron DJI Phantom 2

Tento typ patří k nejvíce žádaným kvadrokoptérám. Slouží především k rekreačnímu létání, pořizování videa a fotografií. Má zabudovanou kameru s rozlišením 14 Mpx. Kvadrokoptéru lze ovládat na dálku pomocí telefonu s operačním systémem Android nebo iOS. Na telefonu je pak možné vidět obraz zachycovaný kamerou v reálném čase. Samotná konstrukce je lisována z plastu, přesto ji však nelze využívat za deště, protože není voděodolná. Navíc výdrž také není příliš závratná. Ovšem mezi pozitivní vlastnosti patří pořizovací cena, možnost ovládání kamery přes telefon a rozměry dronu (Dji, 2016).

Technické údaje dronu DJI Phantom 2:

Rozpětí: 29 cm

Hmotnost: 1,3 kg

Výdrž: 25 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: 27 tis. Kč

4.4.7 Dron DJI Inspire 1

Jedná se o vrcholový model pro profesionální nahrávky videa a fotografií ve vysokém rozlišení a kvalitě. Lze jej ovládat na dálku, a to přiloženým ovladačem, ke kterému je možné ještě přikoupit samostatný ovladač k řízení kamery, která umožňuje zachycování videa v rozlišení 4K a zorným úhlem 360°. Zároveň lze kameru ovládat mobilním telefonem, stejně jako u předchozího modelu, taktéž s využitím operačního systému Android nebo iOS. Mezi negativní aspekty patří opět výdrž a poměrně vysoká pořizovací cena (Dji, 2016).

Technické údaje kvadrokoptéry DJI Inspire 1:

Rozpětí: 45 cm

Hmotnost: 2,9 kg

Výdrž: 18 min

Pohon: 4x elektrický motor

Cena: 90 tis. Kč

DJI dále produkuje i tzv. oktokoptéry, čili multikoptéry s osmi motory. Priorita u těchto multikoptér je jejich rychlost, značný výkon a stabilita.

4.4.8 Dron DJI S1000 Professional

Do tohoto typu lze obdobně jako u Inspire 1, zabudovat kameru, takže slouží také k pořizování fotografií a videí ve výborné kvalitě. Mezi klady je nutné zařadit výkon a celkovou stabilitu, ovšem za cenu toho, že rozměry jsou poměrně velké, dalším negativem je pak s tím související větší hmotnost, a od toho se odvíjející nízká výdrž, pouhých 15 minut, přičemž pořizovací cena je nejen díky osmi motorům značně vysoká (Dji, 2016).

Technické údaje DJI S1000 Professional:

Rozpětí: 103 cm

Hmotnost: 6 kg

Výdrž: 15 min

Pohon: 8x elektrický motor

Cena: 130 tis. Kč

4.4.9 Dron XM Series

Konstrukce hexakoptéry je utvořená z šesti ramen znamená pro tento dron dostatečnou stabilitu a spolehlivost. V případě selhání jednoho z motorů dokáže zbylých pět tento jeden celkem bez problémů nahradit a nasměrovat ho zpět k operátorovi, takže nehrozí ztráta celého dronu. Díky šesti motorům je tato hexakoptéra velmi stabilní a umožňuje zachycení obrazu relativně vysoké kvality i při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Díky kvalitně provedené ochraně elektronických součástí dronu umožňuje nasazení i za deště a přeháněk. K tělesu lze připevnit i další vybavení, například kameru nebo kameru s termovizní při monitorování živelných pohrom (Dji, 2016).

Technické údaje dronu XM Series:

Rozpětí: 59 cm

Hmotnost: 1,9 kg

Výdrž: 40 min

Pohon: 6x elektrický motor

Cena: 80 tis. Kč

4.4.10 Dron Phoenix 60 LE

Hlavní výhodou této hexakoptéry je velká doba výdrže v poměru s jeho hmotností. Jeho rychlé nasazení do obtížně dostupných prostor a využití jeho duální kamery s termovizní schopné rozpoznávat teploty, ho činí mezi všemi hexakoptéry nejlepší. Další jeho přednosti oproti jiným hexakoptérám je to, že dokáže vystoupat do výšky 3 km, odkud je schopná na zemi vyhledat lidi, nebo centra požárů (Dji, 2016).

Technické údaje dronu Phoenix 60 LE:

Rozpětí: 100 cm

Hmotnost: 9 kg

Výdrž: 50 min

Pohon: 6x elektrický motor

Cena: neuvedena

4.5 Drony na České zemědělské univerzitě v Praze

Od konce roku 2015 fakulta životního prostředí vlastní dva bezpilotní prostředky. První model je letoun křídlového typu švýcarského výrobce SenseFly SA - eBee. Jedná se o oblíbený kompaktní model schopný plně autonomního letu na základě předem definované mise. Letoun je mimo standardní kamery s vysokým rozlišením vybaven 4-kanálovým multispektrálním senzorem. Druhý model je vyroben českou firmou Robodrone Industries. Hexakoptéra Kingfisher je schopna detailního snímání území ve viditelném spektru, stejně jako i pořizovat snímky v dalších spektrálních kanálech. Za tímto účelem je letoun vybaven profesionální 6-kanálovou multispektrální kamerou americké firmy Tetracam. Pro postprocessing pořizených dat je fakulta vybavena profesionálními řešeními jako Postflight Terra 3D, Agisoft Photoscan, Exelis ENVI nebo ESRI ArcGIS (Komárek a kol., 2017).

Technické údaje dronu Sensefly eBee:

Rozpětí: 96 cm

Hmotnost: méně než 1 kg

Výdrž: 35 min

Cena: neuvedena

možné příslušenství:

FullHD RGB kamera

multispektrální kamera Airinov multiSPEC 4C

Technické údaje dronu Robodrone Kingfisher:

Rozpětí: 120 x 110 cm

Hmotnost: 4 kg

Výdrž: 15 – 25 min

Cena: neuvedena

možné příslušenství:

FullHD RGB kamera

multispektrální kamera Tetracam μ MCA 6

5 VÝSLEDKY PRÁCE

Obdobně, jako je tomu například u povodní, i zde je zapotřebí, aby zasahující prostředek měl ve výbavě zařízení pro monitorování a bylo jej možné ovládat dálkově, a tím by bylo umožněno získávat aktuální informace o dění v dané – postižené oblasti. Důraz je přitom kladen na to, aby bylo možné využít takovýto bezpilotní prostředek ve větších výškách kvůli vysokým teplotám vyskytujících se nad oblastí s požárem. Z toho logicky vyplývá, že drony by neměly být stavěny z materiálů podléhajících vysokým teplotám - plastů, a pokud ano, tak z velmi odolných proti takovýmto extrémním teplotám. Drony mívají zabudovanou termovizní kameru, která umožňuje případnou lokalizaci osob, které se mohou v požárem zasažených oblastech nacházet. Termovizní kamera také dobře vyhledá místa s nejvyšší teplotou, což bývají centra požáru, odkud se oheň nejvíce rozšiřuje. To umožňuje záchranným jednotkám soustředit své síly na tato „epicentra“ požárů a ulehčit tak zásah. Drony díky této kameře mohou být využívány i pro prevenci monitoringu oblastí při dlouhodobých suchách, a v případě zjištění zvýšené teploty ihned importovat vodu na takovéto místo a zajistit zneškodnění požáru ihned v jeho samotných počátcích, čímž nedojde k takovým škodám, jaké by požár dokázal napáchat, kdyby nebyl zneškodněn v samotném počátku.

5.1 Návrhy na drony

Návrh s nízkým rozpočtem

Na trhu není k dispozici příliš mnoho konkurenčních multikoptér, které by dokázaly nabídnout přinejmenším stejné služby, jako ty dosud používané, ale s požadavkem na menší rozpočet. Totiž požadavky, jako dlouhá výdrž, poskytování aktuálních informací – tedy v reálném čase, a termální kamera, která se běžně v komerční sféře nepoužívá do základního vybavení kvůli své vysoké ceně, je vcelku obtížně splnitelný úkol. Jako řešení by mohla být využita tzv. hexakoptéra XM Series od novozélandské společnosti Aeronavics. Konstrukce utvořená z šesti ramen znamená pro tento dron dostatečnou stabilitu a spolehlivost. V případě selhání jednoho z motorů dokáže zbylých pět tento jeden celkem bez problémů nahradit a nasměrovat ho zpět k operátorovi, takže nehrozí ztráta celého dronu. Díky šesti motorům je tato hexakoptéra velmi stabilní a umožňuje zachycení obrazu relativně vysoké kvality i při

nepříznivých povětrnostních podmínkách. Díky kvalitně provedené ochraně elektronických součástí dronu umožňuje nasazení i za deště a přeháněk. K tělesu lze připevnit i další vybavení, například kameru nebo kameru s termovizní při monitorování živelných pohrom. U výrobce je možné objednat takovou termovizní kameru, přičemž cena této kamery se pohybuje od 150 000 Kč.

Návrh s vysokým rozpočtem

Jako optimální řešení pro monitorování lesních požárů vyšel z průzkumu model hexakoptéry Phoenix 60 LE. Důvodem je velká doba výdrže v poměru s jeho hmotností. Jeho rychlé nasazení do obtížně dostupných prostor a využití jeho duální kamery s termovizní schopné rozpoznávat teploty, ho činí mezi všemi hexakoptéry nejlepší. Další jeho předností oproti jiným hexakoptérám je to, že dokáže vystoupat do výšky 3 km, odkud je schopná na zemi vyhledat lidi, nebo centra požárů.

Drony, které jsou používány k monitorování obtížně dostupných oblastí, zvláště při mimořádných událostech, splňují požadované vlastnosti, které vyplývají z jejich účelu využití.

Z výše uvedeného je patrné, že všechny doposud existující drony mají velmi podobné vlastnosti, čímž může výběr toho nejlepšího působit poněkud subjektivním dojmem.

Je patrné, že i lacinější a snadněji dostupné drony se dají dost dobře využít v praxi pro monitorování obtížně dostupných oblastí. Je celkem logické, že vlastnosti těchto levnějších variant nejsou zrovna excelentní, ale za přírodních podmínek se dají velmi výhodně využít jako vhodná alternativa. U těchto cenově dostupnějších dronů bývá problémovou partií odolnost vůči vodě, ovšem zase u těch dražších typů je tato vlastnost ve standardní výbavě. Dražší varianta dronů má navíc ve výbavě integrovanou termální kameru, systém k mapování terénu a pozemní řídicí a vyhodnocovací stanice. Sice se dají tato zařízení implementovat i do levnějších dronů, ale často vznikají problémy vyplývající z jejich vzájemné kompatibility, a pochopitelně také citelně vzroste cena levnějších dronů.

5.2 Drony ve službách České republiky

V médiích občas proběhne relace, že některá státní složka má v úmyslu zakoupit drony, které budou přiděleny k Hasičskému záchrannému sboru. Policii ČR

nebo Armádě ČR. Využití dronů má být podle typu „zařazení“. Z tohoto důvodu byly tyto tři státní složky osloveny a požádány, jaký mají do budoucna úmysl s nákupem a použitím dronů. Složky byly osloveny v roce 2017.

Na přelomu roku 2018/2019 byly tyto složky osloveny opět, již s novým výsledkem.

5.2.1 Drony u Hasičského záchranného sboru

Elektronickou poštou byla zaslána žádost na generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, kde byly položeny otázky do této práce a bylo požádáno o jejich zodpovězení.

Rok 2017: Zaměstnankyně na generálním ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR Ing. Michaela Franclová, oddělení Public relation, byla velice ochotná a sdělila současný stav, že drony se zatím nepoužívají (Příloha č. II).

Rok 2019: *Vlastníme kvadrokoptéru DJI F 450 původně zakoupenou pouze pro výcvikové účely. Nakonec jsme i u tohoto typu prošli procesem udělení povolení k létání od UCL. Tzn. Získali jsme povolení k létání letadla bez pilota (2 piloti v plném rozsahu a tzv. 2 piloti žáci). Dále máme Povolení k provozování leteckých prací - druh leteckých prací: kontrolní, měřicí, pozorovací a hlídkové lety, provádění leteckého snímkování. Dále vlastníme cca od začátku roku 2017 kvadrokoptéru DJI Inspire 2. U tohoto typu máme taktéž udělené povolení v plném rozsahu -povolení k létání i provozování leteckých prací. Tento dron v současné době plně využíváme k našim účelům. Původní zamýšlený účel dronu je dokumentace požáříšť velkého rozsahu. Naše oddělení požárně technických expertiz se zabývá šetřením příčin vzniku závažných požárů a požárů velkých rozsahů. (Máme působnost v celé ČR a vyjíždíme na žádost územně příslušných vyšetřovatelů požárů). Právě u rozsáhlých požárů výrobních hal atp. je pro důkladné zadokumentování a prošetření přínosná i fotodokumentace z "nadhledu". Druhou oblastí využití dronu je dokumentace velkorozměrových modelových zkoušek které často provádíme ve spolupráci s oddělením výzkumu a vývoje (součást Technického ústavu požární ochrany HZS ČR). Dron jsme již využili k natáčení zkoušek požárů nádrží na CNG určených pro instalaci do automobilů, zkoušek pálení osobních vozidel (benzín, nafta, CNG). Taktéž byl dron využit k zadokumentování průběhu taktických cvičení HZS ČR.*

Operativně je možné v případě potřeby HZS nasadit kvadrokoptéru i k jiným účelům na území ČR.

V budoucnosti lze s jistotou očekávat, že využitelnost bezpilotních letounů u hasičských záchranných sborů se rozšíří i do dnes těžko představitelných směrů. Již dnes lze bezpilotní letouny využít vedle zaznamenávání obrazového materiálu i k nestandardním účelům. Příkladem je koncept doručování záchranných balíčků osobám ohrožených živly. Bepilotní letouny lze zároveň vybavit systémy pro přenos hlasu, díky kterému je možné informovat potenciálně ohrožené osoby o postupu zasahujících jednotek. Taktéž, jak již bylo zmíněno, lze bezpilotní letoun vybavit detekčními přístroji chemických látek a radiace. A v neposlední řadě již existují i bezpilotní letouny vybavené hasebními systémy určené k hašení výškových budov (Strakoš, 2019).



Obrázek 1 - Dron používaný HZS

5.2.2 Drony u Policie ČR

Elektronickou poštou byla rovněž zaslána žádost na policejní presidium ČR, kde byly položeny stejné otázky do této práce a bylo požádáno o jejich zodpovězení (Příloha č. III).

Rok 2017: Od policie ČR žádná písemná odpověď nepřišla, bylo pouze zatelefonováno, že takové žádné zařízení nepoužívají a nemají a nebudou mi sdělovat žádné interní záležitosti.

Rok 2019:

Dobrý den, Policie České republiky nevyužívá drony pro monitorování lesních požárů. Toto nespadá do naší kompetence. Policie je využívá na ochranu státních hranic, pátrání po hledaných a pohřešovaných lidech a dále po speciální činnosti spadající do oblasti utajení.

kpt. Bc. Eva Kropáčová

vrchní komisař

+420 603 190 560

eva.kropacova@pcr.cz

POLICEJNÍ PREZIDIUM ČESKÉ REPUBLIKY

Odbor tisku a prevence

Strojnická 27

Praha 7 – Holešovice

Od Policie ČR nebyly poskytnuty informace, které by se daly využít.

5.2.3 Drony u Armády ČR

Elektronickou poštou byla rovněž zaslána žádost na generální štáb AČR, kde byly položeny stejné otázky do této práce a bylo požádáno o jejich zodpovězení (Příloha č. IV).

Rok 2017: Od zaměstnance AČR pplk. Ing. Miroslava Němce bylo elektronickou poštou zasláno, že drony jsou primárně určeny průzkum v rámci činnosti vlastních jednotek, ale v případě vyžádání je možné použít i při spolupráci s integrovanými záchrannými složkami. Které typy dronů využívají, však nesdělil.

Rok 2019:

Příjemný dobrý den,

děkujeme za Váš zájem, bohužel však bližší informace k využívání této techniky v ozbrojených silách, včetně jejich schopností a technických parametrů, nejsou veřejnou informací. Informace o využívání těchto prostředků pro Vámi uvedené účely Vám nejlépe mohou poskytnout přímo složky Integrovaného záchranného systému (zejména HZS ČR).

Doplňujícím zdrojem informací pro Vás případně může být i Vojenský technický ústav letectva a PVO.

Ten se touto technikou zabývá také v širším kontextu, tj včetně jejího využití mimo ozbrojené síly.

S pozdravem a přáním krásných Vánoc,

Petr Sýkora

Tiskové oddělení

Odbor komunikace

Ministerstvo obrany

Tiskové oddělení opět nesdělilo žádné podstatné informace.

5.2.4 Drony na radnicích

Město Plzeň představilo bezpilotní letadla zvaná drony, na jejichž provozování získalo jako jediné město v České republice povolení od Úřadu pro civilní letectví. Zatím čítá letka městských dronů necelou desítku strojů od malých, které sestrojily děti z dílů vytištěných na 3D tiskárně, až po velký dron s termokamerou, který včetně vybavení stál půl milionu korun. Pro výuku dětí v různých zájmových kroužcích, pro propagaci města, správu městského majetku i pro pomoc při krizových situacích, jako jsou povodně či požáry, chce Plzeň používat malá bezpilotní letadla. Práce s drony je dalším krokem Plzně k tomu být takzvaným chytrým městem. Například dron s termovizí může posloužit k monitorování stavu budov nebo pro kontrolu úniku tepla z městských objektů či z horkovodu teplárny. Lze s nimi pořídit videa a fotografie použitelné pro cestovní ruch v propagaci města, mohou sledovat dopravu v ulicích. Díky dronům vzniknou 3D modely, kdy dronem pořízené fotografie speciální software přetvoří v 3D model. Online získané letecké fotky a videa či termovizní obraz pomohou krizovému štábu k rychlému rozhodování při povodních, požárech a jiných mimořádných situacích. Město navíc zařízení nabídne bezplatně integrovanému záchrannému systému v celém kraji. Jeden z dronů už monitoroval situaci při fotbalovém utkání. Hasiči si umí představit pomoc dronů při sledování rozsáhlých požárů lesa a polí. Záběry z dronů by hasiči mohli využít při požárech pro zjištění šíření požáru i nalezení ohniska, při chemických haváriích, při průzkumu vnitřních konstrukcí zřícených objektů. Menší drony dokážou udělat průzkum zřícených

objektů, dostat se někam dovnitř, a není nutné nasazovat živou sílu a ohrožovat záchranáře (Němeček, 2015).

5.2.5 Osobní dotazování u hasičů

Byli osloveni hasiči z Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje, územní odbor Příbram, kteří potvrdili, že drony při své práci nepoužívají, neboť je na územním odboru nemají. Nedokáží si představit, že by ihned po příjezdu na místo požáru začali připravovat dron, protože každá hasičská jednotka má určitý počet hasičů, kteří mají přesně stanovené úkoly a ovládání dronu zatím k těmto úkolům nepatří. Využití dronu by bylo možné pouze v případě, kdyby se jednalo požár velkého rozsahu (např. vojenský výcvikový prostor Brdy), a muselo by být vysláno několik hasičských jednotek. Zde by mohl být specialista, který by dron obsluhoval a zjišťoval tak, kde se nachází ohniska požáru, zda se v místě požáru nenachází lidé apod. Dále vidí možnost využití dronu při požáru velkých hal – skladovacích prostor nebo při sesuvu půdy. Pro využití ve městech smysl dronů příliš nespátřují. Od vedoucích pracovníků bylo zjištěno, že „nějaké drony“ se údajně nachází na dvou místech v České republice a měly by být ve zkušebním provozu. Jedná se o město Zbiroh (obec v bývalém okr. Beroun) a ve Frýdku Místku na Moravě. Tato dvě města jsou určena pro případ mimořádné události: Zbiroh pro Čechy a Frýdek Místech pro Moravu. Po zkušebním provozu by měly být drony dodány na jednotlivé kraje a na nižší jednotky prozatím nikoliv. Lze ale odhadovat, pokud by se drony osvědčily a bylo by možné je využívat, stálo by za zvážení, zda by každá stanice v obci, která má více jak 35 000 obyvatel, také neměla mít k dispozici menší dron, který není nijak finančně nákladný, a to pro situace, v nichž by byla výrazně usnadněna práce při hodnocení situace. Na krajských útvarech by mohly být využívány větší drony, například hexakoptéry, které jsou již finančně náročnější.

6 DISKUSE

Na první pohled se může zdát, že na trhu existuje poměrně dost typů bezpilotních létajících prostředků, různorodých multikoptér, které se využívají k monitorování obtížně dostupných prostor, a rozdíly mezi jednotlivými modely jsou relativně malé. Podle dostupných technických parametrů se jako výhodné jeví multikoptéry, které využívá při své práci Policie i hasiči (Wang, 2016). Ty však nebývají na trhu běžně dostupné. To je zapříčiněno, celkem logicky vzato, jejich tržní cenou, která se pohybuje někde těsně nad hranicí půl milionu korun. Cena přitom odpovídá kvalitě. Stroje se vyznačují značnou odolností před nepříznivými vlivy počasí, mezi které patří velké rozpětí teplot a přeháňky, a jejich výdrž bývá velmi dobrá (Jung-Divéky, 2016).

Multikoptéry, které jsou běžně dostupné na trhu, se používají k natáčení videí a pořizování fotografií. Dále se nechají využít v případě živelných pohrom a jiných, mimořádných událostech. Výdrž těchto běžným multikoptér je dobrá, ale podmínkou jsou vhodné povětrnostní podmínky, protože nejsou vyrobeny do nepříznivého počasí. Skromné je také vybavení těchto typů, v nichž chybí kamery s termovizní, čímž nelze multikoptéry používat za tmy. Ty lze přiojednat za příplatek. V podstatě lze říci, že rozdíly mezi multikoptéry využívanými bezpečnostními sbory a těmi běžně dostupnými je v zásadě jejich cena. Ta se odvíjí, jak bylo uvedeno výše, jednak z vybavení, z materiálu, z nichž jsou vyrobeny, ale také pozemní řídicí stanicí, která bezpilotní systém ovládá. Totiž celkové náklady na vývoj a zabezpečení softwaru a celkové vybavení těchto stanic bývají dosti vysoké, díky čemuž je následně vysoká i pořizovací cena (Jung-Divéky, 2016).

Likvidace požárů je poměrně náročnou záležitostí, což je zapříčiněno jak rychlými změnami směru šíření požáru a intenzitou větru, tak kvůli běžně používané těžké hasičské technice, a přitom se jedná o časový rámec několika sekund, během nichž dokáže požár napáchat nemalé škody. Drony by velmi ulehčily zmapování situace a zkrátily tak čas v boji s ohněm. Mohou být totiž nasazeny v podstatě okamžitě a získají informace o situaci během krátkého časového úseku, dalo by se mnohdy i říci během několika sekund až minut, a tyto informace ihned předat zasahujícím jednotkám. Využití je vhodné při likvidaci požárů zvláště tam, kde hrozí

rychlé šíření ohně k lidským obydlím, kde by mohly být napáchány škody nevyčíslitelné hodnoty, zvláště co se týče lidských životů, nemluvě o majetku.

Tyto bezpilotní prostředky jsou menší než bezpilotní vrtulníky, takže jsou schopny se více přiblížit právě díky svému menšímu rozměru k danému cíli, tedy k požárům, případně v období sucha k lesům při prevenci vzniku lesních požárů. Drony mohou přelétávat nad lesy a detekovat tak požár ihned při jeho vzniku, takže nemusí dojít k jeho rozšíření a vzniku případných škod, navíc mohou hasit požár ihned, protože mají možnost přepravovat větší objem, zde se jedná převážně o vodu.

Při monitoringu větších ploch (>10 km²) je v přepočtu na monitorovanou plochu cena za využití UAS vyšší než u pilotovaných letadel. UAS jsou však jednodušší na logistiku, navíc se díky bezpilotnímu systému nemusí nasazovat životy pilotů. Dalšími výhodami jsou: nízká hlučnost, stále se snižující cena, přenosnost, bezpečnost nebo nízká letová rychlost při nízkých výškových hladinách. Nevýhodou – negativem při používání UAS je doba jejich letu, která se u multikoptér pohybuje řádově pouze v desítkách minut, a také v nosnosti, která je u běžných modelů maximálně 1,5 kg. To je značně limitující, protože nelze využívat celou řadu těžších zařízení (Wang, 2016).

Požáry v lesích jsou velmi nebezpečným živlem, a to především v oblastech, kde bývají sucha, protože se velmi rychle rozšiřují. Při takto rozsáhlých požárech se využívají snímky získané z družic. Tyto snímky bývají ovšem, vzhledem ke vzdálenosti družic, jeden až dva dny staré, což bývá v praxi již těžko využitelné. Bepilotní prostředky mohou tady dobře posloužit i k monitorování situace, například směru vývoje větru a směru šíření požáru a zbránit tak možnému šíření požáru do obydlených oblastí.

Jak jde výzkum dronů vpřed, má být vytvořen nový dron, který je navržen tak, aby zakládal lesní požáry. Zní to jako paradox, ale cílené zakládání požárů a vypalování porostů má být využíváno pro dobré účely. Tento projekt se má jmenovat „Bepilotní letecký systém pro boj s požáry“. Vývoj tohoto dronu probíhá ve spolupráci znalců v oborech technologie dronů, požární ekologie, ochrana přírody a veřejná politika. Jaký má být cíl? Dron obsahuje zásobník naplněný kuličkami, které jsou naplněny manganistanem draselným. Tyto míčky jsou následně napuštěny tekutým glykolem, což po pár sekundách vyvolá efekt hoření. V praxi to znamená, že

míčky budou vypuštěny tam, kde je potřeba založit požár. Ten poté zajistí pozitivní vedlejší efekty jako je například eliminace invazivních druhů, prevence vzniku lesních požárů či obnovení původních rostlin. Dron má být vyvinut tak, aby zakládal požáry a monitoroval je v odlehlých oblastech. Technologie uvnitř dronu umožňuje jeho využití i v drsných podmínkách s omezeným dozorem. Někteří znalci, kteří se podílí na tomto vývoji, se domnívají, že jedním z hlavních důvodů, proč se v poslední době setkáváme s tolika lesními požáry, je pokles využití ohně ve správě ekosystému. Dron by měl poskytnout bezpečný způsob pro řízení požárů. Lidé by tak neměli být vystaveni riziku, přičemž k testování by mohlo dojít již v roce 2017 (Wang, 2016).

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zjistit, jaké jsou možnosti využití bezpilotních systémů (UAS) při monitorování lesních požárů za účelem podpory jejich uvedení do praxe v prostředí České republiky. Bylo zjištěno, že existuje mnoho typů dronů od nízkonákladových až po vysokonákladové, a kde se jednotlivé typy dronů nejvíce uplatňují.

Při porovnání jednotlivých typů dronů byl vybrán dron hexakoptéra XM Series jako nízkorozpočtový a dron Phoenix 60 LE jako vysokorozpočtový. Jejich klady a zápory jsou popsány v kapitole 5.

Taktéž bylo zjišťováno, zda se bezpilotní systémy – drony nachází ve výbavě bezpečnostních sborů. Při rozhovoru s policisty a vojáky, kteří pracují v základních jednotkách organizace, bylo zjištěno, že na základních jednotkách (územních odborech) nikdy žádné drony neměli k dispozici a v současné době údajně nemají. Bližším pátráním se podařilo zjistit, že několik kusů dronů by se údajně mělo nacházet na různých krajských velitelstvích – ředitelstvích. Ovšem o jaké typy se jedná a jaká jejich cena apod. není řadovým zaměstnancům známo. Lze odhadovat, a je pravděpodobné, že do budoucna se počty těchto bezpilotních systémů rozšíří i na základní jednotky, neboť jak je již v práci popsáno, raději obětovat dron než lidský život.

V současné době existuje reálný předpoklad, že vývoj bezpilotních letounů se bude směřovat k bezpečnostním požadavkům, takže opět pro vojenské účely a Policii v celé Evropské unii a nejen tam.

Celkově lze odhadovat, že největší budoucnost budou mít drony při válečných konfliktech z důvodu minimálních ztrát na lidských životech. Dne 27. června 2016 vyšel v novinách Mladá Fronta dnes na str. 8 článek, že resort obrany chce drony na 51 milionů a vojáci by je měli dostat do konce roku 2016. Od vytisknutí tohoto článku se nepodařilo zjistit, zda k tomuto nákupu skutečně došlo.

Je zajímavé, jak všechny bezpečnostní a civilní složky nejsou ve věci dronů sdílné. Občas se v médiích nebo tisku objeví zmínka o možné koupi nějakých dronů, popř. o jejich testování, ale na bližší dotaz se běžnému občanovi dostane strohé, nic neříkající odpovědi, přestože má právo na informace, pokud nepodléhají utajení.

Drony, které vlastní fakulta životního prostředí na České zemědělské univerzitě, by se vzhledem k jejich výkonu a vybavení daly využít při monitorování požáru. Lze odhadovat, že vývoj dronů a jejich neustále se zdokonalující technologie půjde velice rychle dopředu.

Práce splnila svůj cíl, neboť se podařilo doporučit drony nízkonákladové i vysokonákladové, a tudíž lze odvodit, že v případě testování a pozdějšího nákupu se různá ministerstva mohou přiklonit k těmto doporučeným dronům, které jsou odzkoušené a v zahraničí běžně používané.

PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literární zdroje

- AMBROSIA, V., WEGENER, S., SULLIVAN, D., BUECHEL, S., BRASS, S. D. J., STONEBURNER, J., AND SCHOENUNG, S. *Demonstrating UAV-Acquired Real-Time Thermal Data over Fires*. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 2003, 69(4): pp.391–402.
- BOGUE, R. *Robots for monitoring the environment*. Okehamton UK, 2011, 560 p.
- BRÁZDIL, R. *Úvod do studia planety Země*. Praha: SPN, 1988, 365 s.
- BRECKENRIDGE, R. P. *Improving rangeland monitoring and assessment: integrating remote sensing, gis and unmanned aerial vehicle systems*. 2007, USA: University of Idaho. 121 p.
- BROWNING, D. *Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessments, monitoring and management*. Journal of Applied Remote Sensing 2009, 115 p.
- BRYANT, E. *Natural hazards*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 2005, 312 p.
- BÜCHI, R. *Fascination quadcopter*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2011, 116 p.
- CASBEER, D.W., BEARD, R.W., MCLAIN, T.W., Li, S.-. & Mehra, R.K. 2005, "Forest fire monitoring with multiple small UAVs", Proceedings of the American Control Conference, p. 3530.
- EISENBEISS, H. *The Potential for Unmanned Aerial Vehicles for Mapping*. 2011, 145 p.
- EROL, H and Akdeniz, F. "A multispectral classification algorithm for classifying parcels in an agricultural region," Int. J. Remote Sens., Nov. 1996, 17(17): pp. 3357–3371.

- GAY, A. P., STEWART, T. P., ANGEL, R., EASEY, M., ADRIAN, J., THOMAS, N. J., KEMP, A. I. *Developing Unmanned Aerial Vehicles for Local and Flexible Environmental and Agricultural Monitoring*. In RSPSoc 2009 Annual Conference, 2009, 11 p.
- GONZALO, J., F. *A low cost service for fire detection*. In Proc. 3rd Int. Conf. on Forest Fire Research, 1998, 229 p.
- HANSEN, M. C. kol. *A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin*. Remote Sens. Environ, 2008,112: 2495-2513 pp.
- HOFFER, N. V., CALVIN C., AUSTIN M. J., YANGQUAN C. A. *Survey and Categorization of Small Low-Cost Unmanned Aerial Vehicle System Identification*, 2014, 145 p.
- KEANE, J.F., STEPHEN S. CARR. A. *Brief History of Early Unmanned Aircraft*. 2013, 571 p.
- KOMÁREK, J. MORAVEC, D. KUMHÁLOVÁ, J. KROULÍK, M. PROŠEK, J. KLÁPŠTĚ, P. *Digital elevation models as predictors of yield: Comparison of an UAV and other elevation data sources*. Agronomy Research, 2017: 15, č. 1, 249-255 pp.
- KRAKOVSKÝ, A. *Lesné požiare*. Zvolen: Technická univerzita, 2004, 78 s.
- KUKAL, Z. *Přírodní katastrofy*. 2. vyd. Brno:Horizont, 1983, 259 s.
- KUNT, A. *Lesní požáry*. Praha: Československý svaz Požární ochrany, Svazek 28, 1967, 316 s.
- MERINO, L., CABALLERO, F., MARTÍNEZ DE DIOS, J., AND OLLERO, A. *Cooperative fire detection using unmanned aerial vehicles*. In Proc. of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, 2005, pp. 1896–1901.
- PAX, M., L., WOODCOCK, C., E. *The effect of spatial resolution on the ability to monitor the status of agricultural lands*, Remote Sens. Environ., 1997, 61(2): pp. 210–220.

- SASSE, D.,B., *Job-related mortality of wildlife workers in the United States*. 2003, Wildlife Society Bulletin, 2003, 31(4): p.1020.
- SMITH, K. *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*. New York: Routledge. 2002, 313 p.
- SPRINGER, P., J. *Military robots and drones: a reference handbook*. Santa Barbara, Calif.: ABC-CLIO, 2013, 297 p.
- SUGIURA, R., NOGUCHI, N., ISHII, K. *Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter*, Biosyst. Eng., 2005, 90(4): pp. 369–379,
- TOMLINS, G., F. *Some considerations in the design of low cost remotelypiloted aircraft for civil remote sensing applications*, Canadian Surveyor, 1983, 37(3): pp. 157-167.
- TORRESAN, CH., BERTON, A., CAROTENUTO, F., GIOLI, B., MATESE, A. *Forestry applications of UAVs in Europe: a review*, *International Journal of Remote Sensing*. Italy:Taylor&Francis, 2016, 22 p.
- VIEGAS, D. *Forest fire propagation*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A, 1998, 356, pp. 2907–2928.
- WATTS A., C., AMBROSIA V., G & HINKLEY E., A. *Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification and considerations of use*. Remote Sensing 4, 2012, pp. 1671–1692.

Elektronické zdroje

- AICARDI, I., M. GARBARINO, A. LINGUA, E. LINGUA, R. MARZANO, M. PIRAS. *Monitoring Post-Fire Forest Recovery Using Multitemporal Digital Surface Models Generated from Different Platforms*. 2016: [online]: Dostupné z http://www.eproceedings.org/static/vol15_1/15_1_aicardi1.html
- DJI, O., *The World Leader in Quadcopters for Aerial Photography*, 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.dji.com/phantom-2>

- GINI, R., D. PASSONI, L. PINTO, G. SONA. Use of Unmanned Aerial Systems for Multispectral Survey and Tree Classification: A Test in A Park Area of Northern Italy. 2016: [online]: Dostupné z: <https://aitonline.org/articleView.aspx?ID=887>
- JUNG-DIVÉKY., A., UAV: drone solutions for mapping, aerial inspection, unmanned cargo. Microdrones, 2016: [online]: Dostupné z: <https://www.microdrones.com/en/products/md4-1000/>
- JUNG-DIVÉKY., A., UAV: drone solutions for mapping, aerial inspection, unmanned cargo. Microdrones, 2016: [online]: Dostupné z: <https://www.microdrones.com/en/products/md4-3000/>
- KŘÍŽ, K., 2012, ČSOP: Požár Bzenecké doubravy – katastrofa, nebo šance? 2016: [online]: Dostupné z <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/tiskove-zpravy/pozar-bzenecke-doubravy-katastrofa-nebo-sance>
- LANG, P.,Vojenský technický ústav. Bezpilotní rotorový univerzální systém:(BRUS), 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.vtusp.cz/a/bezpilotnirotorovy-univerzalni-system-brus>
- LEHMANN, J.R., PRINZ, T. Analysis of Unmanned Aerial System-Based CIR Images in Forestry—A New Perspective to Monitor Pest Infestation Levels, 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1999-4907/6/3/594>
- MINISTERSTVO DOPRAVY. Letecké předpisy - úprava Doplnku X leteckého předpisu Pravidla létání L2, 2019: [online]: Dostupné z: [http://mdcr.cz/Ministerstvo/Zadost-o-poskytnuti-informace-\(1\)/Poskytnute-informace/Letecke-predpisy-uprava-Doplunku-X-leteckeho-pre](http://mdcr.cz/Ministerstvo/Zadost-o-poskytnuti-informace-(1)/Poskytnute-informace/Letecke-predpisy-uprava-Doplunku-X-leteckeho-pre)
- NĚMEČEK, P., Plzeň používá drony pro krizové situace, kurzy i správu majetku, 2015: [online]: Dostupné z: http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/plzen-pouziva-drony-pro-krizove-situace-kurzy-i-spravu-majetku/index_view.php?id=1249884
- PROCHÁZKA, J., Ministerstvo obrany České republiky, 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/>

- PULITI, S. et al., Inventory of Small Forest Areas Using an Unmanned Aerial System, 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/8/9632>
- ŠLACHTA, Z., Moravskoslezský kraj: Hasičský záchranný sbor České republiky. Hasiči radí: Lesní požáry, 2016: [online]: Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/pozarni-prevence-hasici-radi-lesni-pozary.aspx>
- TETRAULT, C., A Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), 2016: [online]: Dostupné z <http://www.draganfly.com/news/index.php?s=A+Short+History+of+Unmanned+Aerial+Vehicles+&submit=Search>
- WANG, D., 4 Best Quadcopters of 2014, 2016: [online]: Dostupné z <http://www.quadcopteracademy.com/4-best-quadcopters/>

Ostatní

- KROPÁČOVÁ, E., 2019. Policejní prezidium ČR, Odbor tisku a prevence. Emailová komunikace ze dne 19.12.2018.
- KOTEK, T., SECURITY Magazín. 2015. ISSN 1210-8723.
- STRAKOŠ, J. 2019. Hasičský záchranný sbor České republiky. Technický ústav požární ochrany. Emailová komunikace ze dne 9.2.2019.
- SÝKORA, P. Ministerstvo obrany. Tiskové oddělení, odbor komunikace. Emailová komunikace ze dne 19.12.2018.
- ŠÍMA, J., Dron = letadlo nebo letoun? Aneb pořádek do české odborné terminologie, komentář k počítačové prezentaci, 2014.
- Zákon č. 127/2014 Sb., Zákon o civilním letectví. In: Sbíрка zákonů, částka 54. ISSN 1211-1244.
- Zákon č. 133/1985 Sb., Zákon o požární ochraně. In: Sbíрка zákonů, částka 24. ISSN 1211-1244.

PŘÍLOHA č. I

Hasičský záchranný sbor

Praha

Policie České republiky

Policejní presidium

Armáda České republiky

Praha

Příbram 16. května 2016

Žádost o poskytnutí informací.

Dobrý den,

Jmenuji se Šárka Semecká a jsem studentka České zemědělské univerzity v Praze, fakulta životního prostředí, katedra ekologie, 3. ročník a píši bakalářskou práci na téma:

„ROLE A VÝZNAM BEZPILOTNÍCH SYSTÉMŮ PŘI MONITOROVÁNÍ LESNÍCH POŽÁRŮ“.

Tímto bych Vás chtěla požádat o pomoc při psaní mé práce, neboť nedávno jsem sledovala televizi, kde byla reportáž o bezpilotních letounech – dronech, které Hasičský záchranný sbor

hodlá zakoupit za účelem sledování – mapování požárů a k dalším potřebným činnostem, kde by mohlo dojít k ochraně života a majetku osob. Údajně má již docházet k testování ve Zbirohu a ve Frýdku Místku, ale jak jsou tyto informace pravdivé – nevím.

Z tohoto důvodu bych ráda do své práce uvedla, s Vaším svolením, jaké drony Hasičský záchranný sbor používá, testuje, popř. hodlá nakoupit, na základě jakých kritérií byly tyto drony vybrány, jejich technické parametry, cena, výhody a nevýhody, popř. další informace, které pokládáte za důležité a v mé práci by se měli vyskytnout.

Předem Vám děkuji za ochotu a spolupráci.

Šárka Semecká,
Tel. 606464924
Email: sarkasemecka@seznam.cz

PŘÍLOHA č. II

Odpověď od Hasičského záchranného sboru:

„Od: Michaela Franclova

Datum: 19. 5. 2016 v 13:35:26

Předmět: Odpověď na dotaz týkající se problematiky bezpilotních letounů

Vážená slečno Semecká,

děkujeme za Váš zájem o Hasičský záchranný sbor ČR a o problematiku bezpilotních letounů. MV-generální ředitelství HZS ČR problematiku bezpilotních letounů průběžně sleduje a do budoucna plánuje jejich využití např. při vyšetřování příčin požárů či monitorování mimořádných událostí většího rozsahu. V současné době máme zažádáno o povolení k létání jednoho bezpilotního prostředku u Úřadu pro civilní letectví. HZS některých krajů spolupracují na testování bezpilotních letounů např. s vysokými školami. O nákupu většího množství bezpilotních prostředků zatím neuvažujeme. Ve Vaší bakalářské práci doporučuji zmínit platnou legislativu týkající se bezpilotního létání a nutné podmínky užití letounů, např. fakt, že letoun musí být stále na dohled pilota. K Vámi zmiňované televizní reportáži se není možné konkrétně vyjádřit, prosíme o specifikaci názvu pořadu a termínu vysílání. Nicméně odborníci Hasičského záchranného sboru ČR zabývající se problematikou bezpilotního létání se průběžně účastní přednášek, konferencí, ukázek i testování bezpilotních letounů po celé ČR viz i zprávy na www.hzscr.cz.

V případě, že byste měla k Vámi zpracovávané problematice ještě doplňující dotazy, tak mne neváhejte kontaktovat.

S přáním úspěšného obhájení bakalářské práce

Ing. Michaela Franclová

pracovník oddělení Public relation

MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR

Kloknerova 26, Poštovní příhrádka 69, 148 01 Praha 414

tel: 950 819 717, fax: 950 819 960

mobil: 775 417 846, e-mail: michaela.franclova@grh.izscr.cz“

PŘÍLOHA č. III

Odpověď od Policie České republiky:

Policie ČR pouze zavolala na mobilní telefon, s tím že údajně žádné takové zařízení nepoužívají a nemají. Dále bylo sděleno, že interní záležitosti sdělovat nemůžou.

PŘÍLOHA č. IV

Odpověď od Armády České republiky:

„Od: Miroslav Němec

Datum: 31. 5. 2016 v 09:55:10

Předmět: bezpilotní systémy v AČR

Dobrý den,

obdržel jsem Vaši žádost o poskytnutí informací k možnému využití bezpilotních prostředků při monitorování lesních požárů. Hned v úvodu lze podotknout, že vojenské systémy AČR jsou primárně určeny k optoelektronickému průzkumu v rámci činnosti vlastních jednotek, ale v případě vyžádání a splnění určitých podmínek, je možné použít i při spolupráci s IZS. Tak jak je popsáno v přiloženém dokumentu, je důležité stanovení účelu, pro který budou UAS použity. Jestliže budeme uvažovat jen lesní požáry, tak si musíme položit několik otázek:

- 1. rozměry, váha daného systému a konstrukce (pevné křídlo nebo kvadrokoptéra (AČR v současné době nepoužívá))*
- 2. pohon (elektrický - spalovací motor)*
- 3. vytrvalost a pracovní (operační) výška, ale jak nad terénem, tak i nadmořská (tím bude stanoveno, jak velký prostor a v jaké lokalitě budeme moci monitorovat)*
- 4. možnost použití ve dne a v noci, vybavení senzory pro tyto podmínky*
- 5. v konečném důsledku je důležitá i cena systému*
- 6. koordinace provozu s Úřadem civilního letectví*
- 7. AČR při výběru bere v úvahu i zkušenosti s daným UAS v bojovém nasazení a možnosti oprav a servisu daného systému*

Toto jsou základní údaje (kritéria), které je nutné brát v úvahu při řešení dané problematiky. V případě, že budete potřebovat nějaké další doplňující informace a já budu schopen na Vaše otázky odpovědět, tak mě můžete kontaktovat.

S pozdravem

pplk. Ing. Miroslav NĚMEC

VSD-S OdRS ISR, OVPzEB MO

tel.: 973 217 066

mob.: 776 730 877“