

DETEKCIA A OCHRANA OBJEKTOV PROTI PREVÁDZKE BEZPILOTNÝCH LIETADIEL

DETECTION OF UNMANNED AIRCRAFT AND PROTECTION OF OBJECTS AGAINST UNAUTHORIZED OPERATION OF UAVS

Erik Bujna

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
bujna8@stud.uniza.sk

Filip Škultéty

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
filip.skultety@fpedas.uniza.sk

Abstract – The main topic of this bachelor thesis is the detection and protection of objects against the operation of unmanned aerial vehicles (UAVs). The necessity of addressing this issue is due to the increasing prevalence of UAVs and increase in reports of airspace penetrations by unauthorised UAV operations. The aim of the bachelor thesis is to analyse the problem and provide an overview of the possibilities and methods of protection against unmanned aircraft. The first part of the bachelor thesis provides a brief overview of the issue, including terminology, an overview of current legislation, the possibility of using unmanned aircraft together with incidents that have also become the subject of the problem. The following chapters examine in more detail the possibilities of detection and protection against unmanned aircraft. The comparative method compares the positive and negative aspects of individual detection methods. In the third chapter are provided specific solutions which are based on the methods of security protection and defined principles to operators of areas with the necessary security protection. The conclusion of the bachelor thesis includes the analysis of the Bratislava airport surrounding, the definition of the protective zones of airport together with the protective zones of navigation devices. The result is a proposal for implementation of detection system, which should to ensure regular and safe operation and to reduce the risk of flying unmanned aircraft over the airport. The proposal of securing the airport against UAVs offers the possibility to protect the nearest surroundings of the airport from the intrusion of unmanned aircraft and in case of disruption of the covered area of early warning and the possibility of responding to the threat.

Key words: unmanned aerial vehicle, UAV, radar, sensor, detection, restricted area, airport, frequency, frequency range.

I. ÚVOD

Táto bakalárska práca sa venuje možnostiam a prostriedkom zabezpečenia ochrany priestoru proti bezpilotným lietadlám, prostredníctvom spracovania právnej úpravy, možností využitia bezpilotných lietadiel cez incidenty, ktoré sa stali spúšťačom riešenia danej problematiky a ktorých počet za

uplynulé roky so zvyšujúcim sa počtom bezpilotných lietadiel neustále vzrastá, až po analýzu zariadení poskytujúcich zabezpečovanie vzdušného priestoru na základe rozličných metód, alebo ich kombinácie.

Zámerom práce je poskytnutie čo najvhodnejšieho riešenia, vybratého za účelom ochrany letiska Bratislava pred možným ohrozením prevádzky a bezpečnosti, na základe vykonanej analýzy prostredia a zvážením možných rizík pri následnej implementácii.

VYMEDZENIE VZDUŠNÉHO PRIESTORU

Pri využívaní bezpilotných lietadiel je potrebné dbať na vymedzenie priestorov, v ktorých je možné lietať.

Vzdušný priestor je rozdelený na triedy, ktoré sú označené písmenami od A po G. Triedy od A po E spadajú pod riadený vzdušný priestor, trieda F je poradný vzdušný priestor a zóna G je neriadený vzdušný priestor. Zóna G je práve vzdušný priestor, kde je možné vykonávať prevádzku bezpilotných lietadiel. Pri prevádzke bezpilotných lietadiel je potrebné vedieť, že od výšky 150 metrov nad zemským povrchom začína letecká prevádzka, preto vykonanie letu bezpilotným lietadlom v takomto vzdušnom priestore je možné vykonať len za vizuálneho kontaktu s daným lietadlom do výšky 400 ft (120 m) nad úrovňou zemského povrchu. Zhustenie letovej prevádzky môže byť očakávané v blízkosti neriadených vzletových a pristávacích dráh [10] [2]. Let preto musí byť vykonaný tak, aby bola zabezpečená bezpečnosť iných lietadiel, osôb, majetku s prihliadnutím na ochranu životného prostredia.

V súčasnosti je zabezpečenie bezpečnosti na rôznych miestach mnohokrát otázkou číslo jeden. Voľne dostupné bezpilotné lietadlá využívané často s cieľom rekreácie sa môžu stať ľahko pri strate kontroly nebezpečnými prostriedkami na verejných priestranstvách, v husto obývaných oblastiach, za zmienku stojí aj to, že bezpilotné lietadlá sa v súčasnosti stávajú aj prostriedkami špionáže, provokácie a taktiež teroristických útokov [3] [4]. Útoky počas verejných podujatí sú čoraz častejšie, a takýto čin môže spôsobiť veľké straty. Takéto miesta či udalosti činia z ľudí ľahké ciele pre teroristické útoky. Cieľom pre takúto kriminálnu činnosť bývajú rôzne prímorské destinácie s množstvom turistov, rôzne športoviská, štadióny a univerzity, vojenské a policajné stanice, štátne hranice a letiská.

PRÁVNÁ ÚPRAVA NA SLOVENSKU

Potreba riadenia a regulácie od pozemnej dopravy až po riadenie vzdušného priestoru bola vždy významná z dôvodu zjednodušenia dopravy a zabezpečenia bezpečnej, efektívnej a úspornej prevádzky. V oblasti riadenia vzdušného priestoru, kde je obzvlášť kladený dôraz na bezpečnosť, je nutné, aby riadenie bezpilotných prostriedkov a ich nadobúdanie bolo ošetrené zákonom. Pravidlá lietania s bezpilotnými lietadlami, vykonávanie leteckých prác a všeobecné podmienky používania týchto bezpilotných lietadiel sú zahrnuté v Leteckom zákone.

Na let s bezpilotnými lietadlami je vymedzený neriadeneý vzdušný priestor triedy G. Prevádzkovateľ bezpilotného lietadla smie dosiahnuť v tomto priestore maximálnu výšku 120m (400ft) nad najvyššou prekážkou v okruhu 30 m od UAV, pričom je nutné zabezpečiť priamu vizuálnu kontrolu nad daným lietadlom.[2].

Na základe rozhodnutia č.2/2019 zo 14.11.2019 sa prevádzka bezpilotných lietadiel delí do skupín A a B. Prevádzka kategórie A aj B podlieha všeobecným podmienkam pilotovania bezpilotného lietadla. Kategória A je členená na podkategórie A1, A2, A3. Do kategórie A1 vykonávania letu spadajú bezpilotné lietadlá hmotnostnej kategórie C0 a C1 s hmotnosťou od 0 do 900 g. Do kategórie A2 spadajú bezpilotné lietadlá hmotnostnej kategórie C2 s hmotnosťou od 900g do 4 kg. Let podľa podmienok subkategórie A3 je vykonávaný bezpilotnými lietadlami vyššej hmotnostnej kategórie C3 a C4 s hmotnosťou od 4 do 25 kg. Dovoľená minimálna vzdialenosť od vzťažného bodu letiska, v ktorej je možné vykonať let s takýmto bezpilotným lietadlom je 5,6 km (3NM) v maximálnej dovolenej výške od zeme 30 m [2].

PROTIPRÁVNE ČINY

Rovnaký počet výhod ako má využitie bezpilotných lietadiel pri vykonávaní leteckých prác alebo na rekreačné účely v civilnej sfére, má aj počet možností zneužitia. So širokým spektrom možností, ktoré ponúka bezpilotné lietadlo operátorovi sa rozširuje aj počet možností, ako bezpilotné lietadlo zneužiť.

Vzhľadom na to, že systémy diaľkovo riadených bezpilotných lietadiel môžu byť detegované prevažne iba vizuálne a nie pomocou výstražných zariadení pred zrážkou, je veľmi pravdepodobné, že dôjde ku kolízii s lietadlom v nízkej výške, najmä vzhľadom na ich narastajúci počet. Dôležitým faktorom je poskytnutie včasného varovania pilotom, ktorým hrozí priamy kontakt s bezpilotným lietadlom tak ako aj poskytnutie varovania riadiacim letovej prevádzky (ATCO).

Najväčším incidentom bol incident z roku 2018 na letisku Gatwick, kedy letisko Gatwick muselo byť zavreté vyše 36 hodín. Incident si vyžiadala narušenia prevádzky vyše 1000 letov, ktoré boli zrušené alebo prerušené a dočasne odložené. Výsledkom bolo ovplyvnenie vyše 140000 cestujúcich. UAV bolo spozorované 1 km od letiska vo výške 1700 ft (518 m) posádkou letúna Airbus 320 spoločnosti EasyJet. Bolo nutné zaviesť opatrenia, jedným z nich bolo rozšírenie oblasti z 1 km na 5 km, v ktorej je vykonávanie letu s UAV zakázané [5]. Okrem ohrozenia bezpečnosti letovej prevádzky majú takéto incidenty aj ekonomický dopad. Dopad na ekonomiku v popřípade akéhokoľvek narušenia letovej prevádzky sa líši podľa viacerých

faktorov ako je počet dráh, letov a počtu pasažierov. Incident na letisku Gatwick nebol klasifikovaný ako teroristický útok, bol ukázkou toho, že obyčajný používateľ môže ohroziť životy ľudí a spôsobiť vážne ekonomické problémy.

Na území Slovenskej republiky bolo zaznamenaných v posledných rokoch taktiež viacero hlásení, týkajúcich sa neoprávnených vstupov, či už do ochranného pásma letiska, zakázaného územia letového priestoru, alebo ochranného pásma. Avšak rovnakému problému čelí taktiež letisko Praha s väčšou prevádzkovou kapacitou v porovnaní s letiskom Bratislava. Väčšina prichádzajúcich hlásení o výskyte UAV v riadenom vzdušnom priestore, bola nahlásená prevažne pilotmi. Počet zaznamenaných hlásení od roku 2017 každým rokom stúpne približne o polovicu, ako je možné vidieť v tabuľke č. 1 [6] [7].

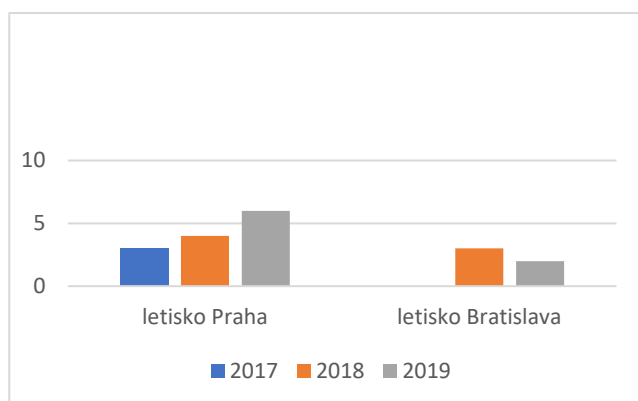
Tabuľka 1: Hlásenia UAV na letisku Milana Rastislava Štefánika Bratislava [Zdroj: autor]

rok	poloha	čas	autor hlásenia
2017	-	-	-
2018	Blízkosť letiska	12:25	PIC
	9 NM od vzťažného bodu letiska 3000 ft AMSL	14:50	PIC
	Blízkosť letiska	17:37	Centrálna ohlasovňa letových prevádzkových služieb
2019	2 NM od vzťažného bodu letiska	13:25	Centrálna ohlasovňa letových prevádzkových služieb
	Nezistené	11:31	Externý ohlasovateľ

Tabuľka 2: hlásenia UAV na letisku Václava Havla Praha [Zdroj: autor]

rok	poloha	čas	autor hlásenia
2017	2,2 NM od prahu VPD 06, 150 ft pod letúnom	13:58	PIC
	Blízkosť Prahu VPD 24	10:00	Poverená osoba
	2,5 NM od prahu VPD 12 1 NM od letúna	13:10	PIC

2018	4000 ft AGL	18:05	PIC
	2 NM od prahu VPD	20:30	PIC
	5 NM od prahu VPD	8:45	Poverená osoba
	750 ft AGL 50 ft nad letúnom	19:54	PIC
2019	7 NM od prahu VPD 24 300 ft pod letúnom	13:57	PIC
	6,5 NM od prahu VPD 06 3200 ft AMSL 90 ft od letúna	18:38	PIC
	2 NM od prahu VPD 06 1800 ft AGL	14:38	PIC
	7500 ft AMSL	18:04	PIC
	2,5 NM od prahu VPD 4700AMSL	16:20	PIC
	4000 ft AMSL 50 ft od letúna	21:20	PIC



Graf 1: Počet hlásení UAV na letisku Praha a Bratislava (2017-2019)

II. DETEKCIA BEZPILOTNÝCH LIETADIEL

Častý výskyt letov UAV v oblasti s riadenou leteckou prevádzkou s vysokou hustotou je závažným problémom pre letúny v úseku vykonávania vzletu a pristátia letúna. Zabezpečenie integrity vzdušného priestoru je kritickým faktorom pre bezpečnosť letectva najmä vzhľadom na to že bezpilotné lietadlá môžu spôsobiť väčšie poškodenie drakov lietadiel a prúdových motorov ako podobne veľké vtáky. Existuje viacero možností zaistenia a ochrany vzdušného priestoru, avšak zavedenie vhodného a spoľahlivého systému do prevádzky je zložitejšie vzhľadom na množstvo faktorov, ktoré môžu ovplyvňovať výber vhodného systému [8].

So zlepšovaním technológií, s nárastom množstva zabezpečovacích zariadení a so spresnením metód detekcie a ochrany vzrastá kvalita mapovania zabezpečeného priestoru a tým môže byť znížený počet incidentov. Problém s reguláciou bezpilotných lietadiel je ich prevádzkovanie vo Very low level (VLL) výške, ktorá je pre vykonávanie letu s UAV špecifická [10].

Táto bakalárska práca bola vypracovaná na základe dostupných informácií z knižných a internetových zdrojov, ale aj na základe ústnej komunikácie s konkrétnymi letiskami a nimi poskytnutými informáciami, dopravným úradom a nimi poskytnutými prezentáciami a podrobnými informáciami tak ako aj s konkrétnymi spoločnosťami poskytujúcimi riešenie na zabezpečenie priestoru pred narušením vzdušného priestoru bezpilotným lietadlom.

Mojím hlavným cieľom bolo vypracovať stručný prehľad o možnostiach detekcie bezpilotných prostriedkov, zároveň poskytnúť pre prevádzkovateľov možnosti a riešenia ochrany objektov a následne vytvoriť návrh zabezpečenia objektu letiska Bratislava voči vniknutiu bezpilotného lietadla do areálu letiska. Návrh zabezpečenia areálu letiska Bratislava vznikol za účelom ochrany letiska a jeho zariadení pred vniknutím bezpilotného lietadla a tým spôsobením škody na zdraví alebo na majetku v dobe, v ktorej sa počet bezpilotných lietadiel neustále zvyšuje a potreba zabezpečenia neutralizácie hrozby je vysoká [8].

Proces neutralizácie UAV pri narušení oblasti operátorom s neoprávneným vstupom do vyhradeného priestoru sa skladá z:

- detekcie,
- identifikácie,
- neutralizácie.

Systémy detekcie využívajú pre svoju činnosť radary, zariadenia na sledovanie vysokofrekvenčného signálu medzi zariadením a pozemnou stanicou, akustické radary, alebo kamery. Každé zariadenie má svoje výhody aj nevýhody [8].

Radar:

Výhody:

- Vhodné zariadenie na presnú detekciu, identifikáciu na dlhé vzdialenosti.
- Možné použitie aj v prípade, že UAV vykonáva Automatický let.
- Možnosť súčasného sledovania veľkého množstva UAS, možná detekcia UAS vykonávajúcich autonómny let, nezávislý od meteorologických podmienok.

Nevýhody:

- Miera detekcie, ktorá je závislá od veľkosti UAV.
- Možný výskyt falošných hlásení pri zámene UAV s vtáctvom.

RF skener:

Výhody:

- Menej nákladný spôsob detekcie.

- Možnosť sledovať polohu UAV a ich operátorov.
- Identifikácia značiek a modelov UAV.
- Pasívna technológia (žiadne interferencie).
- Detekcia a identifikácia viacerých UAV.

Nevýhody:

- Nie je možnosť lokalizácie a identifikácie v prípade chýbajúcej komunikácie medzi UAV a operátorom (automatický let).
- Menšia účinnosť na miestach s vysokou mierou RF signálov.

Kamera:

Výhody:

- Infračervené kamery sú schopné zachytenia UAV aj v noci.
- Menej obmedzení pri zaobstarávaní.
- Poskytuje vizuálne informácie o UAV.
- Možnosť vytvárať videozáznam určený v prípade potreby na neskoršie využitie.

Nevýhody:

- Veľké množstvo falošných hlásení.
- Výkon ovplyvnený meteorologickými podmienkami.
- Ťažkosti pri zisťovaní malých UAV [9].

SPÔSOBY OCHRANY PROTI BEZPILOTNÝM LIETADLÁM

Požiadavky kladené na zariadenia slúžiace na ochranu vzdušného priestoru nad chráneným územím sú vysoké. Nutnosť zabezpečenia veľkého priestoru vyžaduje využitie radarov, senzorov a snímačov špeciálne určených na vykonávanie činností špeciálne určených na danú operáciu. Časť práce je preto zameraná na konkrétne spoločnosti a ich detekčné systémy vykonávajúce prácu pomocou radarov, RF senzorov alebo v prípadnom návrhu implementácie detekčného zariadenia na letisku Bratislava, kombináciou viacerých detekčných zariadení do jedného systému [10] [11] [12] [13] [15].

Tabuľka 3: Prehľad spoločností ponúkajúcich systémy zabezpečenia vzdušného priestoru proti UAV [Zdroj: autor]

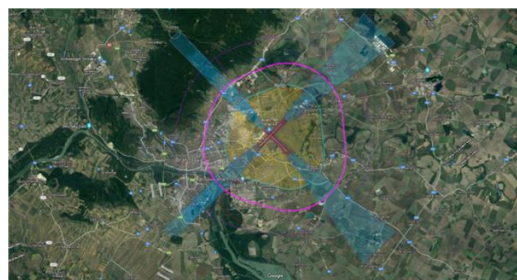
	Výrobca	Zariadenie	Dosah (km)	Pokrytie
Radar	Aveillant	Game-keeper 16 U	5	Horizontálne: 90° Vertikálne: 30°
	Robin Radar	Elvira	1,1	Horizontálne: 360° Vertikálne: 10°
RF senzor	AARONIA AG	IsoLOG 3D	-	Horizontálne: 360°

				Vertikálne : 10°
Kombinácia RF senzora a Radaru kamery	DEDRONE	Kombinácia	1,5	Horizontálne: 360° Vertikálne : 40°
	Skylock	Kombinácia	1	Horizontálne: 360° Vertikálne : 30°

III. NÁVRH RIEŠENIA DETEKČIE A OCHRANY PRE LETISKO LZIB

Pred výberom a následnou implementáciou vhodného detekčného zariadenia do vybranej lokality, firmy či priestoru s vysokým stupňom zabezpečenia je nutné vykonanie analýzy prostredia, v ktorom sa dané detekčné zariadenie bude nachádzať. Pre spoľahlivé vykonávanie práce je nutné dohliadať, či sa v prostredí, v ktorom zariadenie vykonáva svoju funkciu, nenachádzajú fyzické prekážky zabraňujúce priamemu zisku zachytených signálov, zariadenia, ktoré by mohli negatívne rušiť proces detekcie alebo v prípade využitia akustických senzorov, ktoré z dôvodu hluku na letisku nie je vhodné použiť, dbať na mieru hluku okolitého prostredia.

Na základe informácií získaných z internetových zdrojov a zdrojov poskytnutými dopravným úradom bolo možné zistiť a spracovať ochranné pásma letiska a rovnako ochranné pásma zariadení, umiestnených v areáli letiska. Vymedzením ochranných pásiem zariadení v areáli letiska bol vylúčený možný negatívny vplyv spôsobený vzájomným rušením, a rovnako bola vylúčená možnosť tienenia radarového signálu.



Obrázok 2: Ochranné pásma letiska Bratislava [Zdroj: autor]

Na základe získaných podkladov a dôkladne vykonanej analýzy blízkeho okolia letiska Bratislava, v ktorej sú zahrnuté údaje o veľkosti a výške CTR letiska Bratislava, vymedzenie ochranných pásiem určujúcich limitujúce faktory ako sú vzdialenosť, výška a materiál budov a použitých zariadení nachádzajúcich sa v daných ochranných pásmach a výšku priemyselných budov, komínov, nachádzajúcich sa v oblasti pokrytej vodorovnou prekážkovou rovinou.

Návrh ochrany letiska Bratislava pred vniknutím UAV, je navrhnutý tak, aby pokryl najbližšie okolie letiska a pokryl tak aj okolie vzletovej a pristávacej dráhy. Pri výbere vhodného detekčného zariadenia je potrebné dbať na multifunkčnosť celého systému schopného spoľahlivo pracovať a zachytiť blížiacu sa hrozbu v dostatočnom predstihu a za hocijakých poveternostných a klimatických podmienok v čo najväčšej možnej miere. Takéto zabezpečenie vyžaduje spoločnú integráciu viacerých zariadení do jedného systému. Za účelom vytvorenia návrhu ochrany vzdušného priestoru pre letisko Bratislava pred hrozbou bezpilotných lietadiel boli vybrané zariadenia a systémy od dvoch spoločností, Skylock a DEDRONE s praktickou skúsenosťou v oblasti implementácie detekčných zariadení do areálu letísk, ako sú letiská v meste Kodaň a Manchester [14] [18] [19].

IMPLEMENTÁCIA SYSTÉMU DEDRONE

Hlavnou súčasťou systému je RF senzor modelu RF 160 a RF 300, ktorý ho dopĺňa. pri bežných meteorologických podmienkach je úspešnosť detekcie zaručená do vzdialenosti 1,6 km. Systém je možné doplniť o zariadenia ako sú radary a kamery schopné zvýšiť spoľahlivosť celého systému. Umiestnenie trojice senzorov je navrhnuté tak, aby nijako neprekážalo prevádzke alebo nezasahovalo do ochranných pásiem vzletovej a pristávacej dráhy a ochranných pásiem ostatných navigačných zariadení [13].

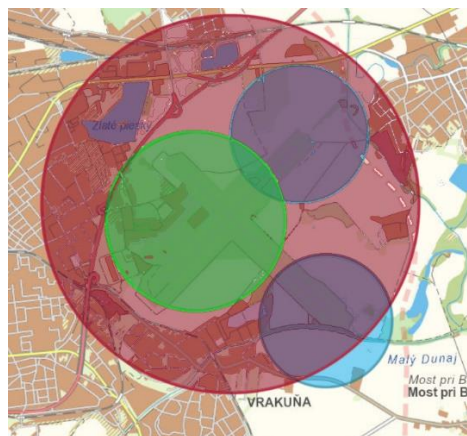


Obrázok 3: Pokrytie blízkej oblasti letiska detekčnými zariadeniami spoločnosti DEDRONE [Zdroj: autor]

- Oranžová oblasť: Oblasť pokrývajúca RF senzor
- Zelená oblasť: Oblasť pokrytá radarom
- Červená oblasť: Oblasť pokrytá kamerovým systémom

IMPLEMENTÁCIA SYSTÉMU SKYLOCK

Rovnako ako v prípade implementácie detekčného systému DEDRONE, systém od spoločnosti Skylock využíva pre účely zabezpečenia vzdušného priestoru kombináciu viacerých, navzájom komunikujúcich zariadení. Hlavný systém ponúkaný spoločnosťou Skylock spĺňajúci podmienky integrácie viacerých zariadení v sebe integruje radar, termálnu a HD kameru, štvoricu RF senzorov a štvoricu rušičiek [15].



Obrázok 4: Pokrytie oblasti letiska detekčnými zariadeniami spoločnosti Skylock [Zdroj: autor]

- Modrá oblasť: Oblasť pokrytá systémom integrovaných zariadení Skylock
- Zelená oblasť: Oblasť pokrytá aktívnym radarom s dosahom 1,5 km
- Červená oblasť: Oblasť pokrytá RF senzorom s dosahom 3 km

Všetky návrhy ochrany letiska Bratislava pred UAV sú schopné poskytnúť základný stupeň ochrany letiska samotného ako je VPD, stojisko, terminál, ale aj najbližšie okolie letiska so schopnosťou včas identifikovať hrozbu a s možnosťou vykonania včasného protipatrenia na zaistenie bezpečnosti a pravidelnosti prevádzky na letisku. Obidva systémy je možné v prípade potreby naďalej rozširovať o nové zariadenia kompatibilné už s vopred nainštalovanými zariadeniami.

IV. ZÁVER

V mojej práci som sa zameriaval na možnosti zvýšenia bezpečnosti a ochrany objektov a zariadení z dôvodu neustále sa zvyšujúcej hrozby narušenia vzdušného priestoru bezpilotným lietadlom. Cieľom bolo preto vytvoriť dostatočný základ poskytovaných možností na trhu pre prevádzkovateľov uvažujúcich nad zabezpečením vzdušného priestoru a následná implementácia najvhodnejších zariadení.

V prvých kapitolách práce je cieľom práce oboznámiť čitateľa s vymedzenými pojmami, právnou úpravou, využitím bezpilotných lietadiel, ale aj s incidentmi, ktoré sa stali spúšťačom riešenia otázky zabezpečenia a ochrany objektov pred bezpilotnými lietadlami. Zo získaných údajov bolo zistené, že počet incidentov vzrastá rovnako, ako vzrastá aj počet UAV vo vzdušnom priestore. Tieto informácie boli získané zo všeobecných prehľadov vývoja v Európe, ale aj z podkladov hovoriacich o počte incidentov za posledné tri roky na letisku Praha a letisku Bratislava. Trend nárastu incidentov so zvyšujúcim sa počtom bezpilotných lietadiel potvrdzuje aj Letisko Václava Havla v Prahe, kedy sa zvýšil počet hlásení blízkosti UAV z dvoch v roku 2017 na šesť v roku 2019. Ako príklad, že aj vniknutie malého UAV do ochranného pásma letiska dokáže ovplyvniť prevádzku a spôsobiť finančné straty zapríčinené pozastavením plynulého chodu prevádzky na letisku je incident z roku 2018 na letisku Gatwick.

Zámerom nadchádzajúcich kapitol preto bolo vytvorenie zosumarizovaného prehľadu systémov a zariadení poskytovaných rôznymi spoločnosťami, ktoré sa líšia spôsobom vykonávania detekcie, počtom zariadení, rozlohou pokrytia, počtom funkcií a princípom fungovania. Tieto informácie boli zistené komparáciou ich spoločných a rozdielnych parametrov. Jednou zo skúmaných možností bolo vytvorenie pomyselné ochranné zóny metódou „geofencingu“ poskytujúcou pasívny spôsob ochrany, ktorý nezaručuje schopnosť detekcie, určenie vzdialenosti, identifikáciu bezpilotného lietadla, prípadne jeho bezpečné pristátie, preto výsledkom riešenia problému zabezpečenia priestoru sa stali systémy s komplexnejším využitím. Predmetom skúmania boli zariadenia pracujúce samostatne, vykazujúce dobré vlastnosti vo vykonávaní činností pre ne určených, ako radary, RF senzory a kamery. Spôsob monitorovania a schopnosť detekcie bola spracovaná pre každú možnosť a následne aj pre konkrétne zariadenia ponúkané na trhu. Z dôvodu multifunkčnosti a schopnosti overenia zistenej hrozby a možnosti vzájomnej kooperácie, bolo za najvhodnejšie riešenie výber systému pozostávajúceho z viacerých zariadení zaručujúceho ich vzájomnú spoluprácu.

Záverom práce je implementovanie vybraného systému na letisko Bratislava. Pri implementácii zariadení, ktorej predchádzala analýza priestoru a vymedzenie ochranných pásiem letiska a navigačných zariadení, boli vybrané dva systémy pozostávajúce z viacerých zariadení obsahujúcich Radary zabezpečujúce zachytenie v prípade, ak UAV vykonáva automatický let, RF senzory poskytujúce možnosť identifikácie a lokalizovanie operátora po zachytení vysielačného signálu a kamier poskytujúcich vizuálny záznam o vniknutí spolu s možnosťou rozlišovania od vtáctva v prípade termokamier. Vhodné spoločnosti, ktoré poskytujú takýto komplexný systém ochrany, sú spoločnosti ako DEDRONE a Skylock. Spoločnosti boli vybraté na základe komplexnosti poskytovaných informácií a skúseností s implementáciou detekčných zariadení na letiskách. Obidva systémy sa svojou cenou za ponúkaný set podobajú. Cena zahŕňa okrem samotného systému aj náklady na implementáciu a zavedenie do prevádzky. Výhodou je, že obidva systémy je možné neustále rozširovať o nové zariadenia, a tak zabezpečovať čoraz väčšiu mieru bezpečnosti a prevádzkyschopnosti letiska.

Pod'akovanie

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] UAS ATM Airspace Assessment Discussion Document. In: *Eurocontrol* [online]. 27.11.2018. [30-11-2019] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/uas-atm-airspace-assessment-v1.2-release-20181127.pdf>.
- [2] Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky. *Rozdelenie vzdušného priestoru*. [online]. Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky, [cit. 25.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www.lps.sk/sk/sluzby/letove-prevadzkoive-sluzby>
- [3] Drone defence for your airspace. In *Drone detection system*. [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné na internete: <https://drone-detection-system.com/>.
- [4] Robin radar systems. In *HGH*. [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné na internete: <https://www.robinradar.com/elvira-radar-combined-with-acoustic-detection-and-swissdrone-jamming-system>.
- [5] LOMAS, N. 2019. Drone sighting at Germany's busiest airport grounds flights for about an hour. In *Techcrunch*. [online]. 2019, [cit. 2020-3-1]. Dostupné na internete: <https://techcrunch.com/2019/05/09/drone-sighting-at-germanys-busiest-airport-grounds-flights-for-about-an-hour/>.
- [6] Letecký a námorný vyšetrovací útvar. 2020. *UAV žiadosť z ECR*. 2020-02-28. Osobná komunikácia.
- [7] KRŽÍZEK, J. 2020. *2020 UAV LKPR*. 2020-02-28. Osobná komunikácia.
- [8] SNEAD, J. 2018. *Establishing a Legal Framework for Counter-Drone Technologies*. [online]. Washington: The Heritage Foundation, 2018. [cit. 2020-01-15]. Dostupné na internete: https://www.heritage.org/sites/default/files/2018-04/BG3305_1.pdf.
- [9] *Elektrosmog Info: Radary* [online]. [cit. 23.01.2020]. Dostupné na internete: <http://elektrosmog.voxo.eu/radary>.
- [10] ELVIRA. In *robin radar systems*: [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné na internete: <https://www.robinradar.com/elvira-anti-drone-system>.
- [11] *Radar Redefined: Moving Radar technology into the information age by powering a full digital picture of the sky* [online]. [cit. 20.02.2020]. Dostupné na internete: <http://www.aveillant.com/>.
- [12] Ultra-wideband direction finding antenna for real-time spectrum monitoring. *ISOLOG 3D DF*. [online]. 8 s [cit. 14.03.2020]. Dostupné na internete: https://downloads.aaronia.com/datasheets/antennas/IsoLOG/Aaronia_IsoLOG_3D_Antenna_Array.pdf.
- [13] *DEDRONE: Counter – Drone Technology Platform* [online]. [cit. 21.02.2020]. Dostupné na internete: <https://www.dedrone.com/>.
- [14] LEBOVITS, A. 2019. *Advanced Anti – Drone System*. 2019. 38 s. Nepublikované dokumenty.
- [15] KACHAN, O. 2019. *Company and Product Presentation*. 2019. 38 s. Nepublikované dokumenty.
- [16] NOVÁK, Andrej. 2015. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v leteckej*. Bratislava: DOLIS s.r.o., 2015. 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [17] ŠKULTÉTY, F., POLJAK, J., *Integration of UTM within the current airspace architecture. Is it even possible ?* In: *Aero – Journal* [print, electronic]: International Scientific Journal of Air Transport Industry. – ISSN 1338-8215. – Roč.13, č.2 (2019), s. 7 – 12.
- [18] KAZDA, A., 2012. *Airport design and security issues*. In *Ochrana civilní letecké dopravy* [print]: 1. medzinárodná vedecká konferencia. ISBN 978-80-86841-40-3. - S. 73-77.
- [19] KAZDA, A., 1995. *Letiská*. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov. 377 s. 1. vyd.
- [20] 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. *Transportation Research Procedia* 40, pages 861-868.

- [21] PECHO, P., MAGDOLENOVÁ, P. & BUGAJ, M. 2019. Unmanned aerial vehicle technology in the process of early fire localization of buildings. *Transportation Research Procedia* 40, pages 461-468
- [22] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M. & KANDERA, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. *Transportation Research Procedia* 35, pages 220-229
- [23] NOVÁK, A. *Communication and navigation*. - [1. vyd.]. - V Žiline : Žilinská univerzita - Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2008. - 135 s. - ISBN 978-80-8070-983-9.
- [24] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2010. - 125 s., [AH 6,82; VH 7,24]. - ISBN 978-80-554-0300-7.

Bc. Erik Bujna –narodený v Leviciach absolvoval v roku 2017 Gymnázium sv Vincenta de Paul v Leviciach, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.