



Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Intézményi Tudományos Diákköri Konferencia

Drónelhárító légtérvédelmi rendszerek

Készítette: Ujvári Bence htj.

Intézmény: Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Kar: Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

Szakirány: Állami légi jármű-vezető

Konzulens neve, beosztása: Dr. Dudás Zoltán,
egyetemi adjunktus

Neptun kód: TWX454

2020.



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-19-1-I-NKE-
121 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK SZAKMAI
TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

Tartalomjegyzék

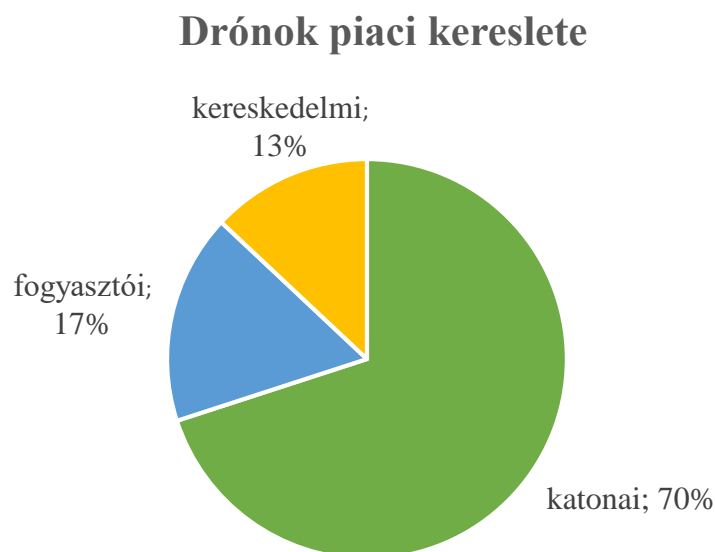
1. Bevezető	4
2. Alapfogalmak	7
3. Történelmi áttekintés	8
4. A jogellenes drónhasználat és elhárítása	12
4.1. A drónhasználat árnyoldalai.....	12
4.1.1. London Gatwick	13
4.1.2. Szaúd-Arábia: Abqaiq, Khurais.....	14
4.2. Drónokkal végzett kísérletek	15
4.2.1. Drónészlelési kísérlet.....	15
4.2.2. Ütköztetési kísérlet	20
4.3. Counter-UAS rendszerek	21
4.3.1 Rafael Drone Dome	23
4.3.2. DJI AeroScope.....	27
4.3.3. ELTA Drone Guard	31
4.4. Szoftveres biztonsági rendszerek	33
4.4.1. DJI GEO	34
4.4.2. DJI AirSense.....	37
4.4.3. HungaroControl Mydronespace	37
5. Konceptióm a témával kapcsolatban	38
5.1. Egy globális adatbázis és egy hatóság létrehozása, a rendszerek további integrálása... 38	
5.2. Hazai létesítmények védelme	39
5.3. Jövőbe mutató nano drón használat	40
6. Összegzés	43
7. Irodalomjegyzék.....	44

1. BEVEZETŐ

Napjainkban egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek mind a lakossági, mind az ipari felhasználásra szánt drónok. Használhatók különféle humanitárius-, illetve mezőgazdasági tevékenységek támogatására, ipari létesítmények, nagy kiterjedésű vezetékhalozatok biztonsági ellenőrzésére, környezeti és természeti megfigyelésekre, légi felvételek készítésére, védelmi megfigyelésekre, de Dubaiban már a személyszállítás is tervben van, az úgynevezett „drón taxit” 2030-ra akarják szolgálatba állítani.[1]

A Goldman Sachs amerikai pénzügyi intézet óriási gazdasági lehetőséget jósol a pilóta nélküli légi járműveknek [2]:

\$100 milliárdos gazdasági potenciált becsül a 2016 és 2020 közötti időszakra összesen, melynek 70%-át a katonai, 17%-át a fogyasztói és 13%-át a kereskedelmi területek teszik ki. A kereskedelmi szférában az építkezések \$11 164 milliós és a mezőgazdaság \$5 922 milliós drónokra fordított kiadásával számolnak.



1. ábra: Drónok piaci kereslete¹

A drónok számát azonban nehezen lehet megbecsülni, mivel nincs egy globális megállapodás a drónok regisztrációjára vonatkozóan. Az Amerikai Egyesült Államokban a Szövetségi Légügyi Hatóság (FAA) bevezetett 2015-

¹ Szerkesztette a szerző

ben egy regisztrációs rendszert, miszerint a 250 grammnál nehezebb, de 25 kilogrammnál könnyebb (hasznos terhet beleértve) pilóta nélküli légi járműveket számontartja.[3] Ezek a feltételek azonban nem vonatkoznak minden drónra. A Gartner piackutató és tanácsadó cég adatai szerint 2016-ban 2.2 millió eladott drón volt világszerte. A Consumer Technology Association cég csak az Amerikai Egyesült Államokban eladott drónok számát 2.4 millióként jegyezte be. Az ellentmondásos eredmények Gerald Van Hoy, a Gartner munkatársa szerint a drón fogalom különböző értelmezéséből adódnak. A Gartner csak azokat tartja drónnak, melyek rendelkeznek internet kapcsolattal. A CTA egy tágabb értelmezést használ, miszerint az is drónnak minősül, mely 250 grammnál kisebb súlyú, és semmilyen adatfeldolgozó képességgel nem kell rendelkeznie.[4] Bár a számadatok és a fogalom meghatározások nem azonosak, abban az elemző cégek mind egyetértenek, hogy a drónok számában és a rájuk fordított költségekben további folyamatos növekedés várható.

A drónok ilyen nagy száma már potenciális biztonsági kockázatot jelent olyan kritikus infrastruktúráknak, mint a repülőterek, atomerőművek, börtönök, tiltott katonai területek, különböző kormányzati létesítmények, továbbá elterjedésük magában hordoz különböző veszélyforrásokat, magánéleti és nemzetbiztonsági szinten egyaránt. Az eszközök különböző méretben érkehetnek, képesek magasan, alacsonyan, gyorsan és lassan is repülni. Hordozhatnak veszélyes és mérgező eszközöket, mint pl. megfigyelő kamerákat, fegyvereket, robbanószerkeket, mérgező vegyianyagokat vagy még pusztítóbb fegyvert. Az ellenséges drón operátora célba vehet tömegeket, kiemelt fontosságú egyéneket vagy egy állam működésében kulcsfontosságú infrastrukturális elemeket. Katonai területen fenyegetést jelenthet a katonákra, a haditechnikákra, a létesítményekre és a minősített anyagokra is.

2013 szeptember 15-én Angela Merkel német kancellár kampánysorozatának drezdai állomásán az esemény alatt egy UAV átrepült a tömeg felett, és a kancellár lábai előtt a földre csapódott.[5] 2015 januárjában egy drón véletlenszerűen berepült és lezuhant a Fehér Ház területére, mindezt úgy, hogy a Fehér Ház radarja semmit nem jelzett a történetből, mivel sokkal nagyobb fenyegetések – repülőgépek, rakéták – észlelésére volt beállítva.[6]

2015 áprilisában egy – a Sendai atomerőmű újraindítását ellenző – tüntető a japán miniszterelnök irodájának tetejére röptetett egy drónt, amit felszerelt egy kamerával és egy Cesium-mal – radioaktív anyag, ami az atomerőművek egyik mellékterméke – teli műanyag palackkal.[7]

Magyarországon is jelentkezett már ez a veszélyforrás a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren. A HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. 2019-es bejelentése szerint: *„Egy év alatt megnégyszereződött a szabálysértő drónreptetésekkel kapcsolatos bejelentések száma. [...] 2018-ban tizenhárom drónészlelésről szóló jelentés érkezett a repülőgépek személyzetétől a HungaroControlhoz, míg 2017-ben összesen három ilyen jelzés volt, 2016-ban pedig egy sem. Az egyik legkirívóbb eset tavaly novemberben történt, amikor egy érkező járat pilótája azt jelezte a HungaroControl irányítónak, hogy egy drón mindössze hatvan méterrel volt a repülőgép alatt.”*[8]

Kijelenthető, hogy napjainkban nem csak a drónokra, hanem a szabálysértő, esetenként ellenséges használatuk ellen működő technikára is növekvő igény van. A Research and Markets piackutató cég előrejelzése szerint a Counter-UAS rendszerek piaca 2020-ban \$1.8 milliárdra tehető, és 2028-ig tovább növekszik \$5.47 milliárdig.[9]

2. ALAPFOGALMAK

Ahogy az a piackutató cégeknél is látható volt, pontos fogalmi meghatározások nélkül komoly félreértések lehetnek, és ezekre alapozva nyilatkozni vagy döntést hozni felelőtlenség. Ebben a részben a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos alapvető fogalmakat fogom tisztázni.

„UAV

Az UAV – (Unmanned Air Vehicle) azt a légi járművet jelöli, aminek fedélzetén nincs irányító ember. Gyakran használják rá a DRONE/DRÓN – „hereméh” megnevezést is.

UAS

Unmanned Aircraft System – a pilóta nélküli légi járművön kívül már a működését biztosító környezetet – a földi irányító állomást, a kommunikációs csatornákat, a műszaki felkészítő és karbantartó rendszert, az indító és a visszaérkezést biztosító és magát a rendszert vezérlő, irányító, kiszolgáló embert is magába foglalja.

UCAV/UCAS

Unmanned Combat Air Vehicle és Unmanned Combat Air System – a felfegyverzett, fegyveres alkalmazásra képes, pilóta nélküli harci repülőgép, illetve rendszer rövidítése.

RPV

Remotely Piloted Vehicle esetenként RPA – Remotely Piloted Aircraft – a pilóta által távirányított légi jármű, vagy repülőgép megnevezésére szolgáló rövidítés.

RPAS

Remotely Piloted Aircraft System – a távirányított repülőgép rendszer elnevezést az európai civil alkalmazásokat szorgalmazó szervezetek használják előszeretettel, jelezve a különbözőségét a katonai UAS-tól.”[10,11-12.p]

C-UAS

Counter-Unmanned Aircraft System – olyan rendszerek megnevezése, melyek a pilóta nélküli légi járművek detektálására és feltartóztatására lettek

kifejlesztve. Dolgozatomban ezen rendszerekre térek ki részletesen, néhány példán keresztül bemutatva a jelenleg kifejlesztett- és fejlesztés alatt álló rendszerek képességeit, együttes használatukban rejlő további potenciált.

3. TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

Ebben a fejezetben néhány kiragadott példán keresztül mutatom be röviden a pilóta nélküli légi járművek fejlődését.

„A pilóta nélküli légi járművek háborús alkalmazásáról szóló legkorábbi, írásos feljegyzés az osztrák seregek 1849. augusztus 22-ei Velence ellen végrehajtott támadásáról szól.”[10,25.p.] Mivel a függetlenségért harcoló Velencei Köztársaság elérhetetlen volt a szárazföldről támadó osztrák tüzérség számára, Franz von Uchatius tüzér tiszt reform ötlete alapján robbanó anyagokkal felszerelt személyzet nélküli ballonokkal bombázták a várost.



1. kép: Korabeli rajz Velence bombázásáról²

A 12.5 kg-os bombákkal megrakott ballonok mikor elérték a megfelelő pozíciójukat kioldották a bombaterhet, azonban ez még nagyon kezdetleges próbálkozás volt, a legtöbb ballon el sem ért a kijelölt helyére, mivel a megforduló szél viaszodorta őket.

² Monash University: http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/images/balloonbombs1880_500.jpg letöltés ideje: 2020. 01. 08.

Az osztrák tüzérség kezdetleges próbálkozása után még sok időnek és sok kísérletezésnek kellett eltelnie, mire a drónok mai formája kialakult. Voltak sikeres, és voltak kevésbé sikeres találmányok is.

Az 1917-ben bemutatott Hewitt-Sperry automata repülőgépen alkalmaztak először robotpilótát, melyet Elmer Sperry fejlesztett ki. „Giroszkópot használtak a jármű stabilizálására, aneroid barométert a magasságtartására, szervomotorok segítségével működtették a kormányokat és a csűrőlapokat.”[10,26.p.]

Az 1935 és 1947 között alkalmazott Queen Bee brit fejlesztésű pilóta nélküli célrepülőgép volt az első olyan eszköz, amely feladata befejeztével nem megsemmisült, hanem képes volt visszatérni a kiindulási helyére, ha nem találták el. Azon túl, hogy technológiájával hatalmas áttörést jelentett, erre az eszközre használták először a drón kifejezést is.[10]

A második világháború alatt a németek és az amerikaiak is kísérleteztek robotrepülőgépek alkalmazásával. A németek a V-1 néven elhíresült (Fieseler Fi-103), Argus As-014 pulzáló rakétahajtóművel meghajtott, 850 kg amatollal felszerelt, hagyományos robotpilóta vezérlésű robbanófejet megtorlásként alkalmazták, és London, Antwerpen, illetve Liège ellen vetették be őket. Az Egyesült Államok Haditengerészete által kifejlesztett Interstate TDR-1 nevű támadó drónokat a Csendes-óceáni hadszíntéren alkalmazták. Az egy torpedó, vagy akár 900 kg bombateher hordozására alkalmas eszközök 46 sikeres támadásban vettek részt.[10]

A drónfejlesztések a szuperhatalmak hidegháborús fegyverkezési versenyében is szerepet játszottak. Az amerikai AQM-35 szuperszonikus célrepülőgépet a Nothrop Radioplane részlege fejlesztette, melyet XQ-4 néven neveztek az elején és elérte az 1.55 Mach sebességet is. A nagyobb teljesítményű XQ-4B modellt elődjéhez hasonlóan a légvédelmi rakéta alakulatok gyakoroltatására fejlesztették ki, azonban a korabeli légvédelmi eszközök nem voltak képesek követni a nagy sebességű repülőgépet. A szovjet drónprogram keretében a Lavocskin tervezőiroda fejlesztette ki a sugárhajtóműves La-17 pilóta nélküli repülőgépet. „Az első darabok még rádió-távírányítással működtek, a későbbieket azonban már robotpilótával is ellátták.”[10,35.p.]

Az izraeli Elbit cég Hermes szériás UAV-jai már kétségtelenül a modern kor pilóta nélküli légi járműit képviselik. A Hermes-450 drónt hosszú ideig tartó felderítésre tervezték, képes akár 20 órát a levegőben tölteni és 200 km-es hatótávolsággal rendelkezik. A Hermes-450 egy népszerű, elterjedt drón melyet sok ország üzemeltet – többek között az USA és az Egyesült Királyság is –, bevethetőségét a gázai övezetben végrehajtott hadműveletekben, a libanoni háborúban és a 2009-es Szudán ellen indított légicsapásokban is bizonyította. A Hermes-450 továbbfejlesztett változata, a Hermes-900 már akár 36 órát is képes a levegőben tölteni, „EO/IR érzékelőkkel, lézeres célmegjelölővel és szintetikus apertúrájú radarral (SAR) is rendelkezik.”[10,43.p.]

Napjaink legnépszerűbb és leghatékonyabb UAV-jai a General Atomics RQ-1 Predator, az MQ-9 Reaper és a Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk. Az RQ-1 Predator egy eredetileg felderítésre tervezett drón, azonban két AGM-114 Hellfire rakétát is képes hordozni (MQ-1 típus), ezáltal alkalmassá válik levegő-föld műveletek végrehajtására is. Az MQ-9 Reaper a Predator továbbfejlesztett változata, melyet már kifejezetten csapásmérésre terveztek. „Erre a célra többféle függesztmény változattal láthatják el, melyek lehetnek Hellfire levegő-föld rakéták, GBU-12 lézer-, vagy akár GBU-38 típusú műholdas irányítású bombák is.”[10,50.p.] Az RQ-4 Global Hawk a maga 12 300 tengeri mérföldes hatótávolságával, 60 000 lábig terjedő repülési magasságával és akár 30 óránál hosszabb őrjáratozási időtartamával egyértelműen a katonai felderítés csúcsát jelenti. A SAR radarral és EO/IR kamerarendszerrel minden időjárási körülmény között, nappal és éjjel is képes felderítést végezni.[11]



2. kép: RQ-4 Global Hawk³

Egy jövőbe mutató technológiai fejlesztés a FLIR Systems Inc. PD-100 Black Hornet nano drónja. A Black Hornet a maga 168 mm hosszával és 33 grammjával a világ legkisebb ISR platformja. A nano drón elsődleges feladata a katonák helyzetfelismerő képességének növelése komplex és városi környezetben. A kompakt EO/IR technológiával felszerelt eszköz valós idejű videót és HD minőségű képeket képes szolgáltatni a fedezékben lévő katonáknak. A Black Hornet a légi és földi telepítésű szenzorok közötti szakadékot képes áthidalni a katonák által azonnal alkalmazható eszköz formájában.[12]



3. kép: PD-100 Black Hornet⁴

³ defence24.com, https://www.defence24.com/cache/img/550_800_crop_p0fy7y_f4a85b18ad7d3c3cfb8586265f41de9feb9ef1e8.jpg , letöltés ideje: 2020. 05. 07.

⁴ hitecher.com, <https://hitecher.com/storage/img/20190423/18b4e305551faea1f4cc.jpg> , letöltés ideje: 2020. 01. 19.

4. A JOGELLENES DRÓNHASZNÁLAT ÉS ELHÁRÍTÁSA

Ebben a fejezetben bemutatom néhány példán keresztül azokat a megtörtént eseményeket, melyek átformálták a drónok biztonsági kockázatáról szóló véleményeket, továbbá bemutatok olyan szoftvereket és eszközöket, melyek használatával biztosítani lehet emberek, objektumok, kritikus infrastruktúrák, de akár rendezvények védelmét is.

4.1. A drónhasználat árnyoldalai

A drónok széleskörű elérhetősége magában hordozza a jogtalan használat veszélyét is. A rájuk szerelt kamera illetéktelen használat során személyiségi jogokat sérthet. A piacon kapható legnépszerűbb drónok nagy felbontású kamerával vannak ellátva, melyekkel egyszerűen lehet jó minőségű, részletes képeket és videókat készíteni emberek adatait tartalmazó dokumentumokról, PIN kódokról, számlaszámokról. Katonai területen felvételt készíthetnek minősített dokumentumokról, a haditechnika mennyiségéről és jellegéről, csapatmozgásokról, rejtett figyelők helyzetéről, továbbá a járőrözési útvonalokról és gyakoriságukról.

A lehetőség, hogy kisebb átalakításokkal szinte bármilyen hasznos teher hordozására alkalmasak lehetnek az emberek életét és a kritikus infrastruktúrák épségét veszélyeztető tényező. Alkalmasak robbanóanyagok hordozására, ezáltal katonai objektumokban tehetnek kárt, a harckocsik felső, vékonyabb páncélzatán keresztül a kezelőszemélyzetet támadhatják, konvojokat állíthatnak meg és védelmi rendszereket semmisíthetnek meg.

Továbbá még arra sincsszükség, hogy bármilyen fegyvert hordozzanak, ha jogtalanul repülnek a meghatározott repülési magasságuk fölé egy repülőter körzetében veszélyt jelentenek a repülőgépekre és a rajtuk tartózkodó emberek életére. A repülőgépekben a drónnal való ütközés még a madárütközéseknél is súlyosabb károkat képes okozni. A hajtóművek teljes leállítását okozhatja, kabinba való becsapódás során a pilóták testi épségét veszélyeztetheti, kényszerleszálláshoz, vagy akár tömegkatasztrófához vezethet.

Katonai szállítógéppel való ütközés során a missziós területre szállítandó katonák életét, a haditechnikai eszközök és utánpótlások épségét veszélyeztetheti, ezáltal a misszió sikerére is kockázatot jelenthet. Egy

haditechnikai eszközöket szállító repülőgépet érő ilyen jellegű támadás lakott területek fölött a robbanóanyagok és a fegyverek miatt a civil lakosság életére is veszélyt jelenthet. Továbbá mivel a katonai légijárműveket állami és katonai vezetők szállítására is alkalmazzák, egy drón támadás során az állam működésében kiemelt fontosságú személyek életüket veszthetik.

4.1.1. London Gatwick

2018. december 19. és 21. között drónészlelés miatt felfüggesztették a hatóságok a londoni Gatwick repülőtér forgalmát. Helyi idő szerint először 19-én, szerda este 9 óra után zárták le a Londontól délre lévő repülőteret, miután a futópálya felett, illetve annak közvetlen közelében két drónt észleltek. A repülőtér lezárását követően a sussexi rendőri erők megkezdték a nyomozást, azonban a tetteseket nem találták meg. Két gyanúsítottat őrizetbe vettek, akiket végül december 23-án szabadon engedtek bizonyíték hiányában.

Nemsokkal a repülőtér megnyitása után, december 20-án, csütörtök 03:45-kor ismét drónok repültek be, és mivel egész nap, összesen megközelítőleg 40 drónészlelés történt, egészen december 21, péntek hajnalig zárva volt a repülőtér. A sussexi rendőrség a brit hadsereg segítségét kérte a tettesek speciális eszközökkel történő felkutatásában. Az eszköz valószínűsíthetően egy „ipari felhasználásra” gyártott drón volt, és a működtetője a repülőtér 8 km sugarú körzetében tartózkodott.

Végül december 21. 04:00-kor korlátozott kapacitással, majd 18:23-kor teljesen megnyitották a repülőteret.

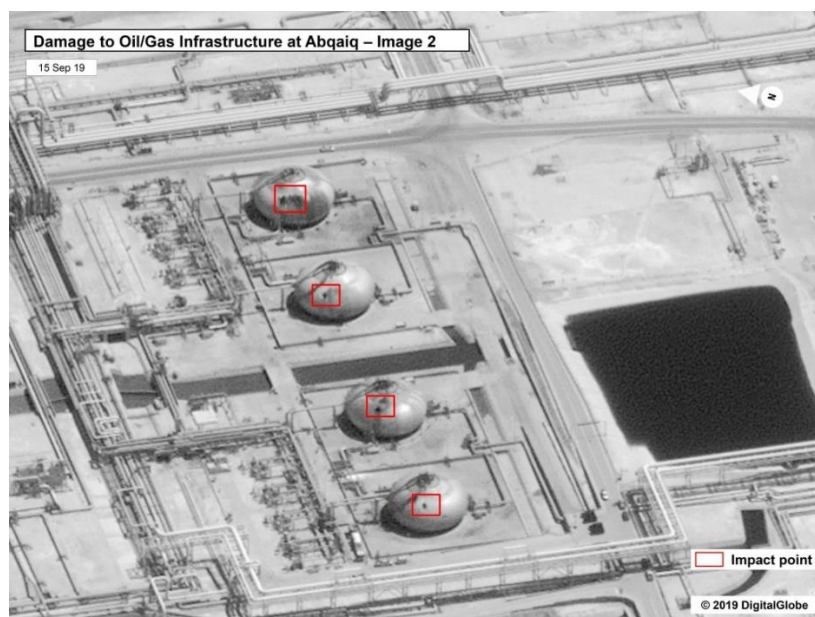
Az eset megközelítőleg 1 000 járat törlését/átirányítását eredményezte, 140 000 utast érintett, nagy veszteségeket okozott a légitársaságoknak, a repülőtérnek, valamint az utasoknak. Továbbá egy Airbus A320 típusú repülőgépnek 186 utassal a fedélzetén vészhelyzeti kitérő manővert kellett végrehajtania, amikor az egyik drón 25-30 méterre megközelítette a gépet. Mivel a brit polgári légiközlekedési hatóság vis-maior-ként kezelte az esetet az utasok nem kérhettek kártérítést.[13][14]

4.1.2. Szaúd-Arábia: Abqaiq, Khurais

2019. szeptember 14-én, 03:31-kor és 03:42-kor dróntámadás érte a Saudi Aramco olajvállalat tulajdonában lévő Khurais olajmezőt és az Abqaiq feldolgozó üzemet. Eddig is történtek támadások szaúdi olajvezetékek, berendezések, tárolók ellen, azonban az elemzők ezt az esetet kiemelt jelentőséggel bírónak értékelték: a királyság olaj iparának „ékkövé” támadták meg.

A támadásért az Irán által támogatott Houthi felkelő hadsereg vállalt felelősséget, akik az elmúlt 4 évben a Yemenben állomásozó szaúdi katonai koalícióval többször összecsaptak. A Houthik nemrégiben tettek szert egy fejlettebb drón technológiára, mely lehetőséget ad nekik akár 1500 km távolságban lévő célpontok támadására is. Ezt kihasználva, az incidenst megelőző hónapban több dróntámadás is érte Szaúd-Arábia, Abu Dhabi és Dubai civil repülőtereit.

A szaúdi olajtermelést megközelítőleg napi 5 millió hordóval csökkentették – ami a királyság kb. 9.7 millió hordós termelésének a felét, és a világpiaci termelés 5%-át jelenti. A kőolaj árfolyama évtizedek óta nem látott mértékben emelkedett: a Brent árfolyama közel 20 százalékkal került feljebb, egy hordó ára \$60-ról \$72-ra nőtt.



4. kép: A Saudi Aramco-t ért támadás következménye⁵

⁵ [15] forrás, letöltés ideje: 2020. 03. 05.

Nagy jelentőséggel bír az eset, mivel eddig úgy gondolták, az ilyen kiemelt fontosságú infrastrukturális létesítménynek biztosítva van a védelme. A támadás rámutatott, hogy a világ energiaellátó létesítményei sebezhetőbbek, mint hitték, és legitim célpontnak tekinthetők.[15]

4.2. Drónokkal végzett kísérletek

A fentiekben bemutattam milyen veszélyt jelent, és milyen károkat tud okozni a drónok jogtalan használata a kritikus infrastruktúrákban, azonban nem csak ebben a szektorban jelentenek kockázatot a drónok. Nincs szükség arra, hogy kifejezetten jogsértő, rossz indulatú magatartást tanúsítson egy drónpilóta, elég, ha nem tájékozódik a környező repülőterekről, a légterekről, illetve a környező légiforgalomról.

A következőkben egyedülálló kísérleti eredményekkel szemléltetem a drónok jelentette repülésbiztonsági kockázatot. A kísérleteket a Légtér.hu Kft munkatársai végezték, megkeresésemre továbbították nekem a részleteket és az eredményeket. Az ismertetésre kerülő adatok, eredmények, habár publikálásra nem kerültek, a Légtér.hu Kft tulajdonát képezik, és szerzői jog védi azokat.

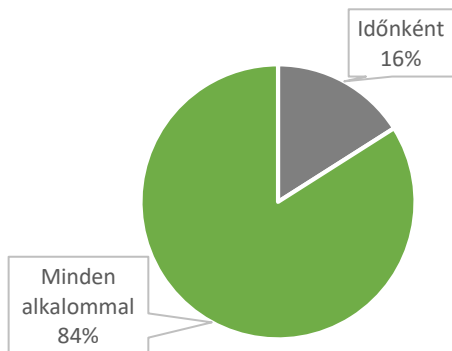
4.2.1. Drónészlelési kísérlet

A jelenlegi jogszabályok szerint eseti légteret kell igényelni a légiközlekedés biztonságának fenntartása érdekében több esetben is; ide tartoznak többek között az ejtőernyős bemutatók és versenyek, repülősportrendezvények, a külön légtér-igénybevétellel járó katonai vagy rendészeti műveletek, illetve a pilóta nélküli légijárművel végrehajtott repülések.⁶

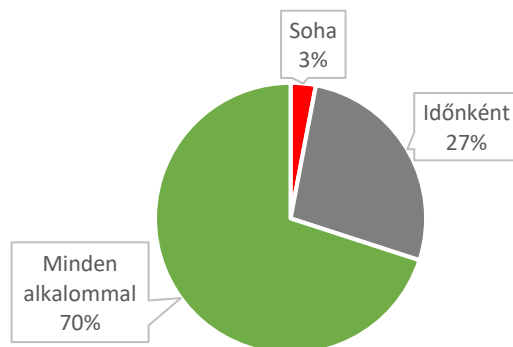
A kutatás kezdeti fázisában a Légtér.hu Kft munkatársai pilótáktól gyűjtöttek adatokat kérdőív formájában. A kérdések arra irányultak, elkerülik-e azokat az eseti légtereket, melyeket pilóta nélküli légijárművek részére jelöltek ki, illetve elkerülik-e azokat, melyek nem UAV-ok részére lettek kijelölve.

⁶ A 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről rendelkezik jelenleg erről, azonban ez a jövőben a 2019/945 Delegated Regulation, 2019/947 Implementing Regulation EU-s jogszabálysomag szerint fog változni.

Nem UAV eseti légterek elkerülése



UAV eseti légterek elkerülése



2-3. ábra: Különböző eseti légterek elkerülése

A diagramokból jól látszik, hogy a pilóták körében is vannak mulasztások az eseti légterek figyelembevételkor, azonban a leginkább szembetűnő, hogy azokat az eseti légtereket, melyek nem drónhasználathoz kapcsolódnak sokkal komolyabban számításba veszik. Ez részben adódhat a könnyelműségből, azonban abból is, hogy ha egy adott területen több helyen is eseti légtereket jelölnek ki – akár több tucatot a drónhasználat számától függően –, az már nem feltétlenül szolgálja a repülés biztonságát, akár kontraproduktív is lehet. Ennek a problémának a megoldását célozza a 2019 július 1-én hatályba lépett EU-s drónokat érintő jogszabálycsomag (2019/945 Delegated Regulation, 2019/947 Implementing Regulation), melyet Magyarországnak 2020 július 1-ig kell adaptálnia.

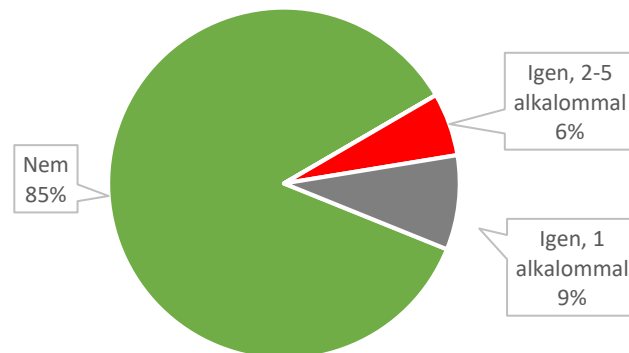
A kutatás következő fázisához felhasználtak egy R-22 típusú helikoptert, és a kísérlet célja az volt, hogy kiderítsék egy tapasztalt pilóta milyen távolságból vesz észre egy drónt a levegőben. A drónt 1100 láb tengerszint feletti magasságon reptették, a helikopter pedig 1400 lábon közlekedett a biztonságos elkülönítés érdekében.

A pilóta megközelítőleg 300-400 méter távolságból vette csak észre a drónt, annak ellenére, hogy fel volt készítve körülbelül hol kell keresnie azt. Állítása szerint, ha nem lett volna tisztában a feladattal, valószínűleg nem vette volna észre a drónt, ahogy az az említett londoni incidens során is történt. Ez egy előre megtervezett, mondhatni labor körülmények között végrehajtott kísérlet volt, tehát ha a pilóták egyéb feladat végrehajtására koncentrálnak, és

se ők nincsenek tisztában a drónok jelenlétével, se a drónt használók nem tájékozódnak a környező légiforgalomról, akár súlyos repülőbaleset is adódhat.

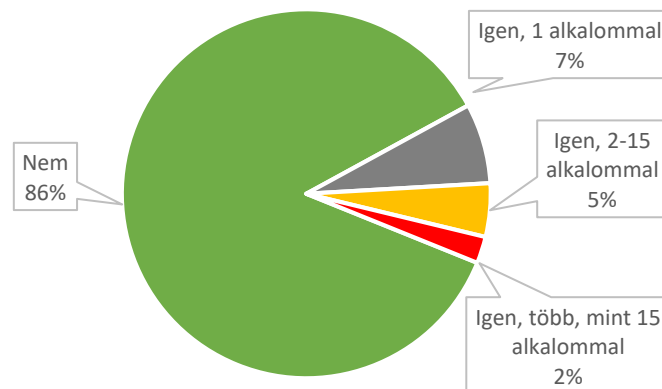
A következő ábrákból kiderül az is, hogy nem csak ideális körülmények között, kísérleti célból történt már ilyen eset:

Veszélyes megközelítés



4. ábra: Pilóták észleltek-e már drónt veszélyes közelségből

Veszélyes megközelítés eseti légtérben



5. ábra: Drónt használók észleltek-e már légi járművet veszélyes közelségből

Az ábrákból jól kivehető, hogy a megkérdezett pilóták 15%-a észlelt már drónt veszélyes közelségből repüléseik során, illetve a drónt használók 14%-a veszélyesnek ítélte meg azokat a légi járműveket, melyek berepültek az eseti légtérükbe. Megállapítható, hogy mindkét fél részéről vannak mulasztások, melyek repülésbiztonsági kockázatot jelentenek.

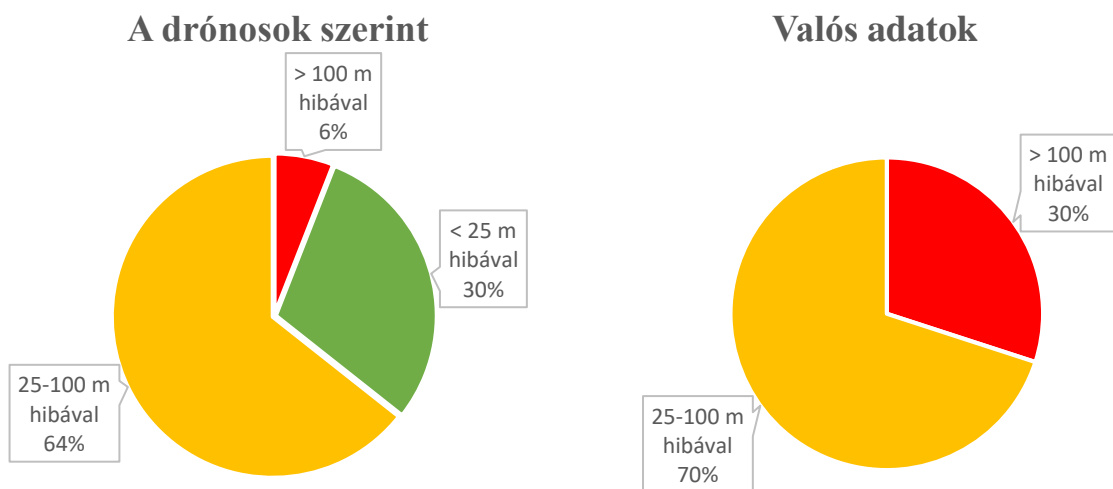
A következő kísérlet kifejezetten a drónt használók képességeit mérte fel. A mérés célja az volt, hogy kiderítsék mennyire jól tudják a földről megbecsülni egy közeledő légi jármű sebességét, magasságát és távolságát. Mindezek ismerete, illetve helyes felismerése szükséges lehet egy olyan helyzetben, amikor a drónt el kell távolítani egy közeledő légi jármű útjából.



5. kép: Az eljárási módszer

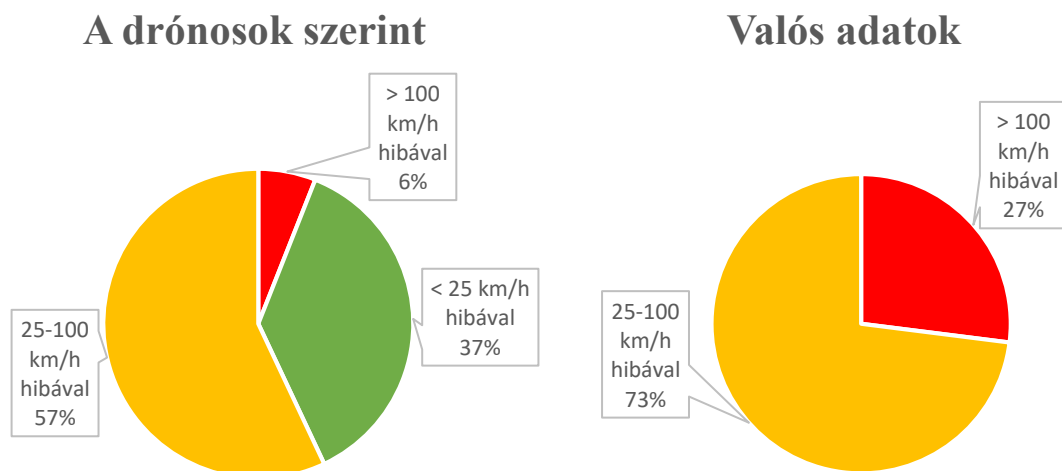
A képen a szemmel jelölt helyen álltak a drónpilóták, a piros pöttyökkel jelölt helyeken pedig számozott bóják álltak. A megfigyelőknek meg kellett állapítaniuk szerintük melyik bója fölött repült át a légi jármű, milyen magasan és milyen sebességgel. Minden egyes átrepülés részletei dokumentálva lettek mindkét fél részéről, melyeket a mérés végeztével összevetettek:

A légi jármű magasságának becslése



6-7. ábra: Magasságbecslési eredmények

A légi jármű sebességének becslése



8-9. ábra: Sebességbecslési eredmények

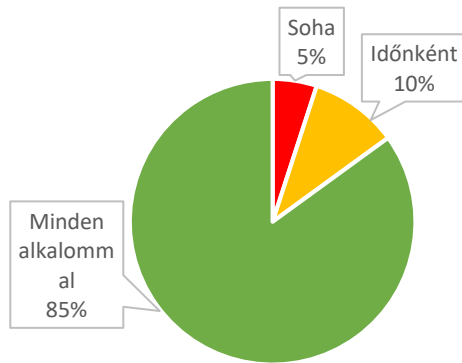
Abban az esetben, amikor a légi jármű viszonylag alacsonyan, 50 méter földfelszín feletti magasságon repült, nagyjából 20%-os hibahatárral tudták megbecsülni a repülési magasságot, ami egy egész jó eredmény, tekintve milyen nehéz pontosan megbecsülni ezt a tényezőt. Azonban amikor már ennél magasabban repült, 100 méter AGL-en⁷, a földről úgy gondolták már 200-300 méter magasságban lehet.

Hétköznapi tapasztalatainkból is tudjuk, hogy egy személygépkocsi sebességét is nehéz pontosan megbecsülni. Ez a vizsgálat is bebizonyította, hogy a sebesség megbecsülése minden jármű esetében nehéz feladat, a légi jármű sebességét sokkal lassabbnak ítélték meg, mint a valóságos. Továbbá minél távolabb volt a légi jármű a drónostól, annál nagyobb hibával becsülte meg a távolságot.

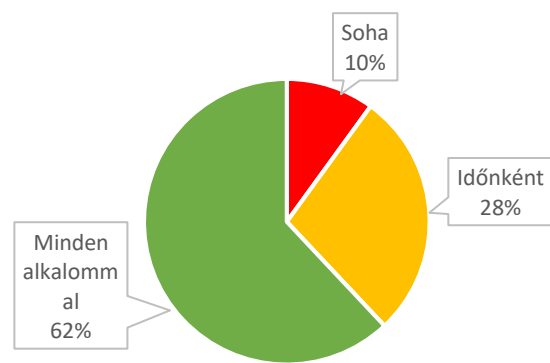
A kísérlet egy további felméréssel is kiegészül, melyben a drónt használók tájékozottságáról érdeklődtek:

⁷ AGL: Above Ground Level

Tájékozódás a környező repülőterekről



Tájékozódás a környező légterekről



10-11. ábra: A drónpilóták tájékozódási szokásai

Az eredményeket összefoglalva egyértelműen látszik, hogy a drónpilóták túlbecsülik képességeiket, mind a magasságbecslés, mind a sebességbecslés terén. Ezeket a képességeket lehet fejleszteni, a megfelelő képzéseken, tréningeken való részvétellel. Mind a pilótáknak, mind az UAV-ot használóknak körültekintőbben kellene a környező légterekről, légiforgalomról tájékozódniuk, illetve a szabályok betartása elsőrendű kellene, hogy legyen. A drónt használóknak tisztában kell lenniük az eszközük műszaki paramétereivel, képességeivel, illetve a kényszerhelyzetekben való teendővel. A különböző jeladók használata, valamint az említett hiányosságok pótlása tovább fejlesztené a repülés biztonságát.

4.2.2. Ütköztetési kísérlet

A drónészlelési kísérlet egy folytatásaként is tekinthetünk arra, amikor azt a helyzetet vizsgálták meg, mi történhet, ha a fent említett értékeket rosszul becsülik meg, és bekövetkezik az ütközés a drón és a légi jármű között.

A kísérlethez egy AN-2 típusú repülőgépet, valamint egy DJI Phantom 4 típusú drónt használtak, mivel a légi jármű kifejezetten ellenálló a külső behatásoknak, az UAV pedig egy elterjedt fajta, felépítésében is hasonlít a legtöbb használatban lévőre.

Többször is elvégezték a vizsgálatot, mely során a szárnyal, az egyik I tartóval, valamint a légsavarral ütköztették a drónt. A drón összetört teljesen, az AN-2-esben pedig több anyagi kár is keletkezett: a Pitot-cső fűtésének vezetéke elszakadt, a szárnyborítás behorpadt, a légsavár megsérült, valamint

a festék több helyen lejött. Az említett sérülések a repülésbiztonságot csak kis mértékben befolyásoló tényezők, azonban a kísérlet rávilágított további kockázati tényezőkre. Az akkumulátor egy gyúlékony alkatrész, mely ilyen jellegű külső behatás következtében könnyen tüzet okozhat. Abban az esetben, ha nem csak a szárnyal ütközik, hanem a hajtóműbe kerül az UAV, az hajtóműleálláshoz, kényszerhelyzethez vezethet. A légi jármű ablakát eltalálva a pilóták testi épsége veszélybe kerülhet, mely további repülésbiztonsági kockázatot jelent.

A University of Dayton Research Institute elvégzett egy hasonló kísérletet⁸, ami során egy DJI Phantom 2 típusú drónt 238 mérföld/óra (nagyjából 383 km/h) sebességgel löttek neki egy repülőgép szárnyának. A teszt során azt vizsgálták, milyen hatással lehet egy drónütközés egy átlagos sebességgel közlekedő légi jármű szerkezetére. Az UAV teljesen átszakította a szárny belépőélénél lévő borítást, és jelentős szerkezeti károkat okozott. A kísérletben résztvevő kutató állítása szerint a károk sokkal nagyobbak is lehetnek egy olyan sugárhajtású repülőgép esetében, mely a vizsgált sebességnél akár kétszer gyorsabban is képes repülni.

A Légtér.hu Kft, illetve a University of Dayton Research Institute kísérletei rávilágítottak a felelős drónhasználat fontosságára, továbbá a hiányosságokban rejlő potenciális kockázati tényezőkre.

4.3. Counter-UAS rendszerek

A drónok jogtalan használata ellen működő rendszereket Counter-UAS vagy C-UAS rendszereknek nevezzük. Többféle formájuk és működési elvük létezik, van amelyik kifejezetten csak a drónok felderítésére specializálódik, és abból képes minél nagyobb területeket lefedni, és van olyan, amelyik csekélyebb detektálási körzettel rendelkezik, cserébe képes hatástalanítani is az eszközöket.

A Counter-UAS rendszerek piaca óriási, jelenleg 235 termék van bejegyezve 155 cégtől, 33 különböző országból. Ezek közül van amelyik már használatban van, és van amelyik még fejlesztés alatt áll. A 235 termékből 88 csak detektálásra, 80 csak semlegesítésre alkalmas, 67 pedig mindkettő

⁸ What Happens When a Drone Hits an Airplane Wing? <https://www.youtube.com/watch?v=QH0V7kp-xg0> , letöltés ideje: 2020. 05. 06.

feladatot képes ellátni. A rendszerek nagy része – 177 db – földi telepítésű, vannak azonban kézből alkalmazhatók és vannak olyanok is, amelyek egy drónról üzemelnek – továbbá ezek kombinációja is létezik.

C-UAS termékek száma	235
Gyártók száma	155
Csak detektálásra alkalmas rendszerek	88
Csak semlegesítésre alkalmas rendszerek	80
Detektálásra és semlegesítésre is alkalmas rendszerek	67

12. ábra: C-UAS termékek⁹

A legnépszerűbb detektálási módszerek a radar, rádiófrekvenciás (RF) eszközök, elektrooptikai (EO) és infravörös (IR) szenzorok használata. Semlegesítés terén a legelterjedtebb az RF vagy GNSS zavarás (jamming).[16]

Zavarás (RF, GNSS)	96
Háló	18
Jelhamisítás (spoofing)	12
Lézer	12
Géppuska	3
Elektromágneses impulzus	2
Vízagyú	1
Drónütköztetés	1
Egyéb	6

13. ábra: Semlegesítési módszerek¹⁰

Ebben a fejezetben 3 olyan rendszert ismertettek, melyek mindegyike képes olyan funkcióra, amire a többi nem, és együtt nagyon jól bemutatják a C-UAS rendszerek főbb jellemzőit.

⁹ Szerkesztette a szerző

¹⁰ [16] alapján szerkesztette a szerző

4.3.1 Rafael Drone Dome

„Detection, Neutralization and Interception System”

A Rafael Advanced Defense Systems Ltd. leírása szerint a C-UAS rendszerük egy olyan, „end-to-end”¹¹ védelmi megoldás, mely képes úgynevezett „soft-kill” és „hard-kill” ellentevékenységre¹², 360°-os körkörös lefedettséget biztosít, és a gyors reakció időt ötvözni tudja magas szintű sikerrátával, minimális járulékos veszteség mellett.[17]

A rendszer képes azonosítani az ismeretlen célpontokat, riasztani a saját erőket, valamint úgy kifejteni ellentevékenységet, hogy közben nem okoz interferenciát a többi levegőben lévő eszköznek. Ezt egy speciális zavaró sáv szélesség, és egy fejlett irányjelző antenna segítségével éri el, mely nagy jelentőséggel bír zsúfolt légterekben (civil és katonai). A Drónkupola egy moduláris rendszer, melyet lehet állandó vagy mobil telepítésként használni, továbbá nyílt architektúrája engedélyezi az integrálását más szenzorokkal és eszközökkel.

A rendszer egyetlen operátor működtetésével képes 3.5km távolságból felderíteni, követni, azonosítani és semlegesíteni az akár 20 cm²-es ellenséges drónokat.

Működés

A rádiófrekvenciás szenzor érzékeli a drónt, és riasztást küld a saját erőknél. A precíz detektálásért a 360°-os radarrendszer felel, melyet a kamera általi további azonosítás és vizuális megfigyelés követ. Amikor a drónok eléri a semlegesítési zónát, aktiválják az RF zavarót (soft-kill), vagy egy nagy erejű lézer sugár megsemmisíti azokat (hard-kill).

A Drone Dome alkalmazható kritikus infrastruktúrák (pl. erőművek), országhatárok, repülőterek és egyéb civil létesítmények védelmére. Alkalmazhatósága civil területeken a rendszer hajszálpontosságának és

¹¹ End-to-end solution: A cég képes mind szoftveresen, mind hardveresen ellátni az ügyfeleket úgy, hogy nincs szükség harmadik fél bevonására. Beletartozik az installációja, az integrációja, és a beállítása a rendszernek.

¹² Soft-kill: Elektronikai ellentevékenységek, a célpont elektromágneses, akusztikus vagy egyéb jelének megváltoztatásával a közeledő fenyegetés célpont követési és érzékelési magatartását képesek megváltoztatni. Hard-kill: Olyan ellentevékenység, mely során fizikailag akadályozzák meg, hogy a közeledő fenyegetés ki tudja fejteni hatását.

stabilitásának köszönhető; a lézer sugár csak akkor kerül alkalmazásra, ha 100%-ban a célpontra irányul.[18]

Radar



6. kép: Radar¹³

Az S sávfrekvenciás MHR¹⁴ radaregység minden időjárási körülmény között működőképes és egyszerre több célpontot képes detektálni. Akár négy radar is integrálható egy védelmi rendszerbe, melynek az objektumvédelemkor van nagy jelentősége. A radarok beépített Ethernet csatlakozással, valamint 15 500 órás MTBF-fel rendelkeznek¹⁵, mely biztosítékot jelenthet a hosszútávú stabilitásnak.[19]

COMINT¹⁶



7. kép: RF szenzor¹⁷

A rádiófrekvenciás szenzor a környezetet vizsgálva detektálja és azonosítja a potenciális veszélyforrásokat. Észleléskor a rendszer osztályozza

¹³ [19] forrás

¹⁴ S sáv: 2-4 GHz frekvenciatartomány, katonai felderítésre, légi irányításra, meteorológiai és tengeri radarokhoz használatos.

MHR: Multi-Mission Hemispheric Radar

¹⁵ MTBF: Mean time between failures – meghibásodások között átlagosan eltelt idő

¹⁶ COMINT: Communications Intelligence – távközlési hírszerzés (jelen esetben távközlési hírszerző eszköz)

¹⁷ [19] forrás

a veszélyt, riasztást küld a működtetőnek és különböző ellentévesítségű formák végrehajtását teszi lehetővé a veszély semlegesítésének érdekében.

A szélessávú vevőegység lefedi a 70 MHz – 6 GHz tartományt, nagy dinamikatartománnyal (HDR >60 dB) és nagyfokú érzékenységgel (NF¹⁸ <10 dB) rendelkezik.[19]

EO/IR szenzor



8. kép: EO/IR szenzor¹⁹

A háromlábú gimbal²⁰ állványra telepített EO/IR²¹ szenzor az infravörös kamerának köszönhetően éjszaka is alkalmazható, a Video Motion Detection²²-nek köszönhetően automatikusan érzékeli a mozgó célpontokat, illetve lehetősége van az operátornak egyszerre több célpont követésére. Automatikus Célpontfelismerővel (ATR) és multiszenzor rendszerrel rendelkezik, mellyel lehetőség van több elektrooptikai szenzor integrációjára és működtetésére. A nagy erejű lézer sugár is ebbe a komponensbe lett integrálva.[19]

¹⁸ NF: Noise figure – a jel-zaj viszonyt méri, mely a hasznos és a zavaró jel (zaj) aránya dB-ben kifejezve (jelen esetben <10 dB: az emberi hallásküszöb és a 3 méterre lévő emberi lélegzet hangja közötti hangerősség)

¹⁹ [19] forrás

²⁰ Gimbal: Háromtengelyes képstabilizáló eszköz

²¹ EO/IR: Elektrooptikai/infravörös szenzor

²² Video Motion Detection: videós mozgásérzékelő

Jammer



9. kép: Jammer²³

Az egyszerre több célpont ellen alkalmazható zavaróegység (ún. jammer) képes blokkolni a drón RC vezérlőjéből kiadott jeleket és parancsokat, zavarja a drón és operátora közötti videó átvitelt, blokkolja a VHF és UHF drón csatornákat, illetve zavarja a drón GNSS jelét, ezáltal destabilizálja.[19]

C4I központ



10. kép: C4I központ²⁴

Automatikus célpont prioritizálási algoritmussal rendelkezik, mely magába foglalja az összes szükséges eszközt, szoftvert és tartozékokat, ezáltal lehetővé teszi a C-UAS rendszer összes alrendszerének irányítását és ellenőrzését.[19]

²³ [19] forrás

²⁴ [19] forrás

Mobil telepíthetőség



11. kép: Mobil telepíthetőség²⁵

A Drone Dome egy könnyen áthelyezhető, bárhova telepíthető, gépjármű hátuljára rögzítve akár mozgás közben is alkalmazható C-UAS rendszer.

A Drone Dome hatékonysága

A Rafael Drone Dome megnyerte a brit Védelmi Minisztérium által kiírt, \$20 millió értékű tendert, melynek értelmében 6 db C-UAS rendszert szállíthatott le. A pályázaton a Rafael az izraeli ELTA-t (az Israel Aerospace Industries Ltd. leányvállalata) és az olasz Leonardo Elbit Systems Ltd.-t előzte meg.

A rendszert olyan kritikus létesítmények drónok elleni védelmére használják, ahol brit erők állomásoznak. A rendszer sürgős telepítését szem előtt tartva a lézer nélküli változatot rendelték meg, mivel a brit szabályozások nem engedélyezték volna használatát, azonban a későbbi rendelkezések részét fogja képezni a lézer.[20]

4.3.2. DJI AeroScope

A DJI AeroScope egy minden részletre kiterjedő drón detektáló platform, mely gyorsan azonosítja az UAV kommunikációs jeleit, ezáltal képes beazonosítani a hatáskörében repülő drónokat és a következő valós idejű adatokat továbbítja a kezelőszemélyzetnek:

- a drón azonosítási száma
- típusa
- pillanatnyi helyzete

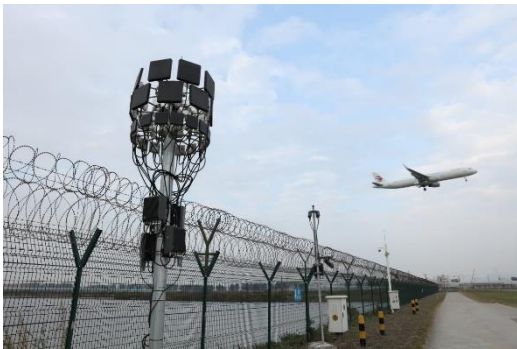
²⁵ [19] forrás

- repülési sebessége
- repülési magassága
- felszállási helye
- a drónt irányító személy helyzete

Ezáltal képes a C-UAS operátora a potenciális veszély csökkentésére irányuló tevékenységek megkezdésére, továbbá amennyiben szükséges, akár azonnal értesítheti az illetékes hatóságokat.[21]

Az AeroScope két konstrukcióban érhető el, attól függően, hogy állandó, helyhez kötött, vagy mobilis detektálásra van szükség.

Telepíthető egység



12. kép: DJI AeroScope telepíthető egység²⁶

Nagy kiterjedésű területek folyamatos védelmére lett tervezve, az adott terület és felhasználói igényekhez igazodva támogatja a különböző kialakításokat annak érdekében, hogy a környező légtér teljes lefedettségét tudja biztosítani.

Ideális körülmények között a rendszer akár 50 km-es detektálási tartománnyal is rendelkezhet, és 2 mp alatt megszerzi a szükséges információkat a drónokról. A hatótávolságot befolyásolja a telepített antennák típusa, a kisebb telepített egységgel körülbelül 20 km-es, míg a nagyobb egységgel akár 70 km-es hatótávolságot is el lehet érni.

²⁶ dronedubai.ae, <https://dronedubai.ae/wp-content/uploads/2019/12/938A5845-1200x800.jpg> , letöltés ideje: 2020. 01. 10.

A megfigyelt adatokat integrálni lehet a felhasználó által használt biztonsági rendszerbe, ezáltal hatékonyan lehet létrehozni egy integrált monitoring rendszert.[22]

A telepíthető egység állandóságából adódóan IP65 szabvány szerint ellenáll az időjárás viszontagságainak és akár -40°C és $+50^{\circ}\text{C}$ között is képes stabilan működni.[21]

Hordozható egység



13. kép: DJI AeroScope hordozható egység²⁷

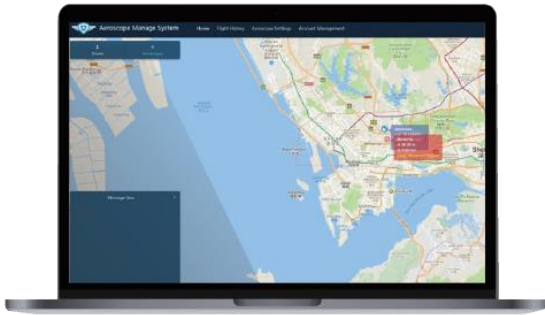
A hordozható egység aktív antennát használ, mely aktív elektronikai komponensekből áll, pl. tranzisztorokból és erősítőkből (ezzel szemben a legtöbb antenna csak passzív komponensekből áll, pl. fém rudak, kondenzátorok és vezetők).

Mivel az egész rendszer egy hordtáskába van beépítve, könnyen alkalmazható sürgős, illetve átmeneti rendezvényeken, egy- vagy több napos versenyeken, sporteseményeken, fesztiválokon vagy nyilvános beszédek biztosításához, ahol se idő se szükség nincs a telepíthető egység felállítására.

A hordozható egység is képes akár 5 km-es hatótávolságra, az eszköznek csak az akkumulátora és az időjárásra való érzékenysége jelenthet akadályt.[21]

²⁷ Google, https://www.heliguy.com/images/dji-aeroscope-portable-p5142-9389_image.jpg, letöltés ideje: 2020. 01. 10.

Backstage Management System & SDK



14. kép: DJI AeroScope Backstage Management System²⁸

Az AeroScope Backstage Management System a központja a dróndetektáló rendszernek. Fejlett információ-menedzsment technológiát alkalmazva a rendszer központi megfigyelést, parancsadási és nyomon követési lehetőségeket nyújt, az eddig gyűjtött repülési adatokkal integrálva. Továbbá támogatja az ún. Software Development Kit-et, mely segítségével könnyebb integrálni a rendszert más rendszerekbe, illetve egyszerűbb hozzáigazítani az AeroScope-ot a felhasználó egyéni igényeihez.[22]

Az AeroScope hatékonysága

A DJI társulva a COPTRZ céggel létrehozták a „Drone Detection as a Service” szolgáltatásukat, melyet a 2018-as Formula 1 Rolex British Grand Prix versenyen, Silverstone-ban is alkalmaztak. A verseny kvalifikációs szakaszában az AeroScope sikeresen detektált egy illetéktelen drónt a pálya határain belül. A rendezvény biztonságáért felelős személyzet tájékoztatva lett a drónt irányító személy valós idejű helyzetéről, akik ezáltal képesek voltak megtenni a verseny biztosításához szükséges ellenlépéseket.[23]

A Silverstone pálya biztonságáért felelős Lesley Cox a következőként nyilatkozott:

“Being able to detect drones in real-time is a really important aspect of event safety and security, and this solution enabled us to react efficiently and to dispatch response teams to the drone pilot’s location.”[23]

²⁸ Google, <http://www.vitech.ro/wp-content/uploads/2018/06/laptop.png>, letöltés ideje: 2020. 01. 12.

Az AeroScope-ot a Kínában, Hangzhou-ban tartott G20 csúcstalálkozón is alkalmazták, amikor a rendezvény teljes öt napja alatt sikeresen detektált 18 szabálysértő incidenst.[24]

4.3.3. ELTA Drone Guard

„Drone Detection, Identification & Disruption”

Az ELI-4030 Drone Guard egy kompakt drón detektáló és zavaró rendszer, melyet a kis méretű drónok okozta kihívások legyőzésére hoztak létre egy effektív védelmi berendezés formájában. A detektálásért egy kompakt 3 dimenziós radar, egy elektrooptikai/infravörös szenzor és egy COMINT rendszer felel. Az ellentevékenységek kifejtéséért egy fejlett zavarórendszer felel. Az ellentevékenységek aktiválását egy vezérlő központból lehet irányítani, melyet akár egy tabletre is telepíteni lehet a mobilitás érdekében.[25]

Az ELTA egy moduláris eszköz formájában valósította meg a drónelhárítást, melyet úgy tud összeállítani a felhasználó, ahogy a lehetőségeinek legjobban megfelel.

Radar



15. kép: ELTA Drone Guard Radar²⁹

Az X sávfrekvenciás³⁰ 3D radar detektálja és nyomon követi az ellenséges drónokat, a speciális COMINT rendszer pedig azonosítja és osztályozza azokat az adatátvitelük alapján. A radar detektálási távolsága függ a választott konfigurációtól: az ELM-2026D típusú radar 10 km, az ELM-2026B 15 km, az

²⁹ Google, https://images.globes.co.il/images/NewGlobes/big_image_800/2018/Drone-Guard800x392.20181121T132526.jpg, letöltés ideje: 2020.01.12., szerkesztette a szerző

³⁰ X sáv: 8-12 GHz; tengeri-, meteorológiai-, repülőtéri radaroknál, felszíni felderítésre és közeli követésre használatos

ELM-2026BF pedig 20 km hatótávolsággal rendelkezik, és egyszerre akár 200 célpontot képes felderíteni, 360°-os lefedettséget garantálva.

A drónok radar keresztmetszete lebegés közben csökken, azonban mivel a COMINT rendszer megfigyeli az UAV és operátora közötti kommunikációt is, csökkentett radar keresztmetszet mellett is láthatóak maradnak.[26]

EO/IR szenzor



16. kép: ELTA Drone Guard EO/IR szenzor³¹

Az elektrooptikai szenzor a radar által bemért célpontokat megerősíti, azonosítja és osztályozza, az infravörös kamerának köszönhetően pedig éjszaka is képes ellátni feladatait.[27]

Jammer



17. kép: ELTA Drone Guard Jammer³²

A fejlett, adaptív zavaró egység a fentiekkel ellentétben kétféleképpen is képes megakadályozni az ellenséges drón repülését. Egyfelől el tudja vágni az UAV-t az irányítói jelektől teljes mértékben, és a földre csapódásra kényszeríti, másfelől azonban képes arra is, hogy elvegye az irányítást a drón

³¹ Google, <https://i.ytimg.com/vi/DC56uodzpXI/maxresdefault.jpg>, letöltés ideje: 2020.01.12.

³² ELI-4030 Drone Guard: Drone Detection, Identification, Classification & Disruption System, <https://www.youtube.com/watch?v=DC56uodzpXI> letöltés ideje: 2020.01.12., szerkesztette a szerző

operátorától és visszavezesse a drónt a kiindulási pontjára („Return Home” funkció). A COMINT rendszer is ebbe az egységbe van beépítve.

A Jammer a radarral és a COMINT rendszerrel együttműködve egy időben több drónt is képes hatástalanítani, ezáltal tömeges drón támadások ellen is alkalmas az elhárító rendszer.[28]

A Drone Guard hatékonysága

A portugál haditengerészet meghívására az ELTA Systems részt vehetett és demonstrálhatta a Drone Guard (ELI-4030) C-UAS rendszerét a NATO Exercise REP (MUS) 19 hadgyakorlaton. A hadgyakorlat kikötők harctéri körülmények szimulálása közötti védelmére fókuszált.

A Drone Guard-nak detektálnia és nyomon követnie kellett szimultán magasan és alacsonyan repülő veszélyforrásokat, melyek egyszerre jöttek a szárazföld és a tenger felől, egyesével, illetve tömegesen. A Drone Guard hatékonyan detektálta és nyomon követte, majd automatikusan osztályozta a veszélyt. A rendszer sikeresen a földre kényszerítette, ezáltal semlegesítette a drónokat. A hadgyakorlat része volt egy éjszakai művelet is, mely során taktikai UAV-kat kellett felderítenie és nyomon követnie a rendszernek, ezt a feladatot is eredményesen zárta az ELTA rendszere.[27]

Az ELTA Drone Guard megbízhatóságát bizonyítja, hogy elnyerte az Amerikai Védelmi Minisztérium „counter unmanned aerial system supplies” tételre kiírt szerződését \$39 millió értékben.[29]

4.4. Szoftveres biztonsági rendszerek

A világ vezető dróngyártó cége, a DJI komoly törekvéseket tesz annak érdekében, hogy átlátható és felhasználóbarát módon tájékoztassa a drónpilótákat a korlátozott légterekről és a légtérben lévő egyéb légi járművek helyzetéről. Ezzel meg lehet akadályozni azokat a lehetséges szabálysértéseket és esetleges baleseteket, melyek pusztán a tájékoztatatlanságból adódnának. Büszkén kijelenthető, hogy a magyar légiforgalmi szolgáltatásokat nyújtó cég, a HungaroControl is dolgozik hasonló szoftveren, ezzel is szerepet játszva az európai légtér biztonságának fejlődésében.

4.4.1. DJI GEO

A DJI dróngyártó cég először 2013-ban vezette be a No-Fly Zones rendszerét a saját gyártású drónjaikra, mely segítségével a cég szoftveresen akadályozta meg, hogy a drónpilóták bizonyos tiltott légterekbe berepüljenek.

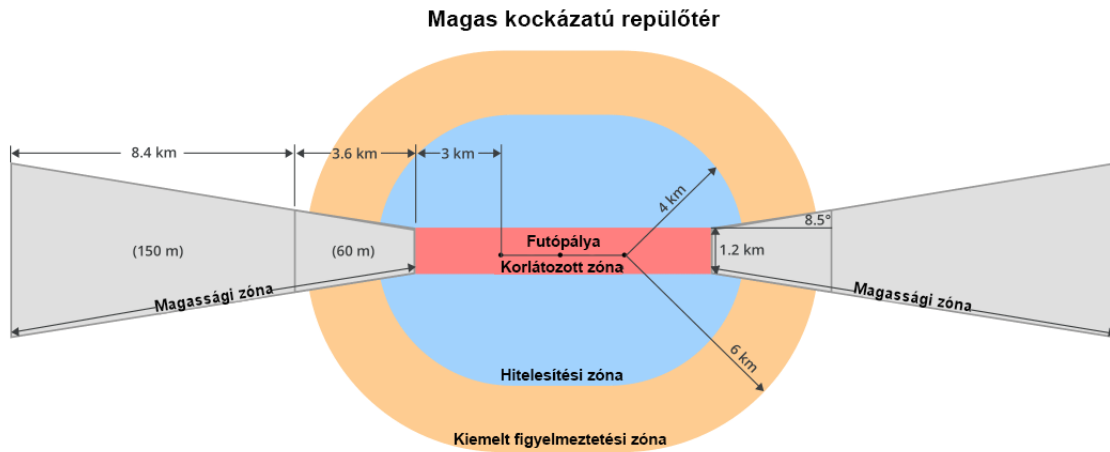
Tovább fejlesztve a technológiát, három évvel később sikeresen kifejlesztették a Geospatial Environment Online (GEO) szoftvert, amely egy sokkal modernebb megoldást jelentett a tiltott légterekbe való berepülések megakadályozására. Valós idejű információkat kaphatnak a drónpilóták az alkalmazáson keresztül olyan átmeneti repülési korlátozásokról is, mint például erdőtüzek és természeti katasztrófák, sportesemények, VIP személy érkezése és egyéb változó körülményből adódó korlátozások. Az átmeneti repülési korlátozások az Eurocontrol adatbázisa alapján frissülnek.

A DJI által alkalmazott „geofencing” (virtuális kerítés, határolás) GPS és egyéb műholdas jelek alkalmazásával automatikusan megakadályozza a drónokat, hogy olyan szenzitív területekhez közel repüljenek, mint a repülőterek, börtönök, atomerőművek és kiemelt fontosságú rendezvények. Bizonyos területeken belül a DJI drónok nem képesek felszállni, vagy ha a terület közelében tartózkodik nem engedi berepülni speciális felhatalmazás nélkül.

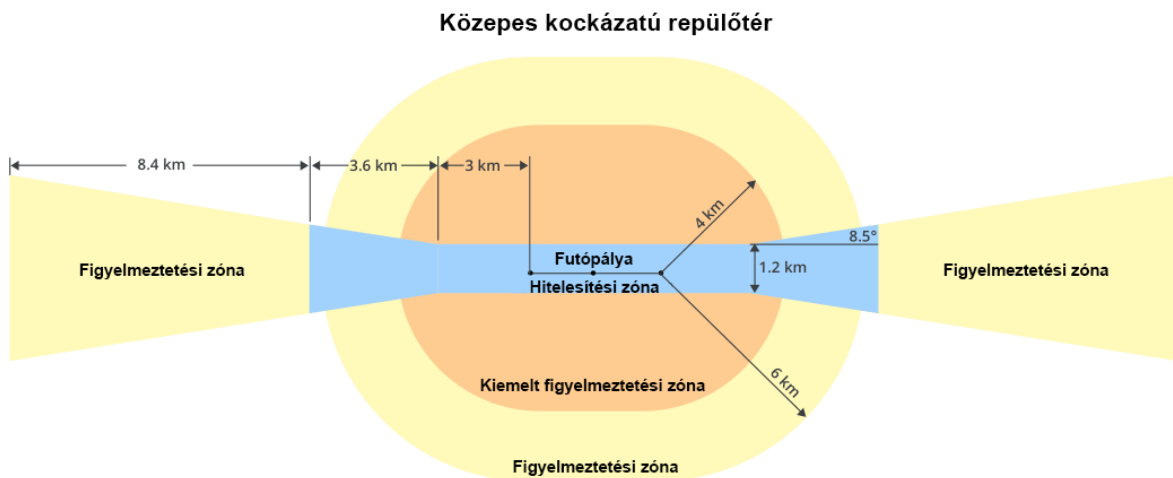
A repülőterek tekintetében a GEO 2.0 a legszigorúbb geofencing korlátozásokat alkalmazza: a futópályákra illesztett, 1.2 km széles téglatest alakú légtérben, továbbá a futópályák végétől számított 15 km távolságban (mindkét irányban), a repülőgépek leszálló és felszálló ágán tilos a drónreptetés. A futópályák 6 km-es ovális körzetében flexibilisebb geofencing korlátozásokat alkalmaz. Ennek a „csokornyakkendő” formának köszönhetően több lehetősége van a futópályák oldalainál annak a drónpilótának, aki felhatalmazást kap a drónhasználatra az adott területen, mindeközben a repülőgépek védelmét is garantálja a rendszer. A pályák körüli határokat az ICAO Annex 14-es szabványosítás szerint alakították ki.

A DJI cég kategorizálta a repülőtereket a repülőtér típusa, működése, az utasok száma, és egyéb olyan faktorok alapján, melyek befolyásolják a légtérét az adott helynek. Ezek alapján három kategóriába sorolták a repülőtereket:

Magas, közepes és alacsony kockázatúak. Attól függően, hogy melyik kategóriában van az adott repülőtér, különböző geofencing korlátozásokat implementáltak a légterére.[30]



18. kép: DJI GEO Magas kockázatú repülőtér³³

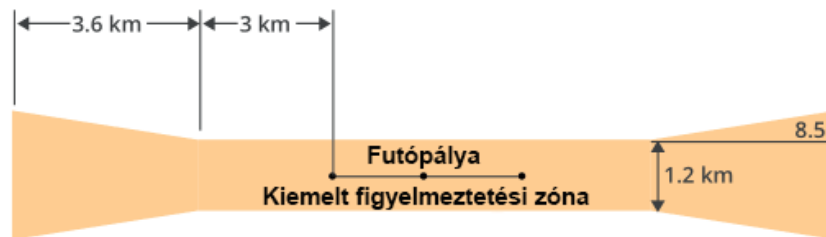


19. kép: DJI GEO Közepes kockázatú repülőtér³⁴

³³ [31] forrás, szerkesztette a szerző

³⁴ [31] forrás, szerkesztette a szerző

Alacsony kockázatú repülőtér



20. kép: DJI GEO Alacsony kockázatú repülőtér³⁵

Korlátozott zóna: Semmilyen drónhasználat nem engedélyezett a zónán belül. Ez a terület a repülőtér futópályáit fedi le egy téglatest alakban, 1.2 km szélesen és a pályák mindkét végétől számított további 3 km hosszan. A DJI közvetlen felhatalmazása szükséges a zónában való repüléshez.

Magassági zóna: Ezek a zónák a repülőgépek fel- és leszállásához szükséges területeket fedik le, mindegyik két részből áll. Az első része egy 8.5°-os emelkedésű, 60 méter magasságig terjedő légtérben, a **Korlátozott zóna**-tól 3.6 km hosszan korlátozza a repüléseket. A második része 150 méter magasságig, az első résztől további 8.4 km hosszan korlátozza a légtérrel. A **Magassági zóna** légtérben szintén tilos mindennemű drónreptetés – a DJI közvetlen felhatalmazásán kívül.

Hitelesítési zóna: Ebben a zónában minden drónreptetés automatikusan korlátozva van, azonban a felhasználók a megfelelő engedélyekkel fel tudják oldani a korlátozásokat. Ez az ovális terület a futópályák végétől számított 4 km távolságban korlátozza a drónhasználatot.

Kiemelt figyelmeztetési zóna: Ez a körkörös terület a **Hitelesítési zóna** peremétől további 2 km-en keresztül tart. Ha egy drón megközelíti a területet, a DJI GO alkalmazás figyelmezteti a drónpilótát, akinek ezután meg kell erősítenie, hogy tovább akarja folytatni a repülést a zónába, illetve felszálláskor az alkalmazás kérheti a zóna feloldását, azonban semmilyen előzetes hitelesítésre nincs szükség.

³⁵ [31] forrás, szerkesztette a szerző

Figyelmeztetési zóna: Nem igényel semmilyen feloldást vagy előzetes hitelesítést, kellő odafigyeléssel reptethetők a drónok.[31]

4.4.2. DJI AirSense

A DJI AirSense egy figyelmeztető rendszer, mely az ADS-B technológiát használva segít a drónpilótáknak növelni a helyzetfelismerésüket, illetve segít nekik a döntések meghozatalában. Ez a rendszer a közeli repülőgépek ADS-B adó egységétől automatikusan küldött repülési adatokat gyűjti, analizálja azokat, detektálja a potenciális összeütközések veszélyét, és időben figyelmezteti a drónpilótákat ezekre a veszélyekre.

Az ADS-B rendszer (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) műholdas-, és rádiójeleket használva valós időben azonosítja a repülőgépek helyzetét. Ezt a technológiát az Egyesült Államokban, Kanadában, Ausztráliában, Indiában és Európában már évek óta alkalmazzák a repülésben, és egyre nagyobb szerepet játszik a repülésbiztonságban.

Az ADS-B technológia két kulcsfontosságú komponensből áll: az egyik az „ADS-B Out” adóberendezés, mely olyan repülési információkat sugároz, mint a repülési magasság, sebesség és útvonal. A másik az „ADS-B In” vevőberendezés, mely képes fogadni a hatókörzetében működő ADS-B Out adásokat. Az AirSense-t használó DJI drónok csak az ADS-B In vevőberendezéssel vannak felszerelve, ami azt jelenti, hogy képesek látni a közelben lévő hagyományos légi járműveket anélkül, hogy túlszűfnének a légteret további ADS-B jelek adásával.[32]

4.4.3. HungaroControl Mydronespace

A HungaroControl Zrt. munkatársa megkeresésemre elárulta, a cég szorosan együttműködik a különböző állami szervekkel annak érdekében, hogy a 2019 július 1-én hatályba lépett EU-s drónokat érintő jogszabálycsomagot (2019/945 Delegated Regulation, 2019/947 Implementing Regulation) - melyet Magyarországnak 2020 július 1-ig kell adaptálnia – megfelelően lehessen érvényesíteni hazánkban. Folyamatos munkák folynak annak érdekében, hogy az alkalmazás és a jogszabályi környezet is készen álljon a tervezett indulásra. Jelenleg a Mydronespace alkalmazás teszt verziója elérhető csak, a végleges konstrukció nem publikus, fejlesztés alatt áll, emiatt a működéséről nem

adhattak részletes tájékoztatást, azonban a hivatalos honlapon³⁶ tájékoztatást kaphatunk a jelenleg elérhető változatról, az eseti légtérről, és az aktualitásokról. A bemutató videó alapján arra következtethetünk, hogy a DJI GEO-hoz hasonlóan tájékozódhatunk a korlátozott, tiltott légterekről, továbbá a drónhasználathoz szükséges légtér igénylését is egyszerűbben és gyorsabban lehet majd elkészíteni.

5. KONCEPCIÓM A TÉMÁVAL KAPCSOLATBAN

Ebben a fejezetben azon észrevételeimet és jövőbe mutató elképzeléseimet foglalom össze, melyek véleményem szerint tovább tudnák fejleszteni a repülésbiztonságot, valamint segítenék a jogtalan használatból adódó elszámoltatást.

5.1. Egy globális adatbázis és egy hatóság létrehozása, a rendszerek további integrálása

Ahogy azt a fentiekben is említettem, hiányzik egy globális megállapodás a drónok regisztrációjára vonatkozóan. Ehhez a folyamathoz járulna hozzá elképzelésem szerint egy olyan adatbázis, melyben vezetni lehetne a használatban lévő drónokat. Ebben az adatbázisban fel lehetne tüntetni olyan adatokat, mint pl. a vásárolt drón márkája, típusa, széria száma, a vásárlás ideje, valamint a drónt használó személy adatai. Az adatok a meglévő adatkezelési jogszabályoknak megfelelően lennének használva, és csak a visszakereshetőség és esetleges elszámoltatás érdekében kellene őket megadni.

Ezt az adatbázist elképzelésem szerint szoftveresen integrálni lehetne a Counter-UAS rendszerekbe, így azok, amikor felderítenek egy drónt a vezérlő központjukban ki tudnák jelezni az adatokat, ezzel is könnyíteni lehetne a visszakereshetőséget. Továbbá, ha egy olyan drónt detektál a rendszer, melyről nincs bejegyzett adat, következtetni lehetne a jogellenes használatra.

A meglévő repülésbiztonsági hatóságokat nem lehet terhelni a drónok felügyeletével, emiatt véleményem szerint szükséges a jövőben egy olyan légiközlekedési hatóság felállítása, mely kifejezetten a drónokkal foglalkozik. Ez a szervezet felelhetne a pilóta nélküli légi járművekre vonatkozó

³⁶ <https://mydronespace.hu/>

jogszabályok betartatásáért, továbbá a fent említett adatbázis kezeléséért is. Továbbá szükségessé válhat az összes dróngyártó céget kötelezni a DJI GEO és AirSense szoftveres biztonsági rendszerek drónjaikba való beépítésére. Ennek a folyamatnak a teljesüléséért is felelhetne a hatóság, és utólagos ellenőrzéseket is végezhetne. Egy másik megközelítés lehet az is, hogy a szoftver meglétének ellenőrzése a drónok minőségellenőrzési folyamatának részét képezze.

Ahogy azt a DJI AeroScope esetében is említettem, a C-UAS rendszert lehetőség van integrálni a már használatban lévő biztonsági rendszerbe. A jogtalan használat elszámoltatását elősegíthetné, ha ezek a detektálási adatok integrálva lennének a Rendőrség adatbázisába, ezáltal, ha szükséges a bűnüldöző szervek bevonása is gyorsabb és gördülékenyebb lenne, valamint az adatokat elemezve további biztonsági előírások, intézkedések hozhatók.

5.2. Hazai létesítmények védelme

Az ország rendelkezik több olyan létesítménnyel, melyek drónok elleni védelme kritikus jelentőséggel bír. Ilyen többek között a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér, valamint az MVM Paksi Atomerőmű.

Ahogy a fentiekben említettem, repülőterünk szuverenitását egyre több alkalommal sértik a drónok, mellyel emberi életet veszélyeztetnek. Egy korszerű, a repülőtér sajátosságainak megfelelő C-UAS rendszerrel lehetőség lenne védekezni ezek ellen. Figyelembe kell venni többek között a repülőtér paramétereit:

- A repülőtér teljes területe 1505 hektár, azaz 15.05 km²
- A 13R/31L futópálya hossza 3010m
- A 13L/31R futópálya hossza 3707m [33]

Ilyen paraméterek mellett a Rafael cég Drone Dome rendszeréből szükség lenne legalább kettő, hogy biztosítani lehessen a 360°-os lefedettséget. Azonban a zsúfolt légtér és a folyamatos légiforgalom miatt kockázatosnak tartanám a lézer sugár használatát. A repülésbiztonság mellett a gazdaságosságot is figyelembe véve véleményem szerint Az ELTA Drone Guard rendszere alkalmasabb lenne a légtér biztosítására. Tekintettel arra, hogy a legkisebb radar is 10 km-es hatótávolsággal rendelkezik, elég lenne akár egy ilyen

komplex rendszer beszerzése a teljes terület lefedésére. Továbbá a Drone Guard ellentevékenységi formái nem jelentenek biztonsági kockázatot a légiforgalomra.

Ahogy azt a Saudi Aramco olajfeldolgozó cég esetében is láthattuk, a világ energiaellátó létesítményei sebezhetőbbek, mint hittük eddig, továbbá legitim célpontnak tekinthetők. Az MVM Paksi Atomerőmű védelme eddig is kritikus jelentőségű volt, azonban a kor új kihívásaira is fel kell készíteni a létesítményt. Mivel a területen nincs zsúfolt légtér, folyamatos légiforgalom, ezáltal az olyan hard-kill megoldásokat alkalmazó C-UAS rendszerek is szóba jöhetnek, mint a Rafael Drone Dome. Mivel a hazánkban megtermelt villamos energia több mint 50 százalékát ez a létesítmény biztosítja, valamint, ha sérülés éri súlyos ipari katasztrófa következhet be, kijelenthető, hogy az objektum védelmének biztosítása a levegőből érkező támadásokkal szemben elsőrendű.[34] A megfelelő C-UAS rendszer kiválasztásában és telepítésének megszervezésében figyelembe kell venni a terület nagyságát és az egyes rendszerek képességeit. Biztosítani kell az atomerőmű légtérének szuverenitását, továbbá egy esetleges támadás hatékony elhárítását.

A fent említett esetekben, továbbá kormányzati létesítmények és egyéb kritikus infrastruktúrák környezetében akár egy földbe mélyített leszállító hely is kiépítésre kerülhetne arra az esetre, ha a felfegyverzett drónt nem lehetne a környezetre biztonságosan leszállítani. A kijelölt helyen a jelhamisítás (spoofing) eszközt alkalmazó drónelhárító rendszerrel biztonságosan el lehetne különíteni, akár a földbe vezetve megsemmisíteni az ilyen jellegű fenyegető UAV-kat.

5.3. Jövőbe mutató nano drón használat

A fentiekben bemutatott FLIR PD-100 Black Hornet nano drón egy innovatív megoldás a harctéri felderítésre, miközben garantálni tudja a katonák biztonságát azáltal, hogy nem kell felfedniük a tartózkodási helyüket. Egy ilyen kis méretű drónba is lehetséges jó felbontású kamerarendszert beépíteni, ezáltal költséghatékonyabban és fedettebben lehet felderítési munkákat végezni.

Ezek a nano drónok azonban nem csak katonai használatra alkalmasak véleményem szerint. További gazdasági potenciált látok a nano drónok javítási,

ellenőrzési munkálatokba való bevonásában, mivel méretükből adódóan manőverezhetőbbek és olyan helyzetekben is alkalmazhatók, amikor a nagyobbak már nem férnek oda az ellenőrizendő területhez. A mesterséges intelligencia bevonásával a helyzetfelismerésük is fejleszthető. Azáltal, ha szoftveresen összekötnének több drónt egyetlen vezérlő panellel, egyidejűleg több feladatra is ki lehetne jelölni őket. Lehetőség lenne egyszerre ellenőrizni a munkájukat, ha az általuk begyűjtött valós idejű videó anyagot egy irányító állomáson jelenítenék meg.

Az objektum- és személyvédelem területét is megreformálhatják ezek a nano drónok. 2017-ben a Future of Life Institute – aminek a (volt) támogatói közé tartoznak olyan emberek, mint Stephen Hawking és Elon Musk – és a University of California közös projektjében a mesterséges intelligenciával felszerelt drónok katonai alkalmazásában rejlő veszélyeket fedték fel.[35] A projekt mondanivalójának fontosságával én is egyetértek, azonban nem feltétlenül tiltanám el teljes mértékben a drónokat az MI használatától, illetve a védelmi szférától.

A kísérletben bemutatták milyen pusztító hatás érhető el a drónokkal való támadással. Én fordítva tekintenék a témára, a védelemben játszott szerepükben is potenciális lehetőségeket látok. A fentiekben bemutattam olyan Counter-UAS rendszereket, melyek vagy szoftveresen, vagy rádiófrekvenciás zavarással, esetleg lézerrel állítják meg a drónokat. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy az ember által létrehozott szoftvert, vagy frekvenciazavaró rendszert, a rossz indulatú hackerek feltörhetik. Napjainkban nem újdonság a frekvenciaugratásos rádiózás, mellyel kivédhető a csatorna zavarása. Valamint a szoftveres tiltásokat is képes lehet egy hacker feltörni. A mindennapi életben ezek olyan csekély jelentőségű tényezők, melyekbe bele se gondolunk, azonban egy kiemelt fontosságú objektum vagy személy védelme során számításba kell venni ezeket a veszélyeket is.

Ilyen esetekre lehet válasz egy olyan jövőbeni megoldás, mely a nano drónokat veszi igénybe, és lehetőséget adna az ellenséges drónt mechanikusan vagy elektronikusan semlegesíteni. A mechanikus kiiktatást a nano drónokból álló raj a rotorba való berepüléssel el tudná érni. A célpont felismerését nem bízám az MI-re, azonban abban, hogy a célpontot kijelölve kövesse, és a

berepülést elvégezze precízebb végrehajtásra adna lehetőséget. Az elektronikus kiiktatást a nano drónokra szerelt EMP³⁷ eszközzel képzelem el. Egy ilyen eszköz magas energiaszintű elektromágneses hullámokkal teszi tönkre az elektronikus eszközöket. Jelen esetben gondolni kell arra is, hogy csak akkora teljesítményű EMP-t használjunk, amivel a környező elektronikus eszközöket nem károsítjuk.

A személyvédelem egy jövőbeni formája lehet a nano drónok párosítása mesterséges intelligenciával. Az arcalapú felismerés nem újdonság, a legtöbb okostelefon kamerája már alkalmazza. Ezzel képesek vagyunk feloldani a mobiltelefonunk képernyőzárját, arcok, személyek szerint lehet megszerezni a képeket. Egy ilyen képesség integrálása a nano drónok kamerarendszerébe lehetőséget nyújthatna kiemelt fontosságú emberek személyvédelmére. Habár egy ember körül rajzó nano drón flotta ma még futurisztikusnak tűnik, a Future of Life Institute és a University of California videójukban már figyelmeztették társadalmunkat ennek ellenkezőjére, amikor ezt a képességet támadásra használják fel. Véleményem szerint, nem elképzelhetetlen a jövőben ezt a technológiát a védelemre kifejleszteni.

A nano drónokban rejlő lehetőségeket az Egyesült Államok Hadserege is felismerte már: a „Soldier Borne Sensor (SBS)” néven meghirdetett programjukban 2019-ben egy \$39.7 milliós, 2020 májusában pedig egy további \$20.6 milliós szerződést kötöttek a FLIR céggel.[36]

³⁷ EMP: electromagnetic pulse

6. ÖSSZEGRZÉS

A drónoknak már napjainkban is óriási piaca van. Számuk nehezen megbecsülhető, több tíz millióra is tehető, a gazdaságban játszott szerepük pedig kiemelkedő. Sokoldalú felhasználhatóságuk a katonai, a kereskedelmi és a fogyasztói szférában is kedvelté tette használatukat. Kétségtől eltekintve fejleszteni kell ezt a technológiát, mivel katonai téren emberi életet menthet meg a veszélyek pilóta nélküli légi járművekre való áthárítása, a civil szektorban pedig a vállalkozásoknak nyújt további lehetőségeket a fejlődésre.

A fejlesztések mellett azonban a repülésbiztonságot, az emberi élet és a kritikus infrastruktúrák védelmét is szem előtt kell tartani. A drónok rosszindulatú használatából jelentkező veszélyforrásokra fejlesztett Counter-UAS rendszerek piaca is fejlődik. Az elmúlt évek incidenseinek hatására egyre több országban használnak ilyen rendszereket. Az esetek rávilágítottak arra, hogy igenis foglalkozni kell a drónok szabályozásával és az ellenük való védekezéssel. Ahogy általában minden technológiai újítás, ez is először a katonai szférában alakult ki, azonban ma már a civil szektornak is szüksége van rá.

Különböző cégek különböző konstrukciókban kínálnak drón-detektáló- és elhárító rendszereket. A felderítésben a különböző radarok, rádiófrekvenciás eszközök, valamint az elektrooptikai és infravörös kamerarendszerek a legelterjedtebbek. Az elhárításban a különböző rádiófrekvenciát és GPS jeleket zavaró eszközök a legnépszerűbbek, azonban a drónok mechanikus semlegesítésére is kínálnak eszközöket. Mivel a DJI dróngyártó cég uralja a piac nagy részét, a drónok szoftveres korlátozása is megvalósulni látszik. Azonban nem csak DJI drónok kaphatók, és a DJI geofencing rendszere nem terjed ki más cég drónjaira, ezáltal a hiányosság és a veszélyforrás továbbra is jelen van.

Az elmúlt évek fejlesztéseit és statisztikáit látva bizakodó vagyok a drónok pozitív célra szánt fejlesztéseivel és használatával, valamint az elhárításukra irányuló szoftverek és hardverek fejlesztésével kapcsolatban.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Felhasznált irodalom

- [1] uaequadcopters.com, Dubai Drone Taxis and Flying Cars in Dubai, elérhető: <https://uaequadcopters.com/dubai-drone-taxis-flying-cars-in-dubai-uae/> letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [2] Goldman Sachs, DRONES Reporting for Work, elérhető: <https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/drones/> letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [3] FAA, Press Release – FAA Announces Small UAS Registration Rule, elérhető: https://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=19856 letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [4] Business Insider, Drone market shows positive outlook with strong industry growth and trends, elérhető: <https://www.businessinsider.com/drone-industry-analysis-market-trends-growth-forecasts-2017-7> letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [5] SEAN GALLAGHER, German chancellor’s drone “attack” shows the threat of weaponized UAVs, elérhető: <https://arstechnica.com/information-technology/2013/09/german-chancellors-drone-attack-shows-the-threat-of-weaponized-uavs/> letöltés ideje: 2020. 03. 07.
- [6] Michael D. Shear, Michael S. Schmidt, White House Drone Crash Described as a U.S. Worker’s Drunken Lark, elérhető: https://www.nytimes.com/2015/01/28/us/white-house-drone.html?_r=0 letöltés ideje: 2020. 03. 07.
- [7] Will Ripley, Drone with radioactive material found on Japanese Prime Minister's roof, elérhető: <https://edition.cnn.com/2015/04/22/asia/japan-prime-minister-rooftop-drone> letöltés ideje: 2020. 03. 07.
- [8] HungaroControl, Egyre több a szabálysértő drónreptetés, elérhető: <https://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/%20Egyre%20t%C3%B6bb%20a%20szab%C3%A1ly%C3%A9rt%C5%91%20dr%C3%B3nreptet%C3%A9s> letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [9] Research and Markets, Global Counter-UAV (C-UAV) Systems - Market and Technology Forecast to 2028, elérhető: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4858127/global-counter-uav-c-uav-systems-market-and#pos-0> letöltés ideje: 2020. 01. 15.
- [10] Dr. Palik Mátyás (szerk.), Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, második javított kiadás, ISBN 978-615-5057-64-9, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, 2013
- [11] Northrop Grumman, Global Hawk, elérhető: <https://www.northropgrumman.com/air/globalhawk/> letöltés ideje: 2020. 01. 19.
- [12] FLIR Systems Inc., FLIR Black Hornet, elérhető: <https://flir.netx.net/file/asset/16474/original> letöltés ideje: 2020. 01. 19.
- [13] airportal.hu, Drónok miatt bénult meg a légiforgalom a London-Gatwick repülőtéren, elérhető: <https://airportal.hu/dronok-miatt-benult-meg-a-legiforgalom-a-london-gatwick-repuloteren/> letöltés ideje: 2020. 01. 10.

- [14] The Guardian, Passenger plane in near-miss with drone at Gatwick airport, elérhető: <https://www.theguardian.com/uk-news/2019/aug/28/passenger-plane-near-miss-drone-gatwick-airport>
letöltés ideje: 2020. 01. 10.
- [15] The Guardian, Everything you need to know about the Saudi Arabia oil attacks, elérhető: https://www.theguardian.com/world/2019/sep/16/saudi-arabia-oil-attacks-everything-you-need-to-know?fbclid=IwAR1Jnh3IDtR-Zn3_Hp3yYQWnoKmp8248E7W2IEIfNt2CghBm4zgkxwIqqoI
letöltés ideje: 2020.01.10.
- [16] Holland Michel, Arthur. "Counter-Drone Systems." Center for the Study of the Drone at Bard College, 2018. február 20., elérhető: <http://dronecenter.bard.edu/counter-drone-systems/> letöltés ideje: 2020. 01. 16.
- [17] Rafael Advanced Defense Systems Ltd., DRONE DOME™ – C-UAS, elérhető: <https://www.rafael.co.il/worlds/air-missile-defense/c-uas-counter-unmanned-aircraft-systems/> letöltés ideje: 2020. 01. 09.
- [18] Rafael Advanced Defense Systems Ltd., DRONE DOME™ secures airspace against hostile drones, elérhető: https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=CVI40L9k75E letöltés ideje: 2020. 01. 09.
- [19] Rafael Advanced Defense Systems Ltd., elérhető: <https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/03/Drone-Dome-Updated-march-19-1.pdf> letöltés ideje: 2020. 01. 09.
- [20] globes.co.il, Rafael to sell 6 anti-drone systems to UK for \$20m, elérhető: <https://en.globes.co.il/en/article-rafael-to-sell-6-anti-drone-systems-to-uk-1001250393> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [21] COPTRZ, A closer look at DJI's AeroScope, elérhető: <https://www.coptrz.com/a-closer-look-at-djis-aeroscope/> letöltés ideje: 2020. 01. 10.
- [22] DJI, DJI AeroScope, elérhető: <https://www.dji.com/hu/aeroscope> letöltés ideje: 2020. 01. 10.
- [23] COPTRZ, COPTRZ DDaaS – Drone Detection as a Service, elérhető: <https://www.coptrz.com/aeroscope-dji-drone-detection-system/> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [24] COPTRZ, AeroScope G20 Summit, elérhető: <https://www.coptrz.com/aeroscope-g20-summit/> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [25] Israel Aerospace Industries, ELI-4030 Drone Guard Brochure, elérhető: https://www.iai.co.il/drupal/sites/default/files/2019-05/ELI-4030%20Drone%20Guard%20Brochure_0.pdf letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [26] defenseneews.com, Countering UAVs: An inside look at IAI Elta's Drone Guard, elérhető: <https://www.defenseneews.com/unmanned/2019/01/28/countering-uavs-an-inside-look-at-iai-eltas-drone-guard/> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [27] armyrecognition.com, ELTA Systems demonstrates their C-UAS capabilities during a NATO exercise, elérhető: <https://www.armyrecognition.com/october-2019-global-defense-security-army-news-industry/elta>

- [systems demonstrates their c-uas capabilities during a nato exercise.html](#) letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [28] Israel Aerospace Industries, IAI Unveils "Drone Guard": Drone Detection and Disruption Counter UAV Systems, elérhető: <https://www.iai.co.il/iai-unveils-drone-guard-drone-detection-and-disruption-counter-uav-systems> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [29] unmannedairspace.info, Elta wins USD39 million US defence department counter-UAS contract, elérhető: <https://www.unmannedairspace.info/counter-uas-systems-and-policies/elta-wins-usd39-million-us-defence-department-counter-uas-contract/> letöltés ideje: 2020. 01. 12.
- [30] DJI, DJI Improves Geofencing To Enhance Protection of European Airports and Facilities, elérhető: <https://www.dji.com/ae/newsroom/news/dji-improves-geofencing-to-enhance-protection-of-european-airports-and-facilities> letöltés ideje: 2020. 01. 17.
- [31] DJI, Airport GEO Zones, elérhető: <https://www.dji.com/hu/flysafe/introduction> letöltés ideje: 2020. 01. 17.
- [32] DJI, DJI AirSense, elérhető: <https://www.dji.com/hu/flysafe/airsense> letöltés ideje: 2020. 01. 18.
- [33] World Aero Data, Ferihegy-LHBP, elérhető: <https://worldaerodata.com/wad.cgi?id=HU33408> letöltés ideje: 2020. 02. 13.
- [34] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., elérhető: <http://www.atomeromu.hu/hu/Rolunk/Lapok/default.aspx> letöltés ideje: 2020. 01. 21.
- [35] Business Insider, Ben Brimelow, The short film 'Slaughterbots' depicts a dystopian future of killer drones swarming the world, elérhető: <https://www.businessinsider.com/slaughterbots-short-film-depicts-killer-drone-swarms-2017-11> letöltés ideje: 2020. 01. 22.
- [36] FLIR, FLIR Wins \$20.6 Million Contract to Provide Black Hornet Nano-UAV Systems for U.S. Army's Soldier Borne Sensor Program, elérhető: <http://investors.flir.com/news-releases/news-release-details/flir-wins-206-million-contract-provide-black-hornet-nano-uav> letöltés ideje: 2020. 05. 10.