

Gajdács László, Palik Mátyás, Dudás Zoltán

Drónok és hagyományos légi járművek közös légtérben történő alkalmazásának repülésbiztonsági kockázatai

Napjainkban egyre növekvő igény jelentkezik pilóta nélküli légi járművek, közismertebb nevükön drónok használatára úgy az állami, mint a polgári célú felhasználásban. Szinte az összes iparágban megjelennek, jelezve ezzel a felhasználásukban rejlő potenciál kiaknázatlan lehetőségeit. Egyértelmű tényerésük azonban nemcsak új lehetőségeket teremt, hanem komoly veszélyforrás is a nem megfelelő, szabálytalan alkalmazásuk. A cikkben a drónok felhasználásával együtt járó – elsősorban – negatív tényezőket kívánjuk bemutatni és elemezni. Választ keresünk arra, hogy tényleg valós fenyegetést jelentenek-e, illetve milyen kimenetele lehet annak, ha egy drón veszélyesen megközelít egy másik légi járművet, legrosszabb esetben ütközik vele. Vizsgáljuk ezenkívül, hogy milyen módon lehet a veszélyes megközelítéseket és azok végeredményét, az ütközéseket elkerülni, hogy a repülésbiztonság elfogadható szinten maradjon.

Kulcsszavak: drón, UAV,¹ veszélyes megközelítés, légtér, légtérszerkezet, kockázat, biztonság

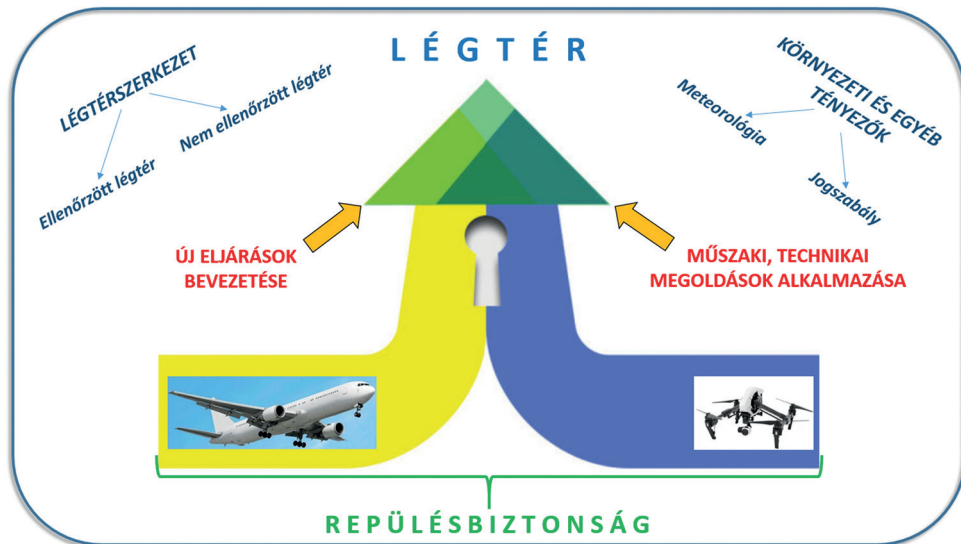
1. Bevezetés

A pilóta nélküli légi járművek egyre intenzívebb jelenléte számos kérdést vet fel, és egyben megoldandó problémákat eredményez, amelyekkel mindenképpen foglalkozni kell. A világon számos eset igazolja azt, hogy a drónok egyre növekvő elterjedése potenciális veszélyforrást jelent a közös légtérben üzemelő légi járművek számára. A drónok gyakran váratlanul jelennek meg, legyenek akár távolról irányított vagy autonóm üzemmódban működők. Sok esetben előre nem prognosztizálható megjelenésükkel, és adott esetben kritikus közelségükkel komoly kockázatot jelentenek a légtérben tartózkodó hagyományos légi járművekre, veszélyt jelentve működésükre. A cikkben a témával kapcsolatban felmerülő különböző kérdésekre próbálunk választ adni, mint például valós fenyegetettséget jelent-e a pilóta nélküli légi járművek növekvő jelenléte a légi közlekedés hagyományos szereplőire.

¹ UAV – Unmanned Aerial Vehicle: Pilóta nélküli légi jármű.

2. Drónok megjelenése és hatása a hagyományos légtérstruktúrára

A drónok használatával kapcsolatban felmerülő problémákat és azok egymáshoz viszonyított kapcsolatukat szemlélteti, és egyben összefoglalja az 1. ábra. Ez azt a repülési környezetet mutatja, ahol egymástól jól elszigetelve és biztonságosan kellene együtt alkalmazni a hagyományos, a pilóta által vezetett repülőgépeket és a pilóta nélküli légi járműveket a jövőben. A kitűzött és egyértelműen megfogalmazott cél egy egységes légtérstruktúrában történő, biztonságos üzemelés mindkét technológia esetében.



1. ábra

Drónok repülési környezetbe történő integrálását befolyásoló tényezők és hatások [a szerzők szerkesztése]

Ebben a cikkben alapvetően három fő témával foglalkoznak a szerzők: a légtér kapcsolata a drónokkal és a pilóta által vezetett légi járművekkel, az új eljárások bevezetésének lehetősége, illetve a már meglévő műszaki és technikai megoldások felvázolása és vizsgálata.

Az adminisztratív eljárások, megoldások között mindenképpen meg kell említeni az UTM²-rendszert, ami egy új, nemzetközi elgondolás a drónforgalom kezelésére, amely elsősorban az alacsony magasságon közlekedő drónok forgalmát hivatott szabályozni. A jelenleg még tervezés alatt álló rendszer tartalmazná a megfelelő légtérstruktúrák és légi folyosók kialakítását és többek között a dinamikus GeoFencing és GeoCaging létrehozását. A GeoFencing egy olyan virtuális „kerítést” értünk, amely egy területet vagy egy objektumot határol körül, amelyet a drónok nem repülhetnek át. A GeoCaging pedig az előző módszer ellentéte, amikor is egy drónt „bezárnak” egy adott, számára kijelölt légtérrészbe, amelyből nem repülhet ki, tevékenységet csak ott folytathat. A rendszer egyik fő célja az, hogy maga a drónforgalmi

² UTM – *Unmanned (aerial system) Traffic Management*: Pilóta nélküli légiforgalomkezelő-rendszer.

irányítás automatizáltan működhessen, emberi erőforrást csak kismértékben használna, azt is csak a rendszer üzemben tartásához.

A hazai drónforgalom kezelésében az adminisztratív eljárások fejlesztését tekintve is komoly célokat tűzött ki a HungaroControl,³ amely a korábban említett UTM-rendszer részeként működne. A cég kifejlesztette és létrehozta a MyDroneSpace alkalmazást, amelyvel könnyebbé, átláthatóbbá és alkalmazhatóbbá kívánja tenni a drónok jogszabály szerinti használatát a felhasználók számára [4].

3. Pilóta által vezetett és a pilóta nélküli légi járművek jelenléte a légtérben, ennek kockázati elemzése

A pilóta nélküli repülőgépek légi közlekedésébe történő integrálásának egyik fő problémája az, hogy nincs a fedélzeten pilóta, így nem feltétlenül van fedélzeti „légihelyzet-információnk” a repülés folyamán látottakról. Ennek oka, hogy nem minden drón fedélzetén van képalkotó eszköz, kamera. Ha azonban van, akkor sem tudja minden esetben helyettesíteni az ember által gyűjtött információk sokaságát, főként azért, mert számos eszközön a fedélzeti kamera statikus helyzetben van – azaz nem fixen van rögzítve a fedélzeten –, vagy csak függőleges irányban mozdítható. A teljes vizuális 360°-os látáshoz viszont a repülőgép helyzetét, forgási irányát kell megváltoztatni, ami időbe telik, ezért az információk csak késve jelennek meg a döntéshozó rendszer vagy személy számára. Az ilyen légi járművek így nem vagy csak korlátozottan képesek végrehajtani olyan utasítást, amihez vizuális látás lenne szükséges, például idegen légi jármű jelenlétének érzékelését [1].

Továbbiakban nézzük meg, mit is értünk a légtér fogalmán. „A légtér egy olyan erőforrás, amely bárki számára igénybe vehető olyan feltételek mellett, amelyet az adott állam a légtér igénybevételehez meghatároz [1995. évi XCVII. Törvény a légi közlekedésről; 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet].” Másképpen értelmezve egy olyan terület, amelyet nem lehet fizikailag jól látható módon megjelölni. Ezen a területen történő légi közlekedésben részt vevő szereplőket (légtérfelhasználók) egyrészt hazai és nemzetközi jogszabályok betartása alapján üzemelteti az adott állam, amely terület alapvetően az érintett ország szuverenitását is jelképezi [2, 40].

Magyarországon a légtérben közlekedni kívánó légi járművek állami célúak (honvédelmi, vámhatósági, rendőrségi és a határőrizeti szervek célját szolgáló légi járművek) és polgári célúak lehetnek. Az UAV-k megjelenésével egyben adódott a hatósági szervek számára egy új kihívás, miszerint egyre növekvő jelenlétükkel változásokat kell alkalmazni a légi közlekedés rendszerében. A drónok üzemeltetése kapcsán is elvárt, hogy megfeleljenek a különböző repülési szabályoknak (VFR⁴ és IFR⁵).

Ennek érdekében az Európai Unió (EU) tagállamainak közös érdeke egy egységes jogi szabályozás létrehozása, amely szabályozott és irányított módon a „hagyományos” légtérbe integrálja a drónokat, ezáltal biztosítja azok és felhasználói számára a repüléshez való lehetőséget [3].

³ HungaroControl – Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.

⁴ VFR – *Visual Flight Rules*: Látvarepülési szabályok.

⁵ IFR – *Instrumental Flight Rules*: Műszeres repülési szabályok.

A drónok a légtérbe integrálásának egyik lehetséges módja lehet az úgynevezett adminisztratív megoldások alkalmazása, amelyek különböző szabályozások együttes használatával biztonságos üzemeltetést ígér a légtérben kis magasságokon közlekedő drónok számára [4].

A drónok az egységes légtérrendszerbe történő integrálásával kapcsolatban három fő cél követendő, amelyek az alábbiak:

- A pilóta nélküli légi járművek nem veszélyeztethetik a többi légtérfelhasználót;
- Az ATM⁶-eljárásoknak tükrözniük kell a drónokra alkalmazandó eljárásokat;
- A pilóta nélküli repülőgépek felé irányuló légi forgalmi szolgáltatásoknak átláthatónak kell lenniük az ATC⁷ irányítói számára [5].

4. Hazai és nemzetközi esettanulmányok vizsgálata repülésbiztonsági szempontból

A drónok elsősorban nem szabályszerű és nem jogszerű használatából adódóan számtalan eset történt és történik napjainkban is világszerte, amelyeknek igen jelentős információtartalmuk és jelzésük van a társadalom felé. A 2. ábrán a különböző helyeken megtörtént esetek láthatók. Ezen esetek vizsgálatából, megítélésem szerint számos hasznos információt tudhatunk meg az incidensek körülményeivel kapcsolatban.



2. ábra
Drónincidensek statisztikai szemléltetése világszerte [6]

Az FAA⁸ közleménye szerint csak az Amerikai Egyesült Államokban havonta több mint száz bejelentést kapnak illegális és egyben veszélyes dróntevékenységekről [7].

A hatóságok világszerte felhívják a drónokat üzemeltető társadalom résztvevőit, hogy fokozottan tilos ezeket az eszközöket repülőgépek földi légi környezetében és az őket kiszolgáló infrastrukturális létesítmények környezetében üzemeltetni. Ebből megfigyelhető az,

⁶ ATM – *Air Traffic Management*: Légi forgalmi szolgáltatás.

⁷ ATC – *Air Traffic Control*: Légi forgalmi irányítás.

⁸ FAA – *Federal Aviation Administration*: Szövetségi Légügyi Hivatal.

hogy két fő problémával küzdenek a hatósági szervek és az incidensben részt vevő szereplők. Az egyik a földi létesítmények (magánterületek, ipari létesítmények stb.) megzavarása pilóta nélküli légi járművekkel. A másik fő probléma a repülésben részt vevő hagyományos légi járművek megzavarása a drónokkal. Mindkét esetben kijelenthető, hogy vagy szándékos, vagy véletlenszerű zavarásokról van szó, ami viszont közös az említett zavarási formákban, hogy potenciális veszélyforrást jelentenek a környezetükre.

A repülésbiztonság minél magasabb szinten való tartása nélkülözhetetlen a légi közlekedésben részt vevő légi járművek, valamint a velük szoros kapcsolatban lévő repülőterek és kiszolgáló szervezetek számára.

A repülésbiztonságot az egyik legjobban befolyásoló tényező az emberi tényező. Különböző repülőesemények igazolják ennek a felvetésnek a tényét és igazát.

A légi közlekedésben részt vevő légi járművek környezetében számos tényező kialakulhat, amely a legtöbb esetben nem determinisztikusan (előre jelezhető), hanem sztochasztikusan (véletlenszerű) jelentkezik. Meg kell ismerni, hogy milyen lehetséges veszélyforrások léteznek, milyen méretű ezeknek a veszélyeknek a nagysága, súlyossága és a várható események bekövetkezésének a valószínűsége. E két utolsó tényező adja meg a kockázatkezelés alapját. Ehhez még párosul a veszélyeztetettség mértéke, amely megmutatja számunkra, hogy a személyzet és a repülőeszköz milyen mértékben van kitéve a veszélynek. A 3. ábrán a drónok megjelenéséből adódó kockázatot mint mérhető és mérendő faktort szemléltetjük.



3. ábra

Drónok jelenlétének kockázattértéke a repülésben [a szerzők szerkesztése]

Nagyon fontos megállapítás az, hogy ha nem ismerjük a veszélyt, akkor kezelni sem tudjuk megfelelő időben az ismeretlen veszéllyel járó kockázatot. Ennek következményeként a repülésbiztonság egyértelműen csökkenni fog, aminek eredményeként különböző repülőesemények, katasztrófák következhetnek be.

A repülésbiztonságot befolyásoló tényezők három nagy csoportra oszthatók:

1. Objektív tényezők:

Ilyen tényezőknek nevezünk minden olyan körülményt, amely emberi beavatkozás nélkül közvetve vagy közvetlenül befolyásolja a repülést. Idesorolandók a környezeti tényezők, anyagi tényezők (például repülőtechnika).

2. Szubjektív tényezők:
Ez a csoport az emberi tényezőket foglalja magában, amely alá különféle egyéni és szervezeti jellemzők tartoznak, és ezek részlegesen vagy együttesen hatással vannak a repülésbiztonságra.
3. Rejtett vagy fel nem fedett tényezők:
Ezek általában előre nem azonosíthatók, ami egyben azt is jelenti, hogy szinte képtelenség előre jelezni őket. Sok esetben az ilyen tényezőkből kialakult repülésemény pontos oka ismeretlen marad a hatósági szervek előtt [8, 2–5].

Az emberi tévedés a legtöbb esetben elkerülhetetlen. Csökkenthető, de teljes mértékben nem lehet kizárni hatását a különböző feladatok ellátását illetően. Minden ember követhet el hibát – függetlenül nemtől, képességtől stb. –, ami kifejezetten veszélyes lehet azok számára, akik a repüléssel kapcsolatos bármely területhez kapcsolódnak. Az ember mint munkaerő forrása tökéletesen tud alkalmazkodni a mindennapi munkával kapcsolatos körülményekhez, de egyben hibaforrásként is tekinthető jelenléte számos esetben. Az embertől származtatható hiba két irányból vizsgálható. Az egyik a személyszemléletű, a másik pedig a rendszerszemléletű. A személyszemlélet irányából megvizsgálva az emberi tényezőt egyéni hibákkal találkozhatunk (például figyelmetlenség, meggondolatlanság stb.). A rendszerszemléletű hiba esetén a tény az, hogy az ember hibára képes még a legkomolyabb szervezeteknél is [1], [9].

Az sUAS⁹ drónok hatékony és biztonságos integrálása a hagyományos légi járművek környezetébe jelentős kihívásokat jelent a különböző hatósági szervek számára. Ennek előkészítése és alkalmazhatóságának, vizsgálatának kutatásai napjainkban is folynak. Összegyűjtik a különböző incidensekből, balesetektől adódó adatokat. Továbbá vizsgálják azt, hogy milyen tényezők (műszaki meghibásodások, emberi tényező) játszanak szerepet az események megvalósulásában, majd ezeket az információkat, következtetéseket összegzik [10].

Az Európai Unió repülésbiztonságért felelős szervezete (EASA)¹⁰ is kiemelten figyeli és kezeli a drónok jelenlétét a különböző minősítésű légterekben. 2016-os *Drone Collision Task Force* című jelentésükben ismertetik a különböző légterekben elkövetett incidensek adatait, illetve következtetéseket vonnak le ezekből. Vizsgálatuk során különféle javaslatokat tesznek annak érdekében, miként lehetne integrálni a pilóta nélküli légi járműveket az EU tagállamainak a légtereibe a „hagyományos légi közlekedésben részt vevők” (pilótával vezetett légi járművek) mellé. Vizsgálatukat nemcsak az esetek gyakorisága teszi ki, hanem külön-külön megvizsgálják az eset körülményeit, például milyen távolságban közelített meg egy drón egy másik pilótával vezetett repülőgépet. Az eseteket kivizsgálva az eredmények azt mutatták, hogy a drónok mintegy 2000 m magasságig voltak észlelhetők, sok esetben csak pár száz méteres távolságra az érintett légi járműtől. Az esetek gyakoriságából és az adatokból jól látható, hogy igen kritikus, egyben kockázatos tevékenységekkel állunk szembe világszerte, amelyet mindenképpen kezelni kell tudnunk [11].

⁹ sUAS – *Small Unmanned Aircraft System*: Kis méretű pilóta nélküli rendszer.

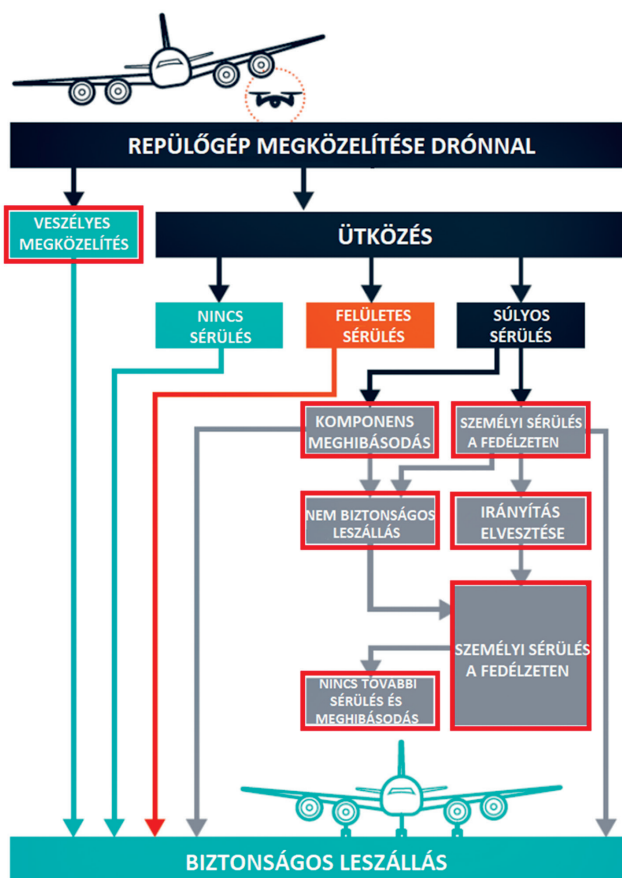
¹⁰ EASA – *European Union Aviation Safety Agency*: Európai Unió Repülésbiztonsági Ügynöksége.

5. Légi járművek drónokkal történő veszélyes megközelítésének lehetséges következményei

Az Egyesült Királyság Polgári Légügyi Hatósága által közzétett, a drónok biztonsági kockázatáról szóló jelentésében különböző forrásból begyűjtött adatokból – ilyenek például: repülőgép-vezetők által jelentett dróntevékenységek észlelése – összegezte és felvázolta a különböző eshetőségeknek a tényét, amelyek közül bármelyik bekövetkezhet egy pilóta és egy pilóta nélküli repülőgép közvetlen vagy közvetett találkozásakor. A feldolgozott és vizsgált események kapcsán az érintett drónok 2 kg vagy annál kisebb tömeggel rendelkeztek.

Egy pilóta által vezetett légi jármű megközelítése egy drónnal különféle forgatókönyveket eredményezhet a repülésük folyamán. Ezeknek a forgatókönyveknek bármelyik változata kiemelt kockázatot jelent, és különböző súlyosságú következmények szülehetnek belőlük.

A 4. ábrán a lehetséges események lefolyásai láthatók, amelyek akkor történhetnek meg, ha egy drón veszélyesen közel kerül egy repülőgéphez, vagy esetleg össze is ütközik vele.



4. ábra

Repülőgép és drón összeütközésének lehetséges végkimenetelei (a szerzők szerkesztése [12] alapján)

A különböző módon és időben lezajló lehetséges folyamatokat külön-külön kell vizsgálni, hiszen végeredményeit tekintve más és más súlyosságú eredményt jelentenek.

Nyilvánvalóan a legsúlyosabb eseménynek az tekinthető, ha egy drón ütközik egy utasszállító repülőgéppel, aminek következtében az utasokkal a fedélzetén, az esemény miatt lezuhan. Az ütközés súlyosságát alapvetően az határozza meg, hogy a drón a repülőgép melyik részével, mely szerkezeti elemével ütközik, és annak milyen egyéb következményei lesznek a repülőgép levegőben maradására.

Megállapították, hogy egy esetleges ütközés a pilótával vezetett repülőgép melyik részét érintheti a legnagyobb valószínűséggel:

- szélvédő, orrkúp;
- hajtóművek, légcsavarok;
- szárnyaknak és a vízszintes vezérsíknak a belépőélei;
- repülésvezérlő kormányservek.

Az előzőekben felsoroltak közül bármelyik rész vagy elem sérülése okozhat vissza nem fordítható folyamatokat, amelyek részben vagy egészében anyagi károkat, személyi sérüléseket vagy adott esetben emberi áldozatokat is eredményezhetnek.

A tanulmányból egyértelműen kiérződik az, hogy a drónokkal kapcsolatban az egyik legnagyobb probléma az, hogy azok jelenléte nehezen érzékelhető a pilóták által vezetett repülőgép fedélzetén, így adott esetben a váratlan találkozások meglepetésszerűen történnek, ezáltal óriási próbatételnek teszik ki az érintett pilótákat [12].

6. Légi járművek összeütközését megakadályozó műszaki megoldások

Ahhoz, hogy egy a levegőben lévő légi jármű biztonságosan tudjon közlekedni – legyen szó pilótás vagy pilóta nélküli repülőgépről –, elengedhetetlen, hogy az érintett repülőgép információval rendelkezzen a körülötte működő légi járművekről, azok számáról és helyzetéről. Ezenfelül ahhoz, hogy a légtérben közlekedő kettő légi jármű ne közelítse meg veszélyesen egymást, információ szükséges az őket irányító személyek számára is. Ezek az információk megítélésünk szerint három helyről érkehetnek a fedélzetre vagy az operátor számára. Az egyik a pilótás gép fedélzetén elhelyezett összeütközésre figyelmeztető rendszer, például ACAS,¹¹ TCAS,¹² a másik a drónok fedélzetén elhelyezett összeütközésre figyelmeztető rendszer, illetve származhatnak egyéb, külső forrásból (légi forgalmi irányító szolgálat) [13, 93–95].

A kis- és nagygépes pilóta által vezetett repülésekben már alkalmaznak olyan műszaki rendszereket, amelyek két hagyományos repülőgép összeütközésének elkerülését szolgálják. Viszont ezek a rendszerek nem képesek a drónok jelenlétét érzékelni sem a földön, sem pedig a levegőben. Így a levegőben lévő drónok jelenlétéről, mozgásáról, térbeli helyzetéről nincs információ a pilóta által vezetett repülőgépek fedélzetén.

¹¹ ACAS – *Airborne Collision Avoidance System*: Légi összeütközés-elhárító rendszer.

¹² TCAS – *Traffic Alert Collision Avoidance System*: Légi forgalmi összeütközések elkerülésére figyelmeztető rendszer.

A levegőben történő ütközés elhárításának az egyik alapvető eleme az érzékelés, amelynek kulcsfontosságú szerepe van egy ilyen védelmi rendszerben. Ha nem látjuk a mozgó tárgyat a környezetünkben, akkor nagy valószínűséggel nem is tudunk elkerülni egy esetleges ütközést.

A levegőben érzékelni egy idegen légi jármű jelenlétét, nyomon követni és szükség esetén kitérő manőverrel elkerülni az ütközést elengedhetetlen a biztonságos légi közlekedésben. Ezek összességében történhetnek ember érzékszerveire és megítélőképességeire hagyatkozva, továbbá külső irányítás segítségével (amennyiben látható egy idegen légi jármű jelenléte), illetve valamilyen műszaki rendszer segítségével. Ez utóbbi esetben vagy valamilyen szenzorok alkalmazásával egyfajta automatikusan működő rendszerről beszélünk, vagy egy olyan rendszer alkalmazásáról, amely egészen kis méretű drónok jelenlétét is hivatott érzékelni. Jelenleg a kereskedelmi forgalomban kapható drónérzékelő, nyomon követő és adott esetben hatástalanító rendszerek kialakítását és telepítését a földön, valamilyen infrastrukturális létesítmény környezetében építik ki, amely egy adott környezetet lefedve szolgáltat információt a térségben repülő drónokról. Ilyen rendszerek például: MADDOS;¹³ AARTOS;¹⁴ ROBIN¹⁵ radarrendszer stb.

Az az igény, hogy információval rendelkezünk a pilóta nélküli repülőgépek levegőben jelenlétéről és mozgásukról, kiemelten fontos az egyéb légtérben közlekedő légi járművek számára. Ehhez valami olyan rendszer megvalósítására van szükség, amely a fedélzeten jelzi az „idegen légi járművek” jelenlétét [14].

Az akadályok elkerülésének képességével a drónok biztonságosabban tudnak repülni. A probléma az, hogy nem egyformán tudunk kis méretű mozgó tárgyakat és nagyobb méretűeket érzékelni. A különböző gyártók már használnak a fedélzeten statikus (álló) akadályok elkerülését szolgáló rendszereket, de dinamikus (mozgó) akadályok elkerülése ennél jóval bonyolultabb kihívást jelent technológiailag [15].

Már létezik a drónok fedélzetére telepíthető olyan rendszer, amely lehetőséget biztosít a drónok számára, hogy a fedélzeten érzékeljék „idegen” légi járművek jelenlétét (Casia by Iris Automation). A rendszer működése a fedélzetre elhelyezett kamerák képi adatainak a feldolgozásán alapul, amelynek lényege, hogy érzékelje a „mozgó tárgyak” jelenlétét a fedélzetre telepített drón környezetében.

A jelenlegi műszaki megoldások is igazolni kívánják azt, hogy az egyik legkedvezőbb idegen mozgó tárgyak érzékelési módja a fedélzeten, az elektrooptikai rendszerek lehetőségeiben és fejlesztéseiben rejlik [16].

Egy mozgó célpont nevezetesen egy pilóta nélküli légi jármű felderítése, azonosítása egy másik repülőgépről nem egyszerű feladat. Pilóta nélküli repülőgépek méretük és anyagszerkezetük miatt még nagyobb kihívást jelentenek a különböző gyártó cégek fejlesztőmérnökeinek, hogy érzékelni és nyomon követni lehessen egy éppen repülő légi jármű környezetében egy másik mozgó tárgyat, nevezetesen egy drónt. Ami egy pilótával vezetett repülőgép személyzete számára fontos kérdés, hogy mi és milyen irányban mozog

¹³ MADDOS – *Multi-Sensor Automatic Drone Detection System*: többérzékelős automatikus drónészlelő rendszer.

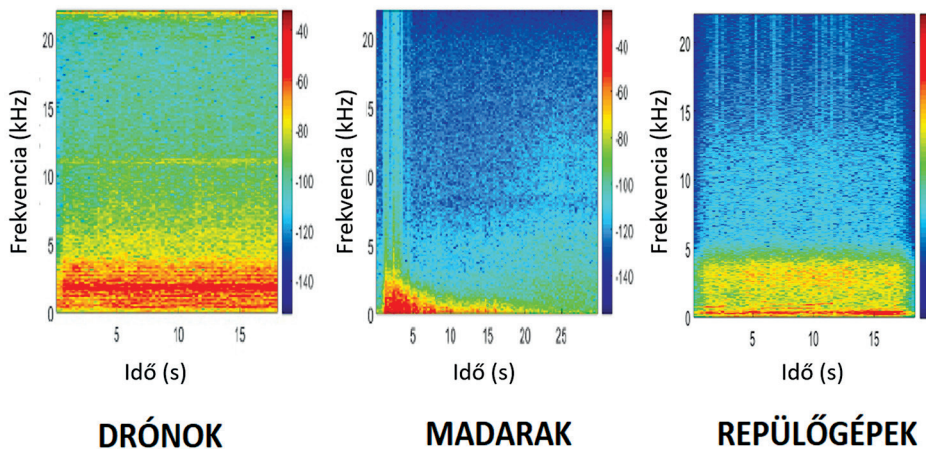
¹⁴ Aaronia AARTOS DDS – *Aaronia Advanced Automatic RF Tracking and Observation Solution Drone Detection System*: Drónészlelő és nyomonkövető rendszer.

¹⁵ *Robin Radar System*: Robin radarrendszer.

a repülőgépek környezetében. Különböző rendszerek, különféle mozgó célpontok felderítésére hivatottak, amelyek az alábbi módon érzékelhetők:

- akusztikai felderítés;
- elektromágneses hullámtartományban történő felderítés:
 - rádiójel kisugárzása alapján működő rendszerek;
 - radarrendszerek (aktív, passzív);
 - elektrooptikai rendszerek.

Az akusztikai felderítés az egyik legrégebbi módszer légi járművek detektálására. Kezdetekben a légi járművek motorzaját értékelték, majd a zaj intenzitásának az erősségén keresztül becsülték meg a légi jármű irányát és távolságát. Előnye többek között, hogy napszaktól függetlenül érzékelni lehet egy mozgó célpontot. Különböző elektroakusztikai eszközök segítségével különböző távolságokból jól érzékelhetők mozgó légi járművek, így a pilóta nélküli repülőgépek motorjai által keltett jellegzetes hang még zajos környezetből is kiszűrhető [17]. A levegőben mozgó különböző tárgyakra az érzékelése (drónok, madarak, repülőgépek) más és más frekvenciatartományon mutatható ki. Az 5. ábrán a drónok, madarak és repülőgép hangmintáinak spektrogramjai láthatók. A spektrogram a hangok ábrázolásának egy olyan módja, amely az idő függvényében tünteti fel a hangok frekvenciáját. Például a drónok esetén megfigyelhető körülbelül 2,4 kHz-nél egy jellegzetes piros vonal, amely a többi hangminták spektrogramjain nem látható. Ez azt jelenti, hogy a drónok meghajtásának zajfrekvenciájából adódóan keletkezik egy olyan rájuk jellemző hangfrekvencia-tartomány, amely mérhető, azonosítható, és amit egyben nem lehet összetéveszteni más mozgó tárgyak hangmintáival, például a madarak által keltet frekvenciaértékekkel.



5. ábra
Mozgó tárgyak hangmintáinak spektrogramjai (a szerzők szerkesztése [18] alapján)

Az elektromos hullámok tartományában történő felderítés technológiai külön-külön vagy akár egymást kiegészítve képezik a különböző földi és légi telepítésű (repülőgépek fedélzetén

elhelyezett rendszerek például FLARM¹⁶) rendszerek mozgó tárgy feltérképezését szolgáló rendszereket. Alapvető működésük abban rejlik, hogy a drónok fedélzetén elhelyezkedik valamilyen aktív sugárzó berendezés (telemetria-adatok, képi adatok, videóadatok, egyéb műszaki paraméterek továbbítása a földi rendszernek), amit érzékelve nyomon lehet követni a légi jármű térbeli tartózkodását, mozgását, valamint mozgásának irányát [17].

Napjainkban elterjedtek olyan műszaki megoldások, amelyek alapvetően másodlagos információforrásokat jelentenek. E rendszerek működési alapjait a globális helymeghatározó rendszerek szolgáltatják, ennek segítségével biztosítanak információt a légi járműveknek, hogy milyen mozgó „idegen” légi járművek vannak a környezetükben.

Az utóbbi időben a különböző műszaki megoldásoknak (OGN,¹⁷ ADS-B¹⁸) köszönhetően már nemcsak a radar alapú rendszerek alkalmasak helyzetiinformációk meghatározására és közvetítésére, hanem különféle újabb műszaki megoldások is lehetőséget biztosítanak erre [19].

7. Összegzés

A pilóta nélküli légi járműveket érintő jogszabályi környezetet megteremtő hatósági szervezeteknek nincs könnyű dolga a drónok mint „új” légtérhasználók egységes légtérszerkezetbe integrálásával. Megállapítható, hogy komoly kihívást jelentenek a drónok úgy a földi, mint a légi környezetükben történő biztonságos alkalmazásuk során, amelyek közül is kiemelt kockázataik vannak a repülőterek környezetében megvalósuló manővereknek [20], [21]. Továbbá az is megállapítható, hogy fontos lenne, ne csak a pilóta által vezetett repülőgép személyzetei – és az őket irányító légiforgalmi szolgálatok – tudjanak információt egymásról a repülés folyamán, hanem információval rendelkezzenek az egyéb a környezetükben közlekedő légi járművek, nevezetesen a drónok hollétéről is. Ezeket együttesen, és megítélésünk szerint hatékonyan lehetne alkalmazni különböző, esetleg már meglévő eljárásrendszerek átdolgozásával és/vagy új eljárások bevezetésével. Továbbá mindenképpen célszerű lenne alkalmazni a fedélzetén olyan műszaki rendszereket, amelyek a saját és idegen légi járművek helyzetét is hivatottak érzékelni és jelezni, úgy a fedélzetén, mint a földön egyaránt, legyen szó pilótás vagy pilóta nélküli légi járművekről.

Hivatkozások

- [1] Halászné dr. Tóth A., „A pilóta nélküli légi járművek repülése a jogi szabályozás tükrében,” in *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*, Palik M. szerk., Budapest, Nemzeti Közszerkesztési Központ, 2013. 173–192.
- [2] Palik M. szerk., *A repülésirányítás alapjai*. Budapest, Dialóg Campus, 2018.

¹⁶ A FLARM („riasztáson alapuló rövidítés”) egy elektronikus eszköz neve, amelyet arra használnak, hogy figyelmeztessen a kisrepülőgépek pilótáit, különösen a vitorlázó repülőgépeket, más hasonló felszerelésű repülőgépekkel való esetleges ütközésekre.

¹⁷ Az *Open Glider Network* célja a vitorlázó repülőgépek, drónok és más repülőgépek egységes nyomkövető platformjának létrehozása és fenntartása.

¹⁸ Az ADS-B-rendszer segítségével a légi járművek adatkapcsolaton keresztül automatikusan továbbíthatnak és/vagy fogadhatnak adatokat, például azonosítási, helyzet- és kiegészítő adatokat.

- [3] Palik M. szerk., *A pilóta nélküli légijárművek jelenlegi jogszabályi, technikai és működési feltételeinek légi közlekedés biztonságára gyakorolt hatásai (alapkutatás az UAV_LAW Kiemelt Kutatási Területhez)*. Budapest, NKE Szolgáltató Kft., 2015.
- [4] Csengeri J., „A drónforgalom és a drónfenyegetések rendszerszintű kezelésének lehetőségei,” *Repüléstudományi Közlemények*, 31. évf. 3. sz. 8–9. 169–186. 2019. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/251/2802>
- [5] B. M. Artacho, *Unmanned Aircraft System (UAS) Integration to Airspace and Collision Risk Assessment*. Saint Johns, New Foundland, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, 2018. Online: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34987.80160>
- [6] DEDRONE, *Worldwide Drone Incidents*. Online: www.dedrone.com/resources/incidents/all
- [7] Federal Aviation Administration, *UAS Sightings Report*. Online: www.faa.gov/uas/resources/public_records/uas_sightings_report/
- [8] Dudás Z., „Az információ fontossága a repülésbiztonságban,” *Repüléstudományi Közlemények*, 2. sz. 1–10. 2005. Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2005_cikkek/dudas_zoltan.pdf
- [9] J. Reason, *Human Error*. Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- [10] C. M. Belcastro, R. L. Newman, J. K. Evans, et al., „Hazards Identification and Analysis for Unmanned Aircraft System Operations,” in *Proc. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, 2017. Online: <https://doi.org/10.2514/6.2017-3269>
- [11] European Aviation Safety Agency, *'Drone Collision' Task Force – Final Report*. 2016. Online: www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/TF%20Drone%20Collision_Report%20for%20Publication%20%28005%29.pdf
- [12] Civil Aviation Authority: *Drone Safety Risk: An assessment*, 2018. Online: https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP1627_Jan2018.pdf
- [13] Ferenczi István, Ferenczi Ildikó, Szilágyi D., *Légi járművek fedélzeti rendszere*. Nyíregyháza, Nyíregyházi Egyetem, 2018.
- [14] P. Angelov, *Sense and avoid in UAS*. John Wiley & Sons, 2012. Online: <https://doi.org/10.1002/9781119964049>
- [15] A. Carrio, J. Tordesillas, S. Vemprala, et al., „Onboard Detection and Localization of Drones Using Depth Maps,” *IEEE Access*, vol. 8, 30480–30490, 2020. Online: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2971938>
- [16] M. Ball, *BVLOS Drone Flight Conducted Using Onboard DAA*. Unmanned Systems Technology, 2020. Online: www.unmannedsystemstechnology.com/2020/05/first-daa-only-bvlos-drone-flight-in-canada-approved/
- [17] Makkay I., „Drónok harca,” *Repüléstudományi Közlemények*, 27. évf. 1. sz. 61–72. 2015. Online: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_1/2015-1-05-0192-Makkay_Imre.pdf
- [18] S. Jamil, Fawad, M. Rahman, et al., „Malicious UAV Detection Using Integrated Audio and Visual Features for Public Safety Applications,” *Sensors*, vol. 20, no. 14, 3923, 2020. Online: <https://doi.org/10.3390/s20143923>
- [19] Makkay I., „Másodlagos információforrások a légtérben,” *Repüléstudományi Közlemények*, 31. évf. 1. sz. 103–112. 2019. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2019.1.9>
- [20] Vas T., Palik M., Nagy G., „Pilóta nélküli légi járművek repülőterekről történő alkalmazása,” *Honvédségi Szemle*, 144. évf. 1. sz. 73–82. 2016.

[21] Palik M., Vas T., „Biztonságirányítási rendszer alapelvei a UAS üzemeltetésben,” in *Repüléstudományi Szemelvények*, Békési B., Szilvássy L. szerk., Szolnok, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Intézet, 2016. 113–124.

Safety Risks of the Application of Drones and Conventional Aircrafts in a Common Airspace

Today, there is a growing demand for application of unmanned aerial vehicle, better known as drones, for both public and civilian use. Their presence appears in almost all industries, as the potential of their use holds untapped potential. At the same time, their appearance not only creates opportunities, but may also be considered a serious source of danger in the event of improper and regular use. In this article the authors want to present and analyse the negative factors associated with the appearance of drones, whether they really pose a real threat, and what the end results may be if a drone approaches or even collides with another aircraft. Furthermore, We also examine how and in what way approaches and collisions could be avoided in order to maintain an acceptable level of aviation safety.

Keywords: drone, UAV, near miss, airspace, airspace structure, risk, safety

<p>Gajdacs László, MSc főhadnagy, tanársegéd Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék</p> <p>gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859</p>	<p>László Gajdacs, MSc First Lieutenant, Assistant Lecturer University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems</p> <p>gajdacs.laszlo@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2334-6859</p>
<p>Dr. Dudás Zoltán alezredes, adjunktus Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék</p> <p>dudas.zoltan@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-8682-884X</p>	<p>Zoltán Dudás, PhD Lieutenant Colonel, Assistant Professor University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aerospace Controller and Pilot Training</p> <p>dudas.zoltan@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-8682-884X</p>

Dr. Palik Mátyás
ezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közsolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék

palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X

Mátyás Palik, PhD
Colonel, Associate Professor
University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer
Training
Department of Aerospace Controller and
Pilot Training
palik.matyas@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0002-2304-372X
