

Pilóta nélküli légi járművek okozta kihívások a légiforgalmi irányításban

1. rész: Problémák feltárása

A pilóta nélküli légi járművek számának folyamatos emelkedése újabb kihívások elé állítja a légi közlekedési iparágat, azon belül is a légiforgalmi irányítást, amelynek feladata, hogy ellenőrzött légtérben a légi járművek biztonságos közlekedése érdekében fenntartsák a légtérfelhasználók közötti megfelelő és szükséges elkülönítést. A hagyományos légi járművek védelmére új működési környezet kialakítására van szükség, amely kellő garanciát nyújt a különböző légtérfelhasználók számára, miközben lehetővé teszi az adott repülési feladat elvégzését. A felvázolt problémákra megoldást biztosító lehetőségeket a következő számunkban megjelenő 2. rész tárgyalja.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.6.5

Sándor Zsolt, PhD. – Boros Péter

okleveles közlekedésmérnök kutatás-fejlesztési szakértő
független közlekedési szakértő
e-mail: zsolt.sandor1@gmail.com, peter.boros@hungarocontrol.hu

1. BEVEZETŐ

A kisméretű, kereskedelmi forgalomban elérhető RPA rendszerek (*Remotely Piloted Aircraft Systems – pilóta nélküli légi járműrendszerek, továbbiakban RPAS*) az utóbbi években egyre jobban terjednek. A műszaki és technológiai fejlődés hatására ezen járművek – *köznapi néven: drónok* – térhódítása a jövőben még szignifikánsabbá válik. Az újabb műszaki technológiák megjelenése és a tömegtermelés által a költségek és a végfelhasználói árak csökkennek, továbbá a felhasználási lehetőségek folyamatos növekedése lehetővé teszi egy új iparág kibontakozását. Míg korábban a pilóta nélküli légi járműveket (*Unmanned Air Vehicle, továbbiakban UAV*) elsősorban a katonaság alkalmazta a támadások és felderítések során, addig ma már inkább a kereskedelmi

célú felhasználás kerül előtérbe a szolgáltatási, mezőgazdasági és könnyűipari területen. A felhasználási igények kielégítése a korábbiaktól jelentősen különböző megvalósítást kíván mind a légi járművek kialakításában és paramétereiben, mind a vezérlés módjában.

A polgári felhasználási igények fokozatos növekedése húzóerőként hat a repülési ipar ezen területére, ezáltal a repülési iparág II. világháború óta tartó fejlődése a korábbiaktól eltérő pályát ír le. A fejlesztések nyitottak, a fejlesztők bármely fejlettségi szinten csatlakozhatnak, ami azt eredményezi, hogy a piacon a legváltozatosabb megoldások megtalálhatók. Az olcsó, elterjedt és könnyen hozzáférhető eszközök hatására a felhasználói oldal is felhígul, így a repülésben szinte bárki részt vehet, ami komoly biztonsági kockázatot rejt. Az RPA rendszerek

fokozódó elterjedése veszélyeztetheti a polgári légi forgalom és a mesterségesen épített infrastruktúra biztonságát, nem beszélve az emberi életről. Mindezek miatt olyan megoldásokra van szükség, amelyek komplex módon kezelik a felmerülő repülésbiztonsági és repülésvédelmi kérdéseket úgy, hogy az újonnan megjelenő és a légtérbe belépő, azt felhasználó pilóta nélküli légi jármű-rendszerek ne veszélyeztessék a hagyományos légtérfelhasználókat.

A probléma nemzetközi voltát szemlélteti, hogy a világ fejlett országaiban a vezető tudományos kutatóintézetek kutatják azokat a válaszokat, amelyek a kihívást képesek kellő biztonsági garanciával kezelni. Amerikában a NASA¹ az FAA² -vel közösen, Európában a EUROCONTROL a vezető repüléstudományi kutatóintézetekkel és légiforgalmi szolgáltatókkal (NATS³, DLR⁴, DFS⁵, Indra, Thales, stb.) együtt keresik a megoldásokat. A cikkben említett kihívások, indokok, megoldások országokon átívelően jelentkeznek, azonban egyes esetekben saját nemzeti szintű megoldásokat alkalmaznak, illeszkedve a helyi jogszabályi környezethez.

2. PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK TÁRGYKÖRÉNEK ISMERTE-TÉSE

Annak érdekében, hogy a cikk témájául szolgáló kifejezések használata az olvasó számára egyértelmű legyen, az alábbiakban áttekintjük a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos definíciók [1], [2], [3], [11]:

- **Légi jármű:** bármely épített szerkezet, amelynek légkörben maradása a levegővel való olyan kölcsönhatásból ered, amely más, mint a földfelszínre ható légerők hatása.
- **Pilóta nélküli légi jármű⁶:** olyan polgári légi jármű, amelyet úgy terveztek és úgy tartanak üzemben, hogy vezetését nem a

fedélzeten tartózkodó személy végzi > *maga a repülő szerkezet a repülés fizikai megvalósításához szükséges egyéb – pl. irányító – berendezések nélkül.*

- **Pilóta nélküli légi jármű-rendszer:** a légi járművet, a légi jármű vezetéséhez szükséges távvezérlő munkaállomást és az ezek közötti folyamatos adatkapcsolatot nyújtó berendezést, valamint a légi járművel végrehajtott repüléshez szükséges egyéb berendezéseket magában foglaló rendszer és az irányítást végző humán összevők együttese > *azon berendezések összessége, amely segítségével a légi jármű távvezérelt módon képes egy-egy repülési feladat végrehajtására.*
- **Pilóta nélküli légi jármű-vezető:** az a személy, aki az adott pillanatban a pilóta nélküli légi jármű távvezetését végzi vagy az autonóm repülést felügyeli, és birtokában van mindazon ismereteknek, amelyek a repülési feladat végrehajtásához szükségesek.
- **Távvezérlő munkaállomás⁹:** az az állomás és a kapcsolódó berendezések összessége, amelyről a pilóta nélküli légi jármű távvezetése történik, beleértve a felhasznált adatviteli technológiát is.
- **Autonóm repülés:** olyan művelet, amely során a pilóta nélküli légi jármű a tervezett feladatokat a saját műszereire támaszkodva, önállóan, a pilóta nélküli légi jármű-vezető beavatkozása nélkül képes végrehajtani.
- **Telemetria:** repülési paraméterek folyamatos továbbítása a légi járműről a távvezérlő munkaállomás felé.

2.1. Pilóta nélküli légi járművek csoportosítási lehetőségei

Jelenleg erre még nincs egységes szabvány, azonban az amerikai Védelmi Minisztérium különböző ismérvek felhasználásával csoportosítja a már létező megoldásokat. Több lehetőség kínálkozik a különböző ismérvek alapján [2], [4], [5], [6], [7], [8], [11]:

¹ National Aeronautics and Space Administration: Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal

² Federal Aviation Administration: Szövetségi Légügyi Hivatal

³ National Air Traffic Services Holdings: Egyesült Királyság légiforgalmi irányító szolgálata

⁴ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Német Űrkutatási Központ

⁵ Deutsche FlugSicherung: Német légiforgalmi irányító szolgálat

⁶ európai terminológiában: *remotely piloted aircraft (RPA)*, amerikai terminológiában *unmanned aerial vehicle (UAV)*

⁷ európai terminológiában: *remotely piloted aircraft systems (RPAS)*, amerikai terminológiában *unmanned aerial system (UAS)*

⁸ *remote pilot (RP)*

⁹ *remote pilot station (RPS)*

Légi közlekedés

2.1.1. Méret alapján: (lásd. 1. táblázat)

| 1. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása a méret alapján | | | |
|--|----------------------|---|--|
| Típus | Nagyságrend | Terhelés | Kiegészítő információk |
| Extra kisméretű eszközök | néhány centiméter | néhány 10 gramm | nano, mikro, mini UAV-k |
| Kisméretű eszközök | néhány 10 centiméter | néhány kg-s teher (pl. kamera, szenzorok, stb.) | köznapi szóhasználatban ezeket tekintjük drónoknak |
| Közepes méretű eszközök | néhány méter | néhány 10 kg-s teher | légi járművek emberi erővel történő – kézzel – indítása nem megvalósítható Légiforgalmi irányítási szempontból nem relevánsak, csak elkülönített légtérben, illetve megfelelő válaszeljáró berendezéssel felszerelve üzemeltethető. |
| Nagyméretű eszközök | néhány 10 méter | katonai harcászati berendezések 100 kg-s teher | Légiforgalmi irányítási szempontból nem relevánsak, csak elkülönített légtérben, illetve megfelelő válaszeljáró berendezéssel felszerelve üzemeltethető. |

2.1.2. Teljesítmény alapján: (lásd. 2. táblázat)

| 2. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása a teljesítményük alapján | | | | | | |
|---|-------------------|--|--------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|
| Teljesítményszint | Típus | Üzemi magasságtartomány | Hasznos teher | Üzemidő | Hatótáv | |
| Kisteljesítményű UAV | MAV ¹ | alacsony magasság | maximum néhány 10 méter | pár gramm | néhány perc | néhány 100 méter |
| Közepes teljesítményű UAV | LASE ² | | néhány 10-100 méteres magasság | néhány (1-5) kg | néhányszor 10 perc | néhány km |
| Nagyteljesítményű UAV (jellemzően katonai vagy állami célú felhasználásra alkalmazott berendezések) | LALE ³ | | néhány 100 méteres magasság | néhány (1-10) kg | néhányszor 30 perc | néhány 10 km |
| | MALE ⁴ | közepes magasságban, néhány km-es magasság | néhányszor 10 kg | néhány órás nagyságrend | több száz km | |
| | HALE ⁵ | nagy magasságban (10-30 km között) | néhányszor 100 kg | néhányszor 10 óra | akár több ezer km | |

2.1.3. Típus és kialakítás szerint: (lásd. 3. táblázat)

| 3. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek csoportosítása típus és kialakítás alapján | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|------------------------------------|
| levegőnél könnyebb légi járművek | levegőnél nehezebb légi járművek | | | |
| ballon és léghajó | merev szárnyú | hibrid (független fel- és leszállásra képes merevszárnyú, billenőszárnyú, billenőrotoros) | forgószárnyas (egy rotortal: hagyományos, koaxiális Flettner rotortal szerelt) | forgószárnyas (több rotortal: 3-8) |

¹ Micro Air Vehicle

² Low Altitude, Short Endurance

³ Low Altitude, Long Endurance

⁴ Medium Altitude, Long Endurance

⁵ High Altitude, Long Endurance

2.1.4. Funkció alapján (high-level szintű felsorolás):

- o Állami feladatok (beleértve a katonaság által végzett tevékenységeket is):
 - rendvédelem támogatása,
 - légi- és bűnügyi felderítés,
 - bűnüldözés,
 - kutatás-mentés,
 - katasztrófavédelem támogatás,
 - határvédelem,
 - légi támogatás,
 - légi megfigyelés, kiemelt események biztosítása, stb.
- o Humanitárius tevékenységek (más módon nem megközelíthető területek ellátása)
- o Mezőgazdasági tevékenységek támogatása (permetezés, ellenőrzés, stb.)
- o Vezetékellenőrzés (gáz, kőolaj, távvezeték, stb.)
- o Környezeti és természeti megfigyelések
- o Távérzékelés, fotogrammetria
- o Légi felvételek készítése (fényképek és mozgóképek)
- o Védelmi megfigyelések (biztonsági rendszerek kiegészítése vagy kiváltása légi megfigyelés által)
- o Tudományos tevékenységek és kutatások (járműgyártás, légkörfizika, stb.)
- o Légi áru- és személyszállítás
- o Hobbis és rekreációs tevékenységek: kedvtelési célból végzett, szabadidős, kizárólagosan szabadtéri tevékenységek összessége (filmezés, drónversenyek, stb.)

2.1.5. Tömeg alapján: illeszkedve a tervezett hazai szabályozáshoz

- o 250 gramm alatt,
- o 250 gramm és 2 kg közötti,
- o 2 kg és 25 kg közötti
- o 25 kg feletti (egészen 150 kg-ig)

2.2. Pilóta nélküli légi járművek iparági kapcsolódási pontjai

A pilóta nélküli légi járművek és azok használata a repülési iparágon belül számos szereplő

között folyamatos együttműködést igényel. Iparági szereplők:

- Jogalkotók: hazai és nemzetközi szabályozási környezetet kialakító szervezetek.
- Felügyeleti és ellenőrzési szerepköröket ellátó intézmények.
- Járműgyártók, fejlesztők és tudományos kutatóintézetek, amelyek a járművekre épített berendezéseket fejlesztik.
- Üzemeltetők és felhasználók, akik a pilóta nélküli légi járművekkel különböző célokból tevékenységeket folytatnak, amelyek lehetnek állami, kereskedelmi (ipari, mezőgazdasági, stb.) vagy magán tevékenységek.
- UTM¹⁰ szolgáltatók (amely részben akár globális rendszerház is lehet): biztosítják a pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjéhez szükséges rendszereket, amelyek hasonlóak a jelenlegi légiforgalmi menedzsment (ATM) rendszerekhez, azonban kifejezetten az UAS megoldásokat támogatják. Ezek további szolgáltatókra bonthatók:
 - o radargyártók, felderítési /radarszolgáltatók,
 - o AIS¹¹ szolgáltatók: légiforgalmi tájékoztató anyagok elérhetőségét biztosító szolgálat,
 - o Kommunikációs szolgáltatók,
 - o ATM-UTM integrátor: biztosítja, hogy a különböző felhasználási területekre készült rendszerek között az adatok továbbítása megtörténjen.
- ANSP¹² / ATM szolgáltatók.
- Oktatást biztosító szervezetek.
- Biztosító társaságok, akik a kötelező felelősség biztosítást nyújtják az üzemeltetőknek.
- Érdekképviseleti szervezetek.
- Hagyományos légtérfelhasználók (IFR, VFR légi forgalom).
- Repülőterek (különböző osztályúak).

3. A TÉMA INDOKOLTSÁGA

3. 1. Operatív irányítási szempontok

A légiforgalmi irányítás szempontjából a legnagyobb kihívást az alacsony magasság-

¹⁰ Unmanned Aerial System Traffic Management System – pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjét biztosító rendszer együttes

¹¹ Aeronautical Information Services - Légiforgalmi Tájékoztató Szolgálat

¹² Air Navigation Service Provider: Léginavigációs Szolgáltató

tartományban – very low level VLL – (terep felett, maximum néhányszor 500 láb magasan) üzemelő, kisméretű, pontos helymeghatározást lehetővé tévő radar-válaszjeladóval nem felszerelt pilóta nélküli légi járművek jelentik, amelyek pontos pozíciója nem ismert a légiforgalmi irányítás számára. A kisméretű UAV-k a kialakításuk miatt a hagyományos elsődleges légtérelenőrző radarokkal nem deríthetők fel. Ezen alacsony magasságtartományban a drónok ideiglenesen vagy tartósan átfedésben lehetnek a többi, hagyományos légi jármű által használt légtérrel és a pozíciók ismeretének hiánya, továbbá az RPA rendszerek észlelhetőségének nehézsége jelentős repülésbiztonsági kockázatot jelent (főleg a hagyományos légi forgalom által érintett forgalmas területek felett: repülőterek környezete, mentőhelikopterek útvonala, stb.).

A légiforgalmi irányítás oldaláról jelentkező beavatkozási lehetőségek hiánya, illetve jelentős nehézsége újabb problémákat vetnek fel, mivel előfordulhatnak olyan forgalmi helyzetek, amikor szükségessé válik az azonnali beavatkozás (pl. útvonal módosítása).

Operatív szempontból a legjelentősebb probléma, ha két légi jármű ütközik. Ez különösen veszélyes, ha a levegőben két összemérhető tömegű vagy sebességű légi járművel történik.

Mindezek elkerülése érdekében olyan megoldás kialakítása szükséges, amely segítségével kellő garanciával megvalósítható a pilóta nélküli légi járművek működésének integrálása a többi (hagyományos) légtér-felhasználó közé. Ennek érdekében jelenleg a légiforgalmi irányítási iparágon belül kialakulóban van egy újabb szegmens az UTM. Ennek feladata a hagyományos légi járművek fogalmi menedzsmentjéhez hasonlóan a pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentjének biztosítása, amely számos a repüléshez közvetten kapcsolódó területre is kiterjed.

3. 2. Gazdasági tényezők

Az RPAS piac világszerte folyamatosan bővül, ami mind az értékesített légi járművek darabszámában, mind az iparági befektetésekben is érzékelhető. A SESAR JU¹³ felmérése alapján Európában, az utóbbi időszakban minden évben a duplájára emelkedett az értékesített drónok száma. 2016. év végén kb. 1-1,5 millió drón volt használatban, amelyekből kereskedelmi tevékenységre ennél jóval kevesebbet, kb. 10 000 darabot, míg a többit a polgárok kedvtelési célra használták [9].

A SESAR JU előrejelzése szerint 2035-re a pilóta nélküli légi járművek (UAV) piacának éves forgalma eléri a 10 milliárd EUR-t, 2050-re a 15 milliárdot. Ezen összegek legnagyobb részét a kormányzati és kereskedelmi megrendelések adják.

Amerikában az FAA végzett kutatásokat és trendelemzést a témával kapcsolatban. A legfrissebb (2016. év végi) adatok alapján elkészült 2017-es előrejelzés az alábbi megállapításokat tette a 250 gramm és 2,5 kg közötti kisméretű drónokkal – small UAV (sUAV) – kapcsolatban [10]:

- 2015 decemberétől 2016. év végéig 626 ezer – sUAV-t – regisztráltak az egyéni, nem kereskedelmi célú felhasználók, azonban a becslések szerint közel kétszer ennyire tehető az sUAV-k száma. Még a konzervatív becslések alapján is több mint a háromszorosára (3,55 millióra) nő az sUAV-k száma 2021-ig.
- A kereskedelmi célú felhasználások számát tekintve a szektor még a kezdeti emelkedés beindulásának fázisában van. A következő évekre az előrejelzések azt várják, hogy egyre meredekebben emelkedik az ilyen célú felhasználás. A legvisszafogottabb becslések alapján is 2021-ig a 2016-os méret ötszörösére nőhet a piac, de azt jóval meg is haladhatja. A felhasználást tekintve az sUAV-k legjellemzőbb kereskedelmi tevékenységek: légi felvételek készítése, ingatlanok felmérése; építkezések, ipari létesítmények és közművek vizsgálata; mezőgazdasági megfigyelések stb.

¹³ Single European Sky ATM Research Joint Undertaking

- A regisztrált pilóta nélküli légi jármű-vezetők száma, – akik on-line képzést végeznek el és tudásszint felmérőt írnak – 2021-ig várhatóan meghússzorozódhat.

2016-ban a világban 100-as nagyságrendben működtek cégek, amelyek a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekkel kapcsolatosan végeztek tevékenységet. Ezek a berendezések fejlesztésétől, a kereskedelmi tevékenységeken át egészen a biztosításokig terjedtek. Csak Amerikában 600 cég gyárt különböző, a kereskedelmi forgalomban elérhető RPA rendszereket.

Továbbá figyelembe kell venni, hogy az előrejelzések nem foglalkoztak azon repülésekkel, amelyeket a csomagküldő szolgáltatók használnának, tekintettel arra, hogy erre még nem létezik olyan szabályozás, amely lehetőséget biztosít ilyen típusú repülések üzemszerű megvalósításához. Ezek jellemzően olyan műveletek, ahol a légi jármű vezetőjének nincs vizuális kapcsolata a légi járművel (BVLOS¹⁴). Amennyiben megvalósulnak az ilyen repülések jogszabályi feltételei, akkor az újabb milliókkal növelheti az UAV-kel végrehajtott műveletek számát [10].

3.3. Jogszabályi hiányosságok és a feladatok elvégzésének nehézségei a légtérhez való korlátozott hozzáférés miatt

A pilóta nélküli légi járművekkel való közlekedés egységes szabályozása még számos fejlett országban kidolgozás alatt áll. Jelenleg nem állnak rendelkezésre olyan szabályok, amelyek lehetővé teszik az RPA rendszerek egyszerű, gyors és hatékony használatát. Mivel az iparág fejlődés előtt áll, és a technológia felhasználási lehetősége szinte korlátlan, így a jogalkotó csak reaktív módon tudja követni az eseményeket, illetve ezen eszközök működését a korábban kialakított környezetbe kell beilleszteni, amelyet az RPAS technológia már meghaladott. A Chicagói Egyezmény rendelkezik a pilóta nélküli légi járművekről, amely ezeket az eszközöket pilóta nélküli repülésre alkalmas légi járműnek határozza meg, azonban ezek nem

rendelkeznek olyan technológiai berendezésekkel, amelyekkel maradéktalanul megfelelnek a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) által meghatározott, a légi járművekre vonatkozó előírásoknak. Ezért nem alkalmazhatók rájuk ugyanazok a szabályok, mint amikor a repülés a pilóta fedélzeti jelenléte mellett valósul meg.

Az Európai Unió és a tagállamok közötti megosztás alapján a tagállami szabályozás hatálya a 150 kg alatti pilóta nélküli légi járművekre terjedhet ki, azonban jelenleg nincs olyan jogszabály, amely kifejezetten a 150 kg alatti pilóta nélküli légi járművekre vonatkozik.

A jelenlegi hazai gyakorlat szerint a drónok használatához eseti légtérrel kell kérnie az üzemeltetőnek, hogy a kijelölt légtérben a repülési feladat elvégezhető legyen oly módon, hogy az ne veszélyeztesse a többi légtérfelhasználót. Ez azonban jelentős adminisztrációs teherrel jár mind az üzemeltetői, mind a szolgáltatói oldalon, ami egyes esetekben ellehetetleníti az ad hoc vagy nagyon rövid határidejű – egyébként népszerűséget generáló – feladatok elvégzését, az egyszerű munkavégzést, mivel a teljes eseti légtér-kijelölési folyamat időszükséglete a 2-3 hetet is elérheti. Tekintettel a széles körű alkalmazási lehetőségre, valamint a pilóta nélküli légi jármű-vezetők számának növekedésére, egyre nagyobb igény mutatkozik az eseti légterek kijelölésére, így csökkentve a rugalmas légtérfelhasználás lehetőségét, aminek megvalósítását számos más szabályozás is nehezíti.

Ez a jelentős adminisztrációs többlet egy olyan akadály, amit orvosolni kell, és létre kell hozni egy olyan működést szabályozó megoldást, amely lehetővé teszi az akár azonnali légtérhasználatot is.

Mindezen jogi akadályok jelenleg gátolják az UAV-k nagyarányú elterjedését. Amennyiben ezek elhárulnak, úgy az iparági fejlődésnek újabb dimenziói nyílnak meg, és hatására további jelentős felfutás várható.

¹⁴ Beyond Visual Line Of Sight: olyan repülések, melyek esetén a légi jármű vezetőjének nincs vizuális kapcsolata a légi járművel, csak a telemetrikus adatok alapján végzik annak vezérlését.

4. MŰSZAKI KIHÍVÁSOK

4.1. Felderítés

Lényeges, hogy a légiforgalmi irányítást és a légiforgalmi tájékoztatást ellátó szervezeteknek tudomásuk legyen minden, a levegőben tartózkodó járműről. A hagyományos légi járművek tömegük, kiterjedésük és műszerezettségük tekintetében alkalmasak arra, hogy róluk rendelkezésre álljon radar felderítési adat (*akár elsődleges, akár másodlagos radarjel formájában*).

Az RPA rendszerek esetén ez a légiforgalmi irányításban használt eltérő hatótávolságú polgári, primerlégtér ellenőrző radarokkal nem mindig valósítható meg, mivel a kisebb repülő járművek mérete a radarok felbontóképessége alatt található, és szerkezetük olyan anyagból készült (műanyag, kompozit, stb.), amelyeket ezen berendezések nem tudnak azonosítani, mivel ezek nem reflektálják a radaroktól származó sugarakat. Ez jellemzően a néhány 10 cm kiterjedésű légi járművekre vonatkozik. Nagyobb – *20-30 kg feletti* – járművek esetén az elsődleges radar már képes azokat érzékelni, tekintettel arra, hogy ezek már rendelkeznek akkora felülettel, amelyek visszaverik a radarhullámokat.

További felderítési nehézséget jelent, hogy a pilóta nélküli légi járművekre nem kötelező felszerelni a válaszjeladót – *transzpondert* –, továbbá ezek leginkább a terepszint felett alacsony magasságon hatják végre a repülési feladatukat – *terezsint felett maximum 100-200 méterrel* –, ahol a hagyományos felderítő és légtérellenőrző rendszerek (sem a primer, sem a szekunder radarok) nem képesek érzékelni a járműveket. A terepszint folyamatos változása miatt a magasabb területek megakadályozzák a radarhullámok terjedését, így alacsony magasságban radarfedésben árnyékolt területek adódhatnak.

Jelenleg több megoldás is létezik arra, hogy a kisméretű repülő tárgyakat felderítésék, azonban ezek műszakilag teljesen függetlenek az ATM rendszertől, így ahhoz, hogy a légiforgalmi irányításban használt rendszerekben

ezen adatok elérhetőek legyenek, szükséges integrálásuk.

Felderítés szempontjából az alábbi megoldások állnak rendelkezésre:

- RPA rendszereket vezérlő rádiófrekvenciák megfigyelése és annak elemzése;
- SpotterRF Perimeter megfigyelő radarok,
- Holografikus radarok;
- FMCW – frekvencia modulált, folyamatos hullám – radar;
- Radar és képfeldolgozó kombinált rendszer, ami képes az elsődleges céljel vizualizációjára az optikai szenzorok által;
- Akusztikus szenzorok: minden drónnál a rotorok működése egyedi karakterisztikával rendelkezik, így az akusztikus szenzorok észlelik és meg tudják határozni az adott területen közlekedő drónt.

Lényeges, hogy az RPA rendszerek azonosításához – *az alkalmazott műszaki megoldások korlátozott volta miatt* – jóval nagyobb és kiterjedtebb infrastruktúra hálózatra van szükség, mint a hagyományos légi járművek észleléséhez.

4.2. Repülésbejelentés és útvonaltervezés (FPL)

A pilóta nélküli légi járművekkel történő repülési feladatok végrehajtásával összefüggésben repülési terv leadása nem kötelező. Ezáltal a légiforgalmi irányítás számára nem ismert, hogy milyen időpontban, milyen területek felett várható egy-egy repülési tevékenység.

Egyes RPAS megoldások (repülési műveleteket tervező applikációk) már képesek feldolgozni a tervezett repülési feladatot, azonban az így keletkező adatok jelen körülmények között a légiforgalmi irányítás számára nem elérhetőek, mivel a szigetüzemben működő rendszerek és az irányítói forgalmi menedzsment rendszerek között nincs összeköttetés. Ráadásul az előzetes vagy valós idejű repülésmegfigyelő rendszerek használata a felhasználó által alkalmazott repülésirányító rendszertől függ, amit befolyásol az RPA rendszer vezérlési módja és a gyártó által használt irányítási platform.

További nehézséget jelent, hogy az ilyen típusú repülést támogató rendszerek nincsenek összeköttetésben az AIS szolgáltatókkal, így az ott megjelenített légtér és egyéb adatok hitelessége nem garantált.

4.3. Légijármű-azonosítás

A hagyományos légi járművek esetén a légiforgalmi irányítás által használt repülési adatokat feldolgozó rendszer képes egyértelműen azonosítani a légtérben tartózkodó légi járműveket a repülési terv és a radarjelek alapján, azok összerendelésével. Így az irányítók számára rendelkezésre állnak azon információk, ami alapján egyértelműen meghatározható, hogy melyik légi jármű milyen repülési feladatot hajt végre.

Pilóta nélküli légi járművek esetén ez nem valószínűsíthető meg, mivel eleve korlátozottak a felderítési lehetőségek – *mind az elsődleges, mind a másodlagos radarjelek alapján* –, és a repülési tervek is hiányoznak, ami alapján ezek összerendelése nem megoldható. A jelenlegi felderítő rendszerek egyes esetekben maximum a levegőben tartózkodó drón típusának azonosítására alkalmasak.

4.4. Safety & Security

Repülésbiztonsági (safety) szempontokból a többi légtérhasználóval való esetleges konfliktusok elkerülése a legfontosabb. A jelenlegi fejlettségi szinten az eltérő műszerezettséggel rendelkező pilóta nélküli légi járművek nem képesek minden esetben érzékelni a többi légi járművet, és nem is rendelkeznek olyan automata ütközésselkerülő rendszerrel, amely egy konfliktushelyzetben előre rögzített szabályok szerint a repülési útvonal megváltoztatásával biztosítja a veszély elhárítását.

Egy másik jelentős probléma a vezérlőjel elvesztése vagy bármilyen más műszaki meghibásodás esetén alkalmazandó protokoll a repülések végrehajtása során. Mivel erre nincs egységes megoldási javaslat, így jelenleg az adott RPAS gyártóján múlik, hogy milyen eljárást követ ezen események bekövetkezése esetén. Élet- és vagyonbiztonság szempont-

jából kritikus navigációs alkalmazások – légi közlekedés – területén a felhasználás megbízhatósága elengedhetetlen.

A biztonság összefügg a légi járművekre vonatkozó légi alkalmassági követelmények szigorúságával is. A szabályok segítségével meghatározhatók azok az alapvető szerkezeti és működési követelmények, amelyek biztosítják a biztonságos repülés végrehajtását.

Repülésvédelmi (security) szempontból a terrorizmus egyre fokozódó megjelenése miatt a drónok elterjedését fokozottan kell vizsgálni. Tekintettel a felderítési nehézségekre az UAV-k használata egyes terrorista csoportok számára kézenfekvő lehet. Védelmi szempontból jelenleg nem megoldott:

- a telemetria jellemzők folyamatos nyomon követése, amely kiterjedését tekintve túlmutat az UAV és a földi irányító közötti adatvitelre,
- az adatátviteli protokollok és azok adattartalmának elemzése,
- a kibervédelmi megoldások, a vezérlés zavarásának megakadályozása vagy éppen ennek megvalósítása,
- a pilóta nélküli légi járművek vezérlésének átvétele,
- a speciális (pl. tiltott, korlátozott) légterekbe való berepülés megakadályozása,
- a drónok által szállított teher azonosítása,
- az UAV-k elfogása, vezérlésük átvétele, deaktiválása vagy a repülésből való végleges kiemelése.

4.5. Adatátvitel és kommunikáció

Lényeges, hogy a pilóta nélküli légi járművekkel való kommunikáció a hagyományos repülőgépektől eltérő módon valósul meg, tekintettel arra, hogy az adattartalom eltérő és az adatmennyiség egy-egy repülési feladat végrehajtása során jóval nagyobb. Emiatt olyan adatkommunikációs csatornát kell alkalmazni, amely képes arra, hogy valós időben, késés nélkül, a vezérléshez szükséges sávzsélesség biztosítása mellett kiszolgálja az igényeket (*vezérlőjelek fedélzetre juttatása és a telemetria adatok lesugárzása a földi állomásra*). Jelen-

leg a kis hatótávú – a távvezérlő munkaállomás hatókörében – megvalósított repülések esetén a WiFi és a hozzá hasonló kis teljesítményű kommunikáció a hatékony megoldás. Nagyobb távolságot lefedő repülésekhez már olyan csatorna alkalmazása válik szükségessé, amit a jelterjedési korlátok nem zavarnak. Ezek jellemzően a harmadik és negyedik generációs mobil adatátviteli megoldások, amelyek képesek kiszolgálni az aktuális igényeket. A jövőben azonban, ha nő a világhálóra kapcsolt berendezések száma (IoT), úgy már a 4G sem lesz képes a szükséges pontosságra. A jelenleg kutatási és fejlesztési szakaszban lévő ötödik generációs hálózatok már képesek lesznek az ilyen – ma még extrémnek tartott terhelési – igények kiszolgálására is.

További megoldandó feladat annak biztosítása, hogy a pilóta nélküli légi járművek képesek legyenek egymással kommunikálni, és így feloldják az esetleges konfliktushelyzeteket (hasonlóan, ahogyan ma az ACAS/TCAS rendszerek működnek) vagy rajban való repülés esetén tartani tudják az egymáshoz viszonyított helyzetüket.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekből látható, hogy a pilóta nélküli légi járművek használatával kapcsolatos tevékenységek milyen összetett kihívásokat jelentenek, amelyek hatékony kezelése és megoldása elengedhetetlen a légi közlekedés biztonságot lebonolyítása érdekében. A kihívások súlyát növeli, hogy a légiközlekedési iparágon belül az UAV/UAS megoldások fejlődnek, így a szegmens bővül.

Az RPA rendszerek fokozódó elterjedését több, egymással szoros kapcsolatban lévő tényező kölcsönhatása eredményezi:

- számos gazdasági szereplő foglalkozik a pilóta nélküli légi járművek gyártásával és fejlesztésével, így egyre olcsóbbá és egyre nagyobb körben elérhetővé válnak,
- a fokozatosan megjelenő új funkciók hatására egyre nagyobb arányban váltható ki a humán munkaerő,
- az új funkciók látens igényeket is képesek kielégíteni,

- kezelésük egyszerűbbé vált az utóbbi időszakban, és az irányítása nem igényel különleges tudást, ismeretet, előképzettséget,
- kutatás fejlesztés érdekében az iparágon belül számos – különböző tevékenységi körrel rendelkező – szereplő fogott össze, hogy a piacon nagyobb erővel rendelkezzenek.

A következő években az iparágon belül a technológiai fejlesztések hatására jelentős bővülés várható, ami indokolja, hogy mihamarabb megoldások szülessenek. Az UTM jelentősége felértékelődik, és új szolgáltatások megjelenése várható, amelyek kezdeti formái – start up vállalkozások megjelenése, kutatási együttműködése, stb. – már most is láthatók.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] LT (1995): 1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről
- [2] Drón törvény (2016): Pilóta nélküli légi járművekről szóló rendelettervezet www.kormany.hu/download/8/db/e0000/RPAS_honlapra.pdf
- [3] ECTL TZ (2016): Eurocontrol – Remotely Piloted Aircraft Systems – A Regulatory Overview Luxemburg 2016
- [4] GEOG 892: PennState College of Earth and Mineral Sciences, Department of Geography: GEOG 892 Geospatial Applications of Unmanned Aerial Systems (UAS)
- [5] Watts, A.C.; Ambrosia, V.G.; Hinkley, E.A. (2012): Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. Remote Sens., 4(6):1671-1692. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4061671>
- [6] DoD (2011): Department of Defense: Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan, March 2011 UAS Task Force Airspace Integration Integrated Product Team.
- [7] Valavanis and Vachtsevanos (2015): Kimon P. Valavanis, George J. Vachtsevanos: Handbook of Unmanned Aerial Vehicles 2015, ISBN: 978-90-481-9706-4

- [8] Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, Dr. P. M. Jawandhiya (2013): Review of Unmanned Aircraft System (UAS). International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) 2(4), ISSN: 2278 – 1323
- [9] UTM Special (2017): UTM Special Report – Urban Planning. Air Traffic Management Magazine. Issue 1 2017. pp. 30-33. ISSN: 0969-6725
- [10] FAA Forecast (2017): FAA Aerospace Forecast, Fiscal Years 2017-2037 [https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/](https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2017-37_FAA_Aerospace_Forecast.pdf)
- [11] Thomas Prevot, Joseph Rios, Parimal Kopardekar, John E. Robinson III, Marcus Johnson, and Jaewoo Jung: "UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations", 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (2016), AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-3292) <http://dx.doi.org/10.2514/6.2016-3292>



The Challenges of Unmanned Aerial Vehicles in Air Traffic Control; Part 1: Exploring Problems

The steady increase in the number of unmanned aerial vehicles poses new challenges to the aviation industry, including air traffic control, the task of which is to maintain adequate and necessary separation between airspace users in controlled airspace to ensure the safe aerial transport. In order to protect traditional aircraft, it is necessary to create a new operating environment that provides a sufficient guarantee to different airspace users while allowing the flight tasks to be performed. This article describes the areas that are currently posing the highest risk for air traffic management due to the use of drones. The options for solving the problems outlined in Part 1 are discussed in Part 2, which appears in our next issue.



Die Herausforderungen der Luftsicherung durch unbemannte Luftfahrzeuge; Teil 1: Erforschung der Probleme

Die stetige Zunahme unbemannter Luftfahrzeuge bedeutet neue Herausforderungen für die Luftfahrtindustrie, einschließlich der Flugverkehrskontrolle, deren Aufgabe es ist, eine angemessene und notwendige Trennung zwischen den Luftraumnutzern im kontrollierten Luftraum aufrechtzuerhalten, um den sicheren Transport von Luftfahrzeugen zu gewährleisten. Im Interesse vom Schutz der traditionellen Flugzeugen ist es notwendig, ein neues Betriebsumfeld zu schaffen, das den verschiedenen Luftraumnutzern eine ausreichende Garantie bietet und gleichzeitig die Durchführung der Flugaufgaben ermöglicht. In diesem Artikel werden die Bereiche beschrieben, die aufgrund des Einsatzes von Drohnen derzeit das größte Risiko für das Flugverkehrsmanagement darstellen. Die Möglichkeiten zur Lösung der in Teil 1 beschriebenen Probleme werden in Teil 2 diskutiert, der in unserer nächsten Ausgabe erscheint.