

Sándor Zsolt

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ RENDSZEREK FORGALMI MENEDZSMENTJÉT BIZTOSÍTÓ MEGOLDÁSOK FEJLESZTÉSI FOKOZATAI

A pilóta nélküli légijárművek forgalmi menedzsmentje a jövő egyik nagy kihívása a légiforgalmi iparágban. A jövőben megjelenő rendszerek olyan funkcionális megoldásokat kínálnak, melyek segítségével megoldható ezen légijárművek közlekedésének beillesztése a hagyományos légijárművek közé a földközeli, alacsony magasságú repülések esetén. A technológia folyamatos fejlődésével lépést kell tartania az irányító rendszernek is, ezért lényeges, hogy olyan moduláris felépítéssel rendelkezzen, mely biztosítja az újonnan megjelenő műszaki igények implementálhatóságát. Jelen cikkben bemutatásra kerül egy olyan modulárisan egymásra épülő rendszerkonceptió, mely segítségével megvalósítható a fokozatos fejlesztés a mindenkori műszaki igényeknek megfelelően.

Kulcsszavak: pilóta nélküli légijárművek irányítása, drónok, UTM, légiforgalmi menedzsment

BEVEZETŐ

A pilóta nélküli légijármű rendszerek (UAS¹ vagy egyszerűbb, köznapi szóhasználatnál élve: drónok) számának emelkedése miatt a repülési iparágban szükség van olyan megoldásokra, melyek műszaki és operatív, üzemeltetői oldalról szavatolják ezen berendezések biztonságos (egymástól és a többi légijárműtől térben elkülönített) használatát a VLL² légtérben hasonlóan a hagyományos légijárművek forgalmi menedzsment rendszereihez – melyek ma már rendelkezésre állnak. Ezeket a rendszereket átfogóan UTM³ rendszereknek hívják – pilóta nélküli légijárművek forgalmi menedzsmentjét biztosító rendszerek –, melyek számos rendszer együttes üzemelése által jönnek létre, így komplex rendszer-együttesnek tekinthetők. Feladatuk, hogy átfogó módon kezeljék a pilóta nélküli légijárművekkel végrehajtott repülési műveletek előkészítését (tervezését) és lebonyolítását (repülés közbeni információszolgáltatás és a biztonságos térbeli elkülönítés megvalósítása), valamint fejlett megoldások esetén a repülési műveletet követő adminisztratív és monitoring tevékenységeket is [1] [2].

A drónok fokozódó elterjedésével rendkívül heterogén felhasználói közösség alakul ki, mely a hobbicélú operátoroktól egészen a professzionális felhasználókig terjed. Ez magával vonzza az alkalmazott légijárművek berendezései között tapasztalható képességbeli különbségeket is, melyre az UTM rendszert fel kell készíteni. Az UTM megoldások által lefedendő műszaki megoldásokkal már a korábbi cikkek foglalkoztak, ahol meghatározásra kerültek a szolgáltatás által ellátandó funkciók (információkezelési műveletek) is [3].

¹ Unmanned Aircraft System: pilóta nélküli légijármű rendszerek (magában foglalja a pilóta nélküli légijárművet (UAV – unmanned aerial vehicle) + ennek vezérléséhez szükséges humán és műszaki infrastruktúra)

² Very Low Level: földközeli, alacsony magasságú légtér, mely jellemzően néhány 10 m-es kiterjedéssel rendelkezik a föld felett.

³ Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM): pilóta nélküli légijármű rendszerek forgalmi menedzsmentjét biztosító megoldások együttese

Az eltérő műszaki igények miatt célszerű modulárisan kiépíteni a rendszer-együttest, összhangban az UAS megoldások fejlődési pályájával és az eltérő felhasználói csoportok igényeivel. Felhasználói oldalról a berendezések tekintetében a fejlődés folyamatos, azonban ütemét tekintve nem olyan gyors, amit az UTM megoldások ne tudnának lekövetni.

A repülési iparág UAS területtel foglalkozó szegmense folyamatos fejlődésben van, a kapcsolt szolgáltatások kifejlesztése jelenleg is folyamatban van, és az iparági bővülés napjainkban kezd beindulni. A hagyományos légiforgalmi menedzsmenthez hasonló, kiterjedt működési területtel rendelkező UTM szolgáltatóra még nincs példa, a világban fellelhető megoldások csak pilótaként működnek, a fejlesztéssel foglalkozó cégek (*melyek között megtalálhatóak nagy légiforgalmi menedzsment (ATM) rendszert fejlesztő és kisebb start-up cégek is*) folyamatosan vizsgálják a megvalósítási lehetőségeket [6] [7] [8].

Jelen cikkben csak a polgári célú felhasználás, és annak háttere kerül bemutatásra. A katonai és állami célú tevékenységet más típusú szabályozást igényelnek, és azok beillesztése a hagyományos légiközlekedési rendszerbe más megközelítést igényel.

Az UTM megoldások kifejezetten azon műszaki megvalósítási lehetőségekre koncentrálódnak, melyek informatikai alapon képesek biztosítani a drónok használatához szükséges információk rendelkezésre állását. Az oktatási, jogalkotási, légialkalmassági kérdések az UTM tárgykörén túlmutatnak, így jelen cikkben ezen nem kerülnek tárgyalásra. A cikkben tisztán műszaki szempontú megközelítést alkalmaz a szerző. Ennek oka, hogy a témával összefüggő műszaki megoldások fejlődése megelőzi a jogszabályok alakulását. Emiatt a terület szabályozása követő típusú, melyet jelentősen befolyásol az újonnan megjelenő technikai újítások.

A témához kapcsolódó szakkifejezések magyarázatát a szerző által korábban írt publikációk tartalmazzák [3] [4] [5], így jelen cikkben csak az újabb kifejezések kerülnek meghatározásra, melyek a magyarázattal együtt alfabetikus felsorolásban, az irodalomjegyzék előtt találhatóak.

AZ UTM SZOLGÁLTATÁSOK JELLEMZÉSE ÉS A SZOLGÁLTATÁSI SZINTEK MEGHATÁROZÁSA

Az eltérő fejlettségi megoldások lehetőséget biztosítanak arra, hogy meg lehessen határozni azokat a fejlesztési és fejlettségi szinteket, mely alapján kategorizálhatóak az UTM megoldások. Az UTM szolgáltatást kínáló rendszerek funkcióik és működésük (*lefedett információs szolgáltatások*), valamint a műszaki megvalósítási fokozatok alapján, két önálló dimenzió szerint csoportosíthatóak. Előbbivel korábbi cikkeimben foglalkoztam [3] [4] [5] míg utóbbival jelen cikk foglalkozik. A kettő fejlesztési megközelítés egymástól függetlenül is kezelhető, mivel az egyik a funkcionalitással van összefüggésben, míg a másik a technológiai megvalósítási lehetőségekkel.

Jelen cikkben bemutatásra kerülnek a különböző fejlesztési / megvalósítási fokozatok (másképp nevezve: *szolgáltatási szintek*). Az alkalmazott műszaki megoldásoktól függően öt fokozat került meghatározásra a nyilvántartási rendszerektől a teljesen autonóm vezérlést biztosító rendszerig.

A **szolgáltatási szintek** – különböző információszolgáltatási és beavatkozási funkciókat kínáló megoldások – **modulárisan épülnek egymásra**. A magasabb szolgáltatási szint tartalmazza az

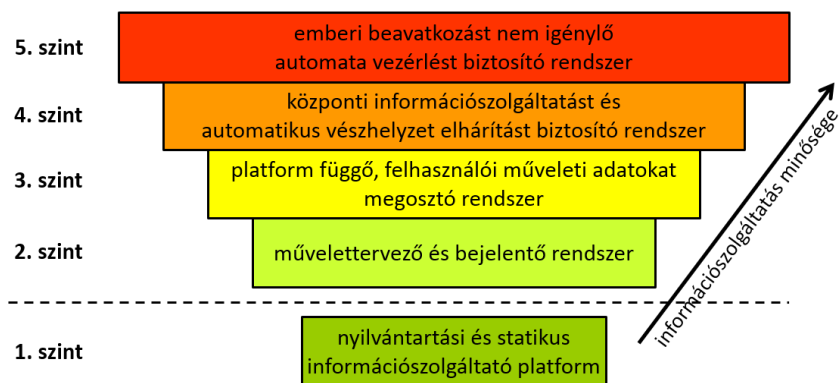
alatta elhelyezkedő szint szolgáltatásait is. A szintek egymásra épülését az 1. ábra szemlélteti. Az egyes szolgáltatási szintekhez tartozó funkciókat és tulajdonságokat az 1. táblázat tartalmazza.

Kiemelendő, hogy funkcionalitását és működését tekintve az 1. szint – nyilvántartási és statikus információszolgáltató platform – elválnak a hagyományos, aktív felhasználói közreműködést igénylő UTM megoldásoktól. Ez utóbbi nem tekinthető UTM megoldásnak, csupán alapszintű információkat szolgáltat és támogatja a hatóság által végzett nyilvántartásba vételi feladatokat. Maga az statikus információszolgáltatás és a nyilvántartás kezelése/vezetése egymástól elkülönül.

Az UTM megoldások megvalósítása és telepítése során az üzembe helyezendő rendszernek nem szükséges a legalacsonyabb szolgáltatási szinttel indulni. A műszaki lehetőségek és igények függvényében magasabb szolgáltatási szinten is indulhat az UTM szolgáltatás. Meglévő UTM rendszer fejlesztése esetén az egyes szintek komplex fejlesztői tevékenységek során kombináltan is megvalósíthatók, így a szolgáltatásban jelentős bővülés érhető el.

A mobilkommunikáció technológiai fejlődésének hatására, – leginkább – az 5. generációs megoldások megjelenésével a pilóta nélküli légitársaságok területén olyan alkalmazásbeli újdonságok megjelenése várható, melyek ma még csak a legmerészebb elképzelésekben szerepelnek. Ezek jellemzően irányításra, adatgyűjtésre és a rendelkezésre álló adatok felhasználására vonatkoznak, és nem az UAS rendszer alap komponenseire. Az energiatárolás, meghajtás, berendezés vezérlés, strukturális kialakítás stb. nem a kommunikációra épül, így azok fejlődését egyéb iparági megoldások tudják hosszú távon biztosítani.

Az UTM szolgáltatók szerepe a jövőben felértékelődik, mivel a nagy számban megjelenő UAV-k forgalmi menedzsmentét biztonsági és védelmi okok miatt garantálni kell. Egyre inkább előtérbe kerülnek a központi, interaktív (többirányú kommunikációt megvalósító), integrált, valósidejű irányítási megoldások.



1. ábra UTM szolgáltatási szintek

1. szint: nyilvántartási rendszer és statikus információkat biztosító platform

Nyilvántartási rendszer, mely tárolja a nyilvántartásba vett és regisztrált légitársaságok és felhasználók adatait. Hatósági működést és az ellenőrzést támogató rendszer. Alapvető statikus légitársaság-ellenőrzési információkat biztosító rendszer (AIS⁴ és statikus geofencing adatok). A felhasználók a szabályoknak megfelelően használják az UAV-eket.

⁴ Aeronautical Information Service: légiforgalmi tájékoztató szolgálat

2. szint: művelettervező és bejelentő rendszer

Művelet tervezési és művelet bejelentési funkciókat biztosító rendszer. Kibővített, féldinamikus információ tartalommal (légtér gazdálkodás, meteorológia és további, a művelettervezést befolyásoló statikus vagy féldinamikus adatok pl. NOTAM – légiközlekedési táviratok). A rendszer csak a művelet tervezést támogatja szoftveres oldalról. Az operatív lebonyolítást az alkalmazott UAS platform biztosítja, mely teljesen független és nincs kapcsolatban a tervező és bejelentő rendszerrel.

3. szint: UAS platformon, felhasználói műveleti adatokat megosztó rendszer

Kommunikációs hálózaton keresztül az azonos felhasználói platformot használó felhasználók aktív műveleti adatainak megosztása valós időben, mely által lehetővé válik a platformon belüli felhasználók között az automatikus figyelmeztetés a vész helyzet elkerüléséről és a vész helyzet elhárító manőver kikényszerítése (platform függő dinamikus geofencing⁵).

szint	Automatizáció mértéke a műveletek végrehajtása során*	Információk és az elérhető szolgáltatások időbelisége**	Operatív működés által lefedett terület	Aktív kommunikáció	Vezérlés	UAS működtetésének felelőssége	Érintett UAS felhasználói közösség	Művelet időbeli támogatása
1.	nincs	statikus	-	-	manuális	felhasználó	minden felhasználó	felkészülés támogatása
2.	nincs	fél-dinamikus	-	egyirányú (felhasználó és központ között)	manuális	felhasználó	vegyes (szabadidős tevékenységek használóitól a speciális ipari felhasználókig)****	repülés előtti tevékenységek
3.	vész helyzet elkerülés részleges automatizálása	platformok között dinamikus és platformon belül valós idejű	lokális platformok	platformon belüli egyirányú	manuális, vész helyzet elkerülésről automatikus figyelmeztetés (platform függő)	felhasználó	vegyes (szabadidős tevékenységek használóitól a speciális ipari felhasználókig)***	repülés közbeni tevékenységek támogatása
4.	részleges automatizáltság több funkció esetén	valós idejű	globális platform független	globális kétirányú (felhasználó és központ között)	vegyes	vegyes (ütközés elkerülés UTM szolgáltató, UAV használat felhasználó)	vegyes (szabadidős tevékenységek használóitól a speciális ipari felhasználókig)****	repülés előtti, repülés közbeni és repülést követő tevékenységek támogatása
5.	vezérlés teljes automatizálása	valós idejű	globális platform független	globális többirányú	autonóm	UTM szolgáltató	jelentős számú repülési igényrel rendelkező iparági felhasználók, ahol nem szükséges az aktív irányítás	repülés előtti, repülés közbeni és repülést követő tevékenységek támogatása
* A központi UTM rendszer által biztosított automatikus vezérlési funkciók elérhetősége.								
** Az egyes funkciókhoz kapcsolódóan lényeges, hogy a releváns tartalommal és időbeli érvényességgel álljanak rendelkezésre a szükséges adatok. Ez alapján meg lehet különböztetni statikus ⁶ , féldinamikus ⁷ , dinamikus ⁸ és valós idejű ⁹ adatokat.								
*** A különbség az UTM rendszer fejlettségében van, mely az UAS felhasználási területét nem érinti.								

1. táblázat UTM szolgáltatási szintek

4. szint: Központi információ szolgáltatást és automatikus vész helyzet elhárítást biztosító rendszer

⁵ Virtuális elkerítés, mely szoftveresen megakadályozza, hogy a pilóta nélküli légi jármű egy meghatározott területre belépjen

⁶ Hosszabb időn át változatlanok, érvényességük időbeli állandósága a repülés során nagyobb, vagy egyenlő, mint egy AIRAC ciklus.

⁷ Tartalmazhatnak gyakrabban változó tartalmakat is, így ezek időbeli állandósága egy AIRAC ciklus és néhány óra között változhat.

⁸ Jóval kisebb időbeli állandósággal rendelkező adatok, melyek akár másodpercenként is változhatnak.

⁹ Folyamatosan változó adatok.

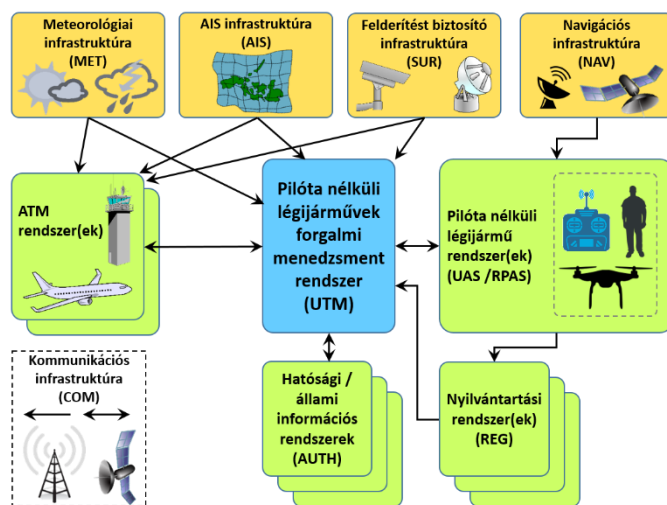
Központi nyomkövetést biztosító rendszer, mely a felderítési és az azonosítási funkciói által valósidejű pozícióadatok szolgáltatásával forgalmi tájékoztatást és automatikus vészhelyzet-kezelést (összeütközés megelőzés – dinamikus geofencing) biztosítanak a felhasználók számára.

5. szint: emberi beavatkozást nem igénylő automata vezérlést biztosító rendszer

Autonóm UAV irányító rendszer, mely képes valósidejben kezelni a beérkező felhasználói igényeket, mely alapján priorizálja és engedélyezi, valamint irányítja is a műveleteket, így a felhasználó mentesül az UAV operatív irányítása alól. Az UAV célállomásának megadásán és az indításon kívül minden további feladatot a központi vezérlést biztosító rendszer végez. Elsősorban ipari felhasználásra szánt rendszereknél pl. csomagszállítást végző szolgáltatóknál alkalmazható megoldás, ahol nagy mennyiségben jelentkeznek olyan feladatok, melyek szervezése könnyen automatizálható.

UTM RENDSZER-EGYÜTTES VÁZSZERKEZETE

Maga az UTM úgy definiálható, mint a felhasználók (*pilóta nélküli légijárművek használata által érintett entitások*) és az általuk használt rendszerek együttműködéséből kialakuló rendszer-együttes – **Systems of Systems (SoS)** –, melynek célja az UAV-k és a hagyományos légtérhasználók közötti biztonságos közlekedéséhez szükséges elkülönítés fenntartása és a hatékony forgalomszervezés megvalósítása a VLL légtérben [6] [9].



2. ábra Az UTM egyszerűsített vázszerkezeti modellje

Az UTM az alábbi komponensekből épül fel (2. ábra):

- ➔ műszaki infrastruktúra elemek: UTM funkciók elérhetőségét biztosító komponensek
 - kommunikációs infrastruktúra (COM) – minden komponens között jelen van, a teljes UTM szolgáltatás legalapvetőbb része, nélküle a szolgáltatás nem tudna működni;
 - navigációs infrastruktúra (NAV);
 - felderítést biztosító infrastruktúra (SUR);
 - AIS infrastruktúra (AIS);
 - meteorológiai infrastruktúra (MET);
 - ATM rendszerrel való kapcsolatot biztosító platform;
- ➔ operatív működést támogató rendszerek: humán interfészeket tartalmazó komponensek;

- pilóta nélküli légi jármű rendszer (UAS);
- nyilvántartási (felhasználói és légi jármű adatokat tartalmazó) rendszer (REG);
- forgalmi menedzsmentet biztosító rendszer (UTM);
- hatósági / állami információs rendszerek (AUTH).

A biztonságos üzem érdekében a kulcsfontosságú elemek megfelelő redundanciával rendelkeznek a maximális rendelkezésre állás érdekében (pl. UTM).

UTM RENDSZER-EGYÜTTES MŰKÖDÉSE

Az UTM rendszer-együttesnek számos információkezelési képességgel – **funkcióval** – kell rendelkeznie, mely segítségével megvalósítható a teljes légi forgalom (*hagyományos és pilóta nélküli légi járművek összességének*) biztonságos és forgalmi szempontból hatékony (pl. *késések minimalizálása*) lebonyolítása [10]. A különbség az egyes szolgáltatási szinteken elérhető funkcionalitásban van. A komplex UTM szolgáltatás által lefedett funkciókat és definícióit a repülési művelet időbeliségéhez illeszkedve a 2. táblázat, az egyszerűsített működési modellt a 3. ábra szemlélteti. A funkciók definiálása a jelenlegi műszaki fejlettségi szint figyelembe vételével történt. A táblázatban feltüntetésre került, hogy az adott funkció mely szolgáltatási szinttől érhető el. A szürkével jelölt funkciók olyan kiegészítő tevékenységeket jelentenek, melyek nem az UTM szolgáltatások ellátásához kapcsolódnak, azokon túlmutatnak, azonban az átfogó szolgáltatások érdekében lényeges lehet UTM szolgáltatói oldalról megvalósítani, főleg a magasabb szolgáltatási szinteken, az autonóm irányítás és vezérlés biztosítása érdekében. Alacsonyabb szolgáltatási szinten a nem UTM illetőségű funkciók ellátása során az adott funkcióhoz társított információ előállítás nem az UTM szolgáltató feladata, az csak a kész információt használja fel.

Az UAS megoldások használatával kapcsolatosan megjelennek olyan funkciók is, melyek teljesítését a felhasználói végpontnak kell biztosítani, függetlenül a kapcsolódó részrendszerektől. Ezek egyben alap feladatnak is tekinthetők:

- ➔ önálló légi járművek vezérlése (*egy állomás egy légi jármű*);
- ➔ autonóm repülések vezérlése (előre beprogramozott háromdimenziós trajektórián a légi jármű végigvezetése, figyelembe véve a lehetséges akadályokat);
- ➔ több légi jármű együtt vezérlése (*rajok*);
- ➔ konfliktusfeloldás a drónok között, egymás közötti kommunikáció által azonos vagy egymással kommunikáló felhasználói platform használata esetén.

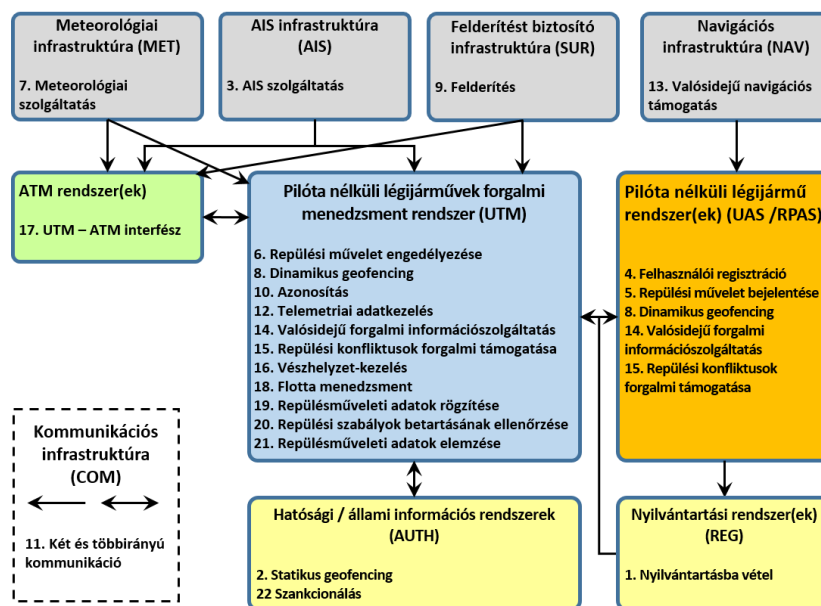
Lényeges, hogy a rendszer-együttes által kínált integrált információkezelési szolgáltatások teljes körűen csak akkor érhetőek el, ha a felhasználók együttműködő módon, jelentik a repülési műveletet.

Működését tekintve az UTM rendszer független az ATM rendszerektől, azonban az információkezelési műveletek sajátosságai és a repülési információk központosított feldolgozása miatt számos esetben azzal átfedésben dolgozik. A kezelt adatok tekintetében az UTM rendszerek számos olyan adatokat is felhasználnak, melyek jelenleg jellemzően az ATM rendszerben találhatók meg. Ilyenek az AIS, AMC¹⁰, meteorológiai, repülési tervvel összefüggő és egyéb forgalmi adatok, melyek az új szolgáltatások megjelenésével több oldalon is felhasználásra kerülnek.

¹⁰ Airspace Management Cell: légtér-gazdálkodásért felelős szervezeti egység

Időbeliség	Sorsz.	Funkció	Elérhetősége	Definíció
Repülés előtti tevékenységekhez kapcsolódó funkciók	1	Nyilvántartásba vétel	1. szintől	A pilóta nélküli légitármű üzemeltetéséhez szükséges dokumentumok beszerzését követően a pilóta nélküli légitárművek állami nyilvántartásba vétele (paramétereinek rögzítése), és egyedi azonosítóval való ellátása.
	2	Statikus geofencing	1. szintől	Pilóta nélküli légitárművel végrehajtott repülésekhez igénybe vehető légtér kijelölése és azon légtérsegmének meghatározása, melybe a belépés nem megengedett (<i>No-fly zone</i> adott objektum körül – pl. reptér, atomerőmű). A funkció időbelisége statikus vagy földdinamikus, mivel a légtér szerkezet átalakítása hosszabb időt vesz igénybe.
	3	AIS szolgáltatás*	2. szintől	Repülési művelet tervezéséhez és lebonyolításához szükséges releváns ismeretek gyűjtése és publikálása, mely alapján egy repülés biztonságosan megvalósítható. Tartalmazza a légtérrel, tereptárgyakkal, akadályokkal, légtérfelhasználással, előre jelzett meteorológiai paraméterekkel és egyéb szabályozásokkal kapcsolatos információkat.
	4	Felhasználói regisztráció	2. szintől	Felhasználók (pilóták és / vagy üzemben tartók) önálló regisztrációja az UTM rendszerbe a személyes adatok és a légitárműre vonatkozó adatok megadásával. Felhasználók és légitárművek összerendelése.
	5	Repülési művelet bejelentése	2. szintől	Azon tevékenységek összessége, mely alapján a felhasználó megtervezi a repülési műveletet – eszközhasználatot – (földrajzi hely, maximális repülési magasság, dátum és időtartam), és ezt az előzetes regisztrációt követően bejelenti az illetékes szolgáltatónál (a bejelentés vonatkozhat légtér foglalására > korlátozott eseti légtérre is).
	6	Repülési művelet engedélyezése	5. szintől	A benyújtott igény központi összevetése a korábban beérkezett igényekkel, a légtér szerkezettel, a hagyományos légtérfelhasználók igényeivel, légtér-felhasználási adatokkal, továbbá a magasabb szintű tevékenységekkel (pl. állami repülések, védelmi intézkedések stb.) és ezek alapján a repülési művelet (légtérigény) elbírálása, mely engedélyezést vagy elutasítást jelenthet.
Repülés alatti tevékenységekhez kapcsolódó funkciók	7	Meteorológiai szolgáltatás	2. szintől	Valós idejű adatszolgáltatás, melynek keretében a felhasználó információt kap az aktuális időjárásról.
	8	Dinamikus geofencing	4. szintől azonos platform esetén 3. szintől	Térben és időben dinamikusan változó (mozgó) „ <i>No-fly zone</i> ”, mely jellemzően egy adott légtér vagy légitármű körül kerül kialakításra, de mesterséges infrastruktúra felett is elhelyezkedhet.
	9	Felderítés	4. szintől	Együttműködő (kooperatív) és nem együttműködő (non-kooperatív) megoldásokkal a repülési műveletet ellátó eszközök észlelése (pozíció és sebesség).
	10	Azonosítás	4. szintől	A felderítés által észlelt légitárművekre vonatkozóan az engedélyezett repülési művelet adatainak megjelenítése/elérhetőségének biztosítása.
	11	Két- és többirányú kommunikáció	3. szintől	Biztosítja a kétirányú kommunikációt az UTM központ és UAS eszközök között (utasítások, üzenetek, telemetrikus adatok küldése és fogadása).
	12	Telemetria adatkezelés	5. szintől	Az automatizált kommunikációs folyamaton keresztül biztosítja a repüléssel és működéssel összefüggő adatok továbbítását egy felügyeleti eszközökhöz, és lehetőséget biztosít a távoli irányításra, továbbá szükség esetén az irányítás átvételére is, valamint támogatja a flottamenedzsmentet is.
	13	Valós idejű navigációs támogatás	3. szintől	Információk megjelenítése a környezetről, melyben a repülési művelet végrehajtásra kerül (terep, akadályok, légtér stb.).
	14	Valós idejű forgalmi információszolgáltatás	4. szintől azonos platform esetén 3. szintől	Információk megjelenítése a többi légtérfelhasználóról abban a légtérben, ahol a repülési művelet végrehajtásra kerül.
	15	Repülési konfliktusok forgalmi támogatása	4. szintől azonos platform esetén 3. szintől	Légitárművek közötti, illetve légitárművek és épített/természetes tereptárgyak közötti konfliktusok észlelése (lehetőséges ütközések, elkülönítés sérülés, stb.), és előre programozott algoritmus alapján kitérítő (dekonfliktálást biztosító) manőver kikényszerítése – forgalomirányítás, kiegészítve dinamikus geofencing funkcióval.
	16	Vészhelyzet-kezelés	4. szintől	Repülési műveletet veszélyeztető eseményekről központi információszolgáltatás (vészhelyzeti műsorszórás), forgalmi konfliktus súlyosságától függően a repülési műveletbe való központi, vészhelyzeti beavatkozás, továbbá a közszolgálati UAS eszközök elsőbbségének biztosítása, eseti légtér azonnali kialakítása.
	17	UTM-ATM interfész	4. szintől	Lényegi információk átvitele az UTM és ATM rendszer között, mely biztosítja, hogy a hagyományos légtérfelhasználók is hozzájussanak a helyzet tudatosságot növelő, a biztonságos közlekedéshez szükséges információhoz (repülési műveletek).
	18	Flotta menedzsment	5. szintől	Több légitármű egyidejű vezérlése, telemetria adatok komplex kezelése. Nem feltétlenül jelent rajban repülést (utóbbi jelenleg nem engedélyezett).
	19	Repülésműveleti adatok rögzítése	4. szintől, teljes funkcionalitás 5. szintől	UTM rendszer által végzett adat rögzítés, mely során a légitármű által továbbított telemetria adatok („fekete doboz” jellegű) tárolásra kerülnek további felhasználás vagy ellenőrzés céljából.
	20	Repülési szabályok betartásának ellenőrzése	4. szintől	Szabálytalan felhasználók kiszűrése.
Repülés utáni tevékenységekhez kapcsolódó funkciók	21	Repülésműveleti adatok elemzése	4. szintől	Tárolt adatok alapján repülési műveletek, légitármű paraméterek utólagos elemzése, és ez alapján nyilvántartások vezetése, elemzések elkészítése, értesítések kiküldése, stb. <i>Értéknövelt szolgáltatások biztosítása esetén az UTM szolgáltatás használatát követő elszámolási tevékenységek összessége.</i>
	22	Szankcionálás	4. szintől	Szabályellenes magatartás jelzése, a szükséges adminisztratív cselekmények megtétele (pl. feljelentés) és büntetése.

2. táblázat UTM rendszer funkciói a repülési művelet időbeliségéhez illeszkedve



3. ábra UTM rendszer-együttes egyszerűsített működési modell

KITEKINTÉS

A magasabb szolgáltatási szintek elérésének feltétele a stabil, megfelelő kapacitású, nagy sáv-szélességű és gyors válaszidőt kínáló távközlési hálózat. Jelen várakozások alapján az 5G-s mobilkommunikáció biztosít a következő 3-5 évben olyan áttörési lehetőségeket, mely forradalmasítja a távközlési gerinchálózatot. A jelenlegi 4G-s megoldások csak korlátozott számban tudják kiszolgálni az igényeket, míg az 5G-ben olyan kapacitások állnak rendelkezésre melyek szinte kifogyaszthatatlanok.

Mivel a fejlett UTM szolgáltatások alapját is az új kommunikációs megoldások biztosítják, így az elterjedés – továbbá a fejlesztési centrumok megalapítása is – azokon a földrajzi területeken várhatóak, ahol a távközlési szolgáltatók lehetőséget kapnak az 5G hálózatok kialakítására, és biztosítani tudják azok polgári célú alkalmazását. Jelenleg az Amerikai Egyesült Államok az egyedüli olyan ország, ahol a számítások szerint 2020-ig megvalósul az országos kiterjedésű, teljes hozzáférést biztosító 5G hálózat [11].

A következő években az iparágon belül a technológiai fejlesztések hatására jelentős bővülés várható, ami indokolja, hogy mihamarabb megoldások szülessenek. Ennek hatására az UTM jelentősége felértékelődik, és a biztonságos üzemeltetés érdekében elkerülhetetlen lesz az alkalmazása [12].

ÖSSZEFOGLALÓ

A pilóta nélküli légi járművek használatával kapcsolatos tevékenységek hatékony kezelése és megoldása összetett kihívások elé állítja a légiközlekedési iparág szereplőit. Az UAS megoldások folyamatos fejlődése és a berendezések fokozódó elterjedése a jövőben képes teljes egészében ábrázolni a szolgáltatói térképet. Mivel az UAS piac jelenleg kibontakozóban van, így olyan új – ma még akár futurisztikus szolgáltatások megjelenése is várható – mely a közlekedési

szakmában forradalmasítja a szállítást, a logisztikai feladatokat új alapokra helyezni, a különleges iparági vizsgálatok idejét lerövidíteni, és forradalmasítja a szenzorok alkalmazását [8]. Annak érdekében, hogy a fejlődés folyamatos lehessen, szükség van olyan jogi keretrendszer kialakítására, mely a jelenleginél szabadabb hozzáférést biztosít az iparági felhasználók számára az UAV fejlesztéséhez és alkalmazásához.

Szakkifejezések gyűjteménye

- ➔ **Irányítás:** a vezérlést megelőző információ-megosztási és intervenciós tevékenységek összessége.
- ➔ **Művelet:** a repüléssel összefüggő tevékenységek összessége, mely a légi jármű felszállásától annak leszállásáig terjed.
- ➔ **Operatív működés:** a repülési műveletek ellátására vonatkozó szolgáltatások.
- ➔ **Platform:** légi jármű vezérléséhez kapcsolódó szoftver és hardverelemek összessége, melyek biztosítják a légi jármű és az irányító berendezés közötti kommunikációt valamint az interoperábilis vezérlési és információ-megosztási lehetőségeket is.
- ➔ **UAS rendszer:** a pilóta nélküli légi jármű és annak vezérlését biztosító hardver elemek összessége.
- ➔ **UAS megoldás:** pilóta nélküli légi jármű és annak vezérléséhez szükséges műszaki megvalósítási lehetőségek.
- ➔ **Vezérlés:** az a tevékenység, mely által lehetőség van a légi járművet a levegőben helyváltoztatásra kényszeríteni a légi járműbe épített fizikai beavatkozók segítségével

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kopardekar, P., Rios, J., Prevot, T., Johnson, M., Jung, J., and Robinson, J., “Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) concept of operations,” 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA Aviation, 2016. <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2016-3292>
- [2] T. Spriesterbach, K. Burns, L. Baron, and J. Sohlke: Unmanned aircraft system airspace integration in the national airspace using a ground-based sense and avoid system. Johns Hopkins APL, Technical Digest Vol. 32, No. 3, 2013.
- [3] SÁNDOR, Zsolt: Challenges caused by the unmanned aerial vehicle in the air traffic management. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2017. ISSN 1587-3811. doi: <https://doi.org/10.3311/PPtr.11204>
- [4] Sándor Zsolt, Boros Péter: Pilóta nélküli légi járművek okozta kihívások a légiforgalmi irányításban: 1. rész: Problémák feltárása. Közlekedéstudományi Szemle 67:(6) pp. 49-58. (2017)
- [5] Sándor Zsolt, Boros Péter: Pilóta nélküli légi járművek okozta kihívások a légiforgalmi irányításban: 2. rész: Az UTM rendszerek. Közlekedéstudományi Szemle 68:(1) pp. 37-46. (2018)
- [6] Global UTM Association – UAS Traffic Management Architecture 2017. April https://www.utm.aero/docs/Global_UTM_Architecture_V1.pdf
- [7] C.A. Wargo, Corey Snipes, Alope Roy, Robert J. Kerczewski: UAS industry growth: Forecasting impact on regional infrastructure, environment, and economy. Conference: 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC) DOI: 10.1109/DASC.2016.7778048
- [8] FAA Aerospace Forecast: Fiscal Years 2016-2036, Federal Aviation Administration, 2016.
- [9] Report Joseph L. Rios et. al: NASA/TM—2017–219494 UTM Data Working Group Demonstration 1 Final. Ames Research Center 2017.
- [10] Thomas Prevot, Jeffrey Homola, and Joey Mercer: From Rural to Urban Environments: Human/Systems Simulation Research for Low Altitude UAS Traffic Management (UTM). 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-3291) <https://doi.org/10.2514/6.2016-3291>
- [11] T-Mobile 5G: <https://newsroom.t-mobile.com/news-and-blogs/nationwide-5g-blog.htm>

- [12] Parker D. Vascik and Jaewoo Jung: Assessing the Impact of Operational Constraints on the Near-Term Unmanned Aircraft System Traffic Management Supported Market. 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2016-4373)
<https://doi.org/10.2514/6.2016-4373>

DEVELOPMENT STAGES OF THE UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM TRAFFIC MANAGEMENT SOLUTIONS

Traffic management of unmanned aircraft systems is one of the major challenges of the near future in the aviation industry. The emerging systems provide such functional solutions that enable the integration of unmanned aerial vehicles into the conventional aircrafts in case of low level, perigee flights. The air traffic control system should be abreast of the continuous technological development, thus it is important that the control system possess modular set-up, which ensures the implementation possibility of the emerging technical needs. This article presents a system concept with modular set-up, which supports the step by step development of the UTM according to the actual technical needs.

Keywords: *Unmanned Aircraft System, unmanned aerial vehicles, traffic management, drones, air traffic management*

Sándor Zsolt (PhD.)
okleveles közlekedésmérnök, közlekedési szakértő
zsolt.sandor1@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7117-9069

Zsolt Sándor (PhD.)
certified traffic engineer, traffic specialist
zsolt.sandor1@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7117-9069



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_1/2018-1-16-0485_Sandor_Zsolt.pdf