

Csóré Attila, Major Gábor

A pilóta nélküli légi járművek (UAV) evolúciója

A címben szereplő légi eszköz kétségtől a repülés egyik legdinamikusabban fejlődő területét képviseli, és potenciálisan az új repülési technológiák, eljárások, valamint az általuk megoldható feladatrendszerek és megoldási taktikák hírnökei. Csak az utóbbi néhány évben kerültek elő ezek a légi robotok az árnyékok közül, de valójában már évtizedek óta sikerrel használják őket. Belátható, hogy ezek a „szárnybontogatók” évei, mivel a teljes képességrepertoár megjósolására jelenleg nincs tudós ember e Földön.

Az alábbi publikációban a szerzők bemutatják, hogy a dinamikusan fejlődő pilóta nélküli légi járművek megjelenése, fontosságuk, megítélésük, jelentőségük és a betöltött szerepük a civil, illetve a katonai környezetben milyen fordulatot vehet, a fejlődésük exponenciális pályája mennyiben leng ki, és tartható-e ez a növekedési ütem?

A cikkből az olvasó megismerheti, hogy az egyre messzebbre, magasabbra törő és mindezt egyre gyorsabban megvalósító légi robotok, amelyek mindeközben saját tömegük sokszorosát szállítva teszik a dolgukat, milyen energiaforrásból fedezhetik a szükséges meghajtó erőt.

Kulcsszavak: pilóta nélküli légijármű-rendszerek, drón, UAV-meghajtás, felhasználási lehetőségek, katonai specifikáció, környezetbarát UAV technológia

1. Bevezetés

A jövő légi járműveinek tudását, kinézetét, felszereltségét, meghajtási megoldásait nehéz pontosan meghatározni. A folyamatos fejlődésnek köszönhetően akár rövid időn belül is hatalmas változások következhetnek be, amelyek nagymértékben befolyásolhatják a légi járművek jövőjét és a repülésről alkotott véleményünket, elképzeléseinket. A változás kézenfekvő, a fejlődés pedig garantált, hiszen a levegőben közlekedő járművek nélkül nem tartana itt a gazdaság, a turizmus és természetesen a vírusmutációk terjedése sem. Az emberiség történelmében minden „fontosabb” időszakot egy-egy találmány, felfedezés tett örök emlékkévé, ezek alapozták meg a következő időszak fejlődésének ívét. Nézzük csak az ipari forradalmak 1764-től íródott történetét, amelynek első szakasza a gépek „megszületésének” időszaka volt, ezzel elindulhatott a szárazföldi kötött pályás és vízi közlekedés. Majd ezt követte az 1870-es évektől zajló újabb korszak, amelyben futószalagon készültek a közúti járművek, és „szárba szökkent” Radnóti Miklós¹ gondolatai is, miszerint: „Ki gépen száll fölébe [...]”.² Az emberek

¹ (1909–1944) magyar költő, a modern magyar líra kiemelkedő képviselője.

² Radnóti Miklós: *Nem tudhatom*, 1944.

már nemcsak a tovaszálló madarak repülési képességeiben gyönyörködtek, hanem megalkották azt a levegőnél nehezebb konstrukciót, ami képes volt elrugaszkodni a talajtól és egyre több időt eltölteni a „madarak társaságában”.

A következtetéseket a jövő pilóta nélküli légi járműveit³ illetően az előnyök, hátrányok megvizsgálásával, a fejlesztési, kutatási opciók és a jelenünk pilóta nélküli légi járműveinek képessége alapján fejtjük ki.

Ez a publikáció áttekintést ad az olvasónak a pilóta nélküli légi járművek (UAV) jelenlegi helyzetéről a világon, és igyekszik minél szélesebb spektrumban kitekintést adni arról, hogy mi várhat ránk a jövőben. Nem azt állítjuk, hogy teljes, és minden ország, minden légi eszközt és történést, ami ezen a területen zajlik, lefedi ez az írás, hanem inkább reprezentatív áttekintést kívánunk adni a jelenleg használt UAV-ról, és az ezekkel a légi eszközökkel kapcsolatos technológiák általános állapotáról, miközben a jövő felé tekintünk.

2. Mi is az a pilóta nélküli légi jármű⁴?

A pilóta nélküli légi jármű kifejezés az angol Unmanned Aerial Vehicle (UAV), vagy Unmanned Aircraft System (UAS) kifejezésből ered. Gyakran és a köznyelvben előszeretettel használják még a drón elnevezést is. Idetartoznak azok a légi járművek, amelyeknek a fedélzetén nincs ember, aki az eszköz irányítását végzi. Amennyiben ezen a meghatározáson indulunk el, akkor megállapíthatjuk, hogy a pilóta nélküli légi járművek évszázadok óta léteznek. Igaz, napjaink álláspontja szerint nem sorolhatók az 1849 körüli években robbanóanyaggal megpakolt pilóta nélküli léghajók ebbe a kategóriába. Ez az elképzelés, illetve a léghajók ilyen jellegű felhasználási szándéka kiemelkedőnek számít. Az 1915 utáni években már légi felderítés, légi fotók készítése történt az ellenséges területeken. A felismerés megszületett, és az ilyen jellegű alkalmazás iránti igény megnőtt. Az Amerikai Egyesült Államok meg is kezdte az UAV-k fejlesztését az 1916-os évtől. Az 1980-as évekig nagyon költségesnek és megbízhatatlannak bizonyultak ezek a pilóta nélküli légi eszközök. Az 1980-as év fordulópontnak számít, új program keretein belül 1986-ra már új, hatékonyan használható pilóta nélküli, felderítési célokra kialakított légi járművet készítettek és alkalmaztak. Ez volt az RQ-2 Pioneer [3].

A katonai alkalmazás során elsősorban olyan feladatkörök ellátására tervezték őket, amelyek túl veszélyesnek bizonyultak a pilóták részére, és testi épségüket veszélyeztette volna a küldetés végrehajtása.

Alkalmazásuk lehetővé tette olyan feladatok elvégzését, amelyek túl hosszan tartónak bizonyulnak, és egy pilóta sem lenne képes a sikeres végrehajtására. A pilóta nélküli légi járművek alkalmazása kiterjedhet felderítésre, megfigyelésre, rádiótechnikai átjátszásra, rádióelektronikai zavarásra, támadásra és még számos más katonai célok megvalósítására [46, 309–312].

Az elmúlt évtizedek technológiai fejlődésének köszönhetően azonban újra időszerű a kérdés, hiszen a pilóta nélküli rendszerek hatalmas fejlődésen mentek/mennek keresztül, amely töretlen, sőt viharos. Ezek az eszközök felépítésükben, működésükben csaknem azonosak az ember által vezetett repülőgépekkel, helikopterekkel [32]. Napjainkra kialakultak a merev, a forgó-, sőt a csapkodószárnyú kis, illetve a hang sebességét is meghaladó sebességgel

³ *Unmanned Aerial Vehicle, Unmanned Aerial System: pilóta nélküli légi jármű, pilóta nélküli légi jármű-rendszer.*

⁴ *Unmanned Aircraft Systems. ICAO Circular 328. International Civil Aviation Organization, 2011.*

repülő, néhány grammos és többtonnás felszálló tömeggel a levegőbe emelkedő, bázisuktól alig százméternyire eltávolodni képes, valamint akár a kontinensek közötti távolságok átszelésére is alkalmas konstrukciók. A merevszárnyú modell kialakítása megfelel a repülőgépekének, ahol a felhajtóerő a levegőbe emelkedve az előre haladó szárnyakon keletkezik. Ami a forgószárnyas csoportba tartozókat illeti, működési elvük megegyezik a helikopterekével, tehát az alkalmazott forgószárnylapátok – mint szárnyak – forgás következtében termelnek szükséges felhajtóerőt [25], [30], [31]. A felhasználók szempontjából a fő jellemzők, amelyek alapján összehasonlítják és kiválasztják az UAV-kat: a repülés időtartama, a hatótávolság, a hasznos teher felhasználhatósága, alkalmazhatósága, illetve fizikai méretei [13], [23]. Fontos szempont a légi járművek esetében, hogy milyen sebességgel képesek repülni, mekkora a hasznos terhelhetőségük (ez az egyik olyan paraméter, amellyel sohasem elégedettek a felhasználók egyetlen légi jármű esetében sem [13], [23]), illetve hogy milyen hatótávolságra tudnak eljutni. Ebben az esetben is a légi jármű feladatkörének megfelelően vannak, amelyeket kisebb vagy nagyobb távolságra alkalmaznak, illetve a sebesség tekintetében is, ha feladatkör azt kívánja, akkor hangsebesség feletti tempóval repülő légi jármű is rendelkezésre áll már napjainkban. A légi jármű meghajtását illetően a sokrétűség és a lehetőségek kimeríthetetlennek tűnő tárháza mutatkozik. Dugattyús motor, gázturbina és akár villanymotor működtetésűt is megkülönböztetünk jelenleg, és nem is sejtjük, hogy mit tartogat számunkra a technológiai „ősröbbanás”. Ezek a légi eszközök az ember fedélzeti jelenléte nélkül, autonóm módon is képesek repülni [25]. A működésükhöz szükséges információkat a környezetükből gyűjtik, szenzorok segítségével érzékelik pozíciójukat, és egy döntési folyamat eredményeként működésüket, helyzetüket, mozgásukat a háromdimenziós térben korrigálják [53], [54]. Ugyanakkor repülhetnek az ember által végzett távirányítással, esetleg e kettőt kombinálva is. Valamennyi felsorolt konstrukciós megoldás, irányítási változat közös sajátossága azonban továbbra is az emberi tényező nélkülözhetetlensége [35], [44, 197].

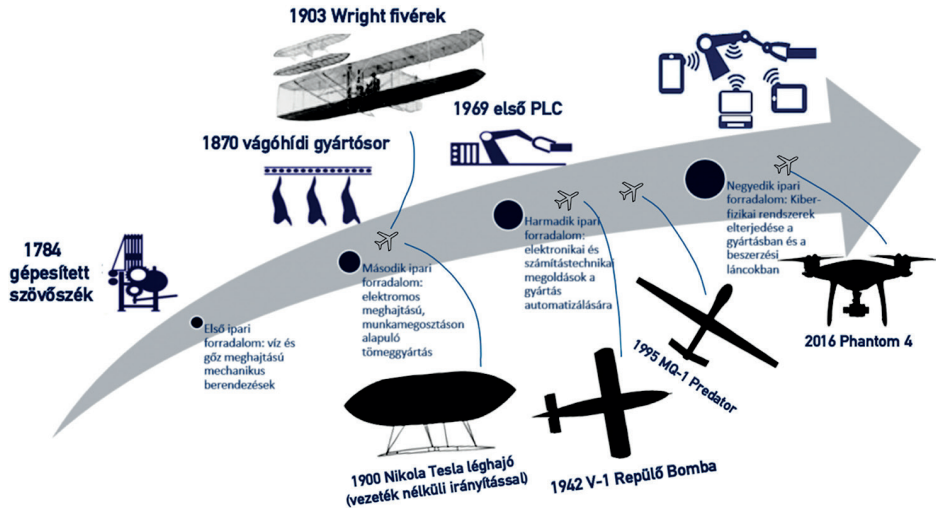
Az UAV és UAS tervezésének, földi és légi üzemeltetésének kulcskérdése a repülésbiztonság és a biztonság általában. Az UAV fedélzeti rendszerei redundanciájának kérdéseit Békési és Wühl [22], [28] munkái vizsgálják, és adnak válaszokat a felmerülő biztonsági kihívásokra. Békési Bertold munkáiban az UAV megbízhatóságának vizsgálatát [15], [16], [17], [18], a különböző sárkányszerkezeti kialakításokat [25], [27], [29], [30], [31] és a jövőbeni lehetséges megoldásokat [19], [24], [26] foglalta össze.

A pilóta nélküli légi járművek jövőjének vizsgálatához a fentiekben leírt szempontok alapján való vizsgálódás meghatározó lehet. A nagy iramú fejlődésnek köszönhetően napjainkra elérhetővé váltak a különböző pilóta nélküli légi járművek, hogy integrálódhassanak a civil életbe, a civil mindennapok tevékenységeibe. A következőkben, a fent említett szempontok alapján, példákon keresztül megvizsgáljuk az esetleges jövőbeli fejlesztések lehetőségeit.

3. A pilóta nélküli légi járművek fejlődésének irányai

Az emberiség evolúciója során egy-egy véletlenül „feltalált” tárgy vagy eszköz határozta meg a törzs további életének minőségét és végeredményben a népcsoport létezésének hosszát is. Minél inkább tudatosan élte meg napjait az ember őse, annál inkább önmaga kereste a boldogulásához szükséges használati tárgyakat, amelyeket a törzsfajlás során fejlesztgetett, hatékonyabbá tett. Az ipari forradalom kezdetétől eltelt nagyságrendileg 300 év alatt több

és hatékonyabb tárgy, eszköz és jármű készült, mint az azt megelőző évezredek alatt. Ezzel együtt is, hiába az emberiség több mint 2000 éves történelme, hiába az ipari forradalmaknak nevezett technikai, technológiai fellendülés, a géppel végrehajtott repülés története alig 120 éves, amit az 1. ábrán láthatunk néhány érdekesebb fordulóponttal.

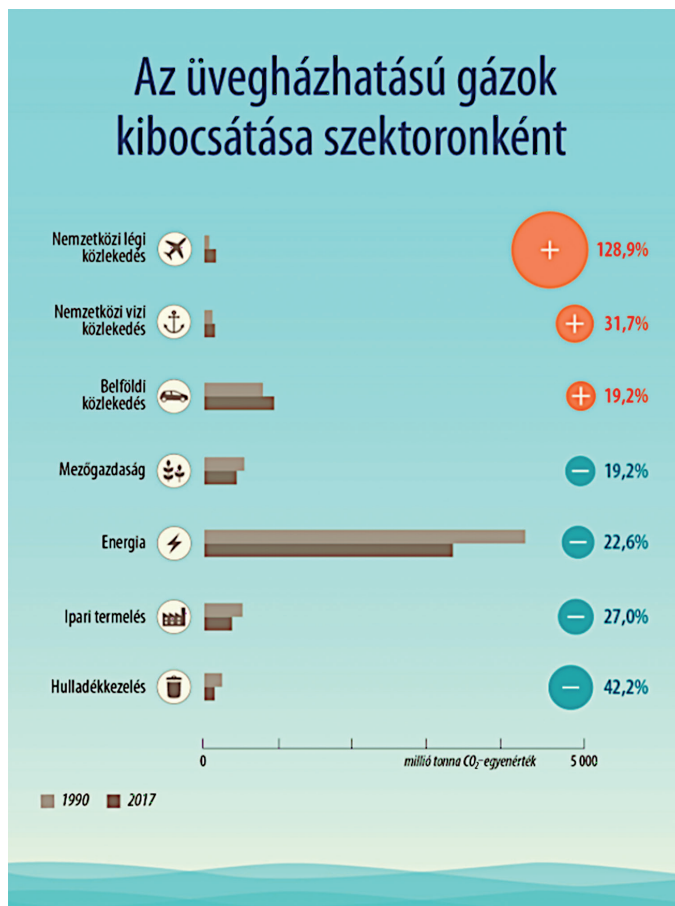


1. ábra
Az ipar és a repülés (Major Gábor szerkesztése [43] alapján)

Ha ebben a perspektívában vizsgáljuk tovább a távirányított, levegőbe emelkedni és repülni képes, pilóta nélküli eszközöket, akkor megállapíthatjuk, hogy ennek a légi eszköznek a gyerekkorát, de legrosszabb esetben is csupán a tinikorát éljük. Ebben a „lázadó” korban körvonalazódnak a jármű és a technológia lehetőségei, és derül ki, hogy mit is lehet kezdeni, ha minden szakterület a haladás útját választva egymást segíti a „lehetőségrétegek” feltárása során, mint ahogyan a hagymát megszabadítjuk a külső, látszólag értéktelen rétegektől, hogy feltáruljon a lényeg, az esszencia. Ez a művelet a növény esetében is sok munkával, kitartással és könnyel jár, csakúgy, mint megalkotni azt a légi robotot, amire az adott munka során leginkább szükségünk van.

3.1. UAV-k jövője felhasznált energia szerint

Jelenünk és jövőnk egyik nagy problémája a károsanyag-kibocsátás (lásd szektoronkénti eloszlásban az EU területén a 2. ábrán) és az általa okozott üvegházhatás. Az éghajlatváltozás és a Föld hőmérséklet-növekedésének ütemét lassítani kell.



2. ábra

Az üvegházhatású gázok kibocsátása szektoronként [2]

Habár a nemzetközi légi és vízi közlekedés csupán az összes kibocsátott üvegházhatású gáz 3,5%-áért felelős az EU-ban, ez a két szektor járul hozzá a leginkább növekvő mértékben a klímaváltozást gyorsító anyagok kibocsátásához. Ennek okai főként a légi utasok számának, illetve a kereskedelem mértékének növekedése. A becslések szerint a repülőgépek által kibocsátott károsanyag mértéke 2050-re a hétszeresére, sőt akár a tízszeresére is nőhet az 1990-es adatokhoz képest [2]. Bár ezek a számok nem tűnnek túlságosan jelentősnek, de figyelembe kell venni, hogy más területeken is a károsanyag-kibocsátás csökkentése a cél. Amennyiben más fosszilis energiahordozót felhasználó ágazatban sikerül nagyobb mértékben csökkenteni a felhasznált mennyiséget és ezzel a károsanyag-kibocsátást, akkor könnyen a légi járművek felelhetnek majd akár a teljes károsanyag-kibocsátás 20%-áért is [50, 24].

Ilyen példa lehet a hagyományos közlekedésben a fosszilis energiahordozót felhasználó gépjárművek leváltása elektromos energiát felhasználó, új, korszerű gépjárművekre. A károsanyag-kibocsátás csökkentése céljából egyre aktuálisabbá válnak a megújuló energiaforrások,

alternatív üzemanyagok és hajtások használata a légi járművek esetében. Ezen célok megvalósítása határozza meg talán a legjobban a légi járművek jövőjét. Ebből következik, hogy ez az egyre nagyobb létszámmal megjelenő pilóta nélküli járművekre is igaz, amelyeket a fentiekben megfogalmaztunk. A következőkben az ilyen irányú alkalmazásokat és fejlesztési irányokat mutatjuk be.

3.1.1. SKAI hidrogénmeghajtású légi jármű

A világon egyre többen kapcsolódnak be a fejlesztésekbe, különböző üzemanyagok előállításába. Folyamatosan folynak a tervezések és a tesztek a jövő környezetbarát repülőinek megalkotása céljából. Egyik jelentős példa az amerikai és magyar együttműködésben tervezett, jelenleg 2 darabszámban gyártott hidrogén üzemanyagcella⁵ meghajtású Skai elnevezésű légi jármű (3. ábra). A kettő közül az egyik Jakabszálláson található, amelynek bemutatásakor elhangzott, hogy az energetikai és klímastratégiában önálló fejezetként szerepel a magyar hidrogéngazdaság fejlesztése, hiszen várhatóan a mesterséges intelligencia, az ipar 4.0 és az 5G technológiai platform mellé hamarosan fel fog sorakozni egy negyedik is, amely alapvetően a hidrogéngazdaság platformját fogja jelenteni [41].



3. ábra
SKAI hidrogénmeghajtású légi jármű [41].

⁵ Az üzemanyagcellák működésük során nem juttatnak a környezetükbe olyan káros anyagokat, mint a hagyományos tüzelőanyagok (nitrogén-oxidok, kén-dioxid, illetve lebegő részecskék), így akár környezetbarátak is nevezhetők (lennének). Viszont a hidrogénbetáplálásuk vizsgózt bocsátanak ki magukból, ami a magasabb légrétegekben, ahol a légi járművek közlekednek, hozzájárul az üvegházhatáshoz. Ezenkívül, a működéshez szükséges hidrogén előállítása jelenleg döntő hányadában nem környezetbarát technológiákkal, fosszilis eredetű energiahordozók felhasználásával (pl. gőz, katalitikus reformálás, elektrolízis) történik, ami így kizárja a H₂ környezetbarát besorolását [14].

A hidrogénmeghajtással hosszabb üzemidőt és nagyobb terhelhetőséget érnek el az elektromos hajtású repülőgépekhez képest. A repülőgép esetében cél a 4 h-s repülési idő és a közel 500 kg terhelhetőség elérése. Tervezetten az irányítása pilóta nélkül és pilótával egyaránt lehetséges lesz. A mai napig folyik a formaterv véglegesítése, és a fejlesztések sem álltak meg, de tervezetten, az engedélyek beszerzését követően már 2023-ban repülhet is a légi jármű. Kezdetben áruszállításra, majd a tapasztalatok gyűjtésével, az esetleges módosítások után személyszállításra is kívánják a jövőben alkalmazni [4].

3.1.2. Napelemes UAV

A napelem nagyon elterjedt a világunkban. Fejlődésük lehetővé tette a légi járműveken való alkalmazhatóságát. Felfogja a nap elektromágneses sugárzását és azt elektromos árammá alakítja. Az ilyen jellegű légi járművek egyik nagy korlátja az akkumulátor. A hatékonyabb napelemek és akkumulátorok fejlődésével még több kapu nyílhat meg jövőbeli alkalmazásuk tekintetében. Napjaink kiemelkedő példája a Silent Falcon UAV, amelynek a szárnyfelületére napelemeket építettek be. Az energia tárolása lítiumion-akkumulátorok segítségével történik. Repülési időtartama 5 h. Kategóriájában nagy hatótávolság jellemzi, elérheti akár a 100 km-t is. A gyártó civil, illetve katonai alkalmazásra is javasolja a légi járművet. Jövőbeli alkalmazása kiterjedhet csővezetékek, elektromos vezetékek vizsgálatára, időjárás-megfigyelésre a civil alkalmazás tekintetében. Megjelenhet belbiztonsági, illetve katonai felderítési feladatok végrehajtásában is [50], [52].

A Boeing által 2017-ben felvásárolt repüléstechnikai cég, az Aurora Flight Sciences 2018 végén mutatta be az Odysseus nevű napelemes, önvezető repülőgépét, amelynek elsődleges célja az lesz, hogy klímaváltozásra vonatkozó adatok gyűjtésében segítse a kutatókat, egy műhold működtetési költségeinek töredékéért.

A 4. ábrán látható Odysseus névre keresztelt szénszálas gép az úgynevezett nagy repülési magasságú, hosszú repülési időtartamú drónok (HALE)⁶ [25] közé tartozik, és gyártója szerint három tulajdonsága különbözteti meg a hasonló eszközöktől: a) egyedüliként tud tartósan egyhelyben lebegni; b) nagyobb terhet tud szállítani; c) éves szinten nagyobb területet képes bejárni, mint az ismert készülő vagy már gyártásban lévő vetélytársai.

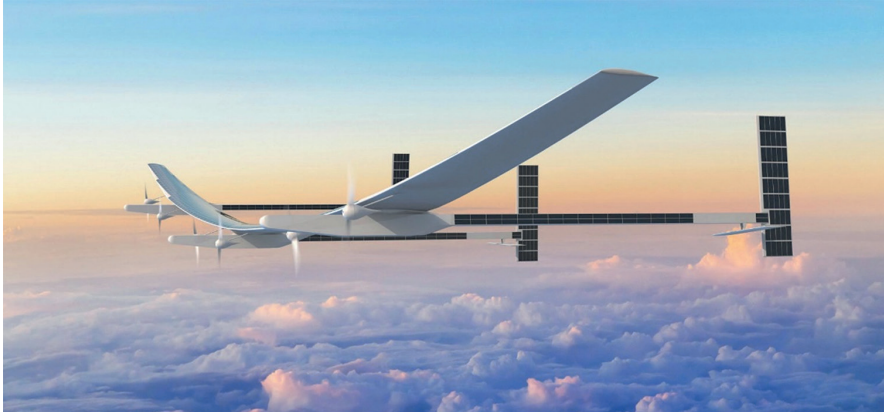
A drón hat propellerét napelemek és akkumulátorok hajtják, amelyek 250 W-os állandó teljesítményt képesek produkálni, ez pedig hasonló paraméterű gépek esetében példátlan, hiszen 25 kg-os hasznos teher cipelését teszi lehetővé. A pehelysúlyú monstrum szárnyfeszávolsága 74 m, tömegéről viszont csak annyit lehet tudni, hogy könnyebb egy Smart autónál (egy jelenleg is gyártott Smart Fortwo 890 kg-ot nyom). A repülési idő hivatalosan és szerényen „több hónap” a leírás szerint, ám sérülésmentes, működőképes napelemekkel gyakorlatilag a végtelenségig a levegőben lehet(ne) tartani. A sztratoszférába navigált gép beépített, nagy felbontású megfigyelőrendszere a vegetációt, a jégtakarók változását és még a talaj nedvességét is képes mérni. A bekerülési költség pontos összegéről idáig nem tudni,

⁶ HALE – High Altitude, Long Endurance.

de a klímakutatóknak az lehet az Odysseus fő vonzereje, hogy nagyságrendekkel olcsóbb egy műholdnál, amely a Globalcom⁷ adatai szerint 400–500 millió dollár között mozog.

Három prototípus készült az Odysseusból, amelyből az első kettőt még csak a repülésre való alkalmasság és a napenergia felhasználása szempontjából tesztelték, a 2020-ban felrepülő harmadik prototípust pedig már felszerelték a Harvard Egyetemen kifejlesztett ózonréteg-vizsgáló eszközzel is, amellyel a gép teherbírását is próbára teszik.

Az Odysseus először 2019. április 23-án szállt fel Puerto Ricóból, ezt a Massachusettsi Műszaki Egyetemen (MIT) kifejlesztett emberi hajtású repülőgép, a Daedalus 88⁸ útjának 31. évfordulójához ütemezték [56].



4. ábra
Odysseus napelemes, önvezető repülőgép [55]

3.1.3. Elektromos meghajtású helikopter

Teljesen új koncepció került napvilágra a Volocopter légi jármű (lásd 5. ábra) tekintetében. Egyik érdekessége, hogy autonóm módon és pilótával is képes repülni. Rendkívül biztonságosnak ígérkezik, teljesen elektromos, zéró károsanyag-kibocsátás jellemzi. A helikopter 18 forgószárnnyal van ellátva, meghajtásukhoz szükséges energiát a lítiumion-akkumulátorok biztosítják. Rendkívül csendes légi járműnek számít, repülési ideje megközelítőleg 25 perc. A könnyű irányítása, megbízhatósága és csendes működése lehetővé teszi a jövőbeli alkalmazását légitaxi-szolgáltatásként. A városi közlekedés igen nehézkes tud lenni a sok gépjármű miatt. A városon belüli légi utasszállítás új lehetőségeket biztosít. A gyártó ennek megvalósítása érdekében a VoloIQ létrehozásán és alkalmazhatóságán dolgozik. A VoloIQ az UAM szoftverprogram „agyaként” szolgál.

⁷ Internet, adatkommunikáció és a multimédia-megoldások vezető szolgáltatója Libanonban 1992 óta.

⁸ Emberi meghajtású repülőgép, amely 1988. április 23-án 3 h 54 m alatt 115,11 km-es távolságot tett meg Krétáról indulva Santorini tengerpartján. Ezzel a teljesítménnyel a repülés hivatalos FIA- (World Air Sports Federation – a légi sportok világának irányító testülete) világrekordokkal rendelkezik az emberi hajtású repülőgépek teljes távolsága, egyenes távolsága és időtartama tekintetében.

A UAM (*Urban Air Mobility*) magyarrá fordítva Városi Légi Mobilitást jelent. Ez a rendszer valós időben kínálja a UAM ökoszisztémájának teljes digitális átláthatóságát.



5. ábra
Volocopter légi taxi [57]

2011-ben mutatták be az első Volocoptert. Mindössze 9 év alatt rendkívüli fejlődésen ment keresztül, és olyan rendszer kiépítésén dolgoznak, amely úttörőnek számít a világon. A légi jármű jövőben való, ilyen jellegű alkalmazhatóságához még bizonyítania kell. A légitaxi-szolgáltatás nagyon új dolognak számít, ezért rengeteg engedélyeztetést igényel, hisz ilyen jellegű alkalmazás korábban még nem fordult elő [37], [50, 29], [57].

A fentiekben bemutatott légi járművek a hagyományos üzemanyagot és hajtást használó légi járművekhez képest kisebb mérettel, hatótávolsággal és sebességgel rendelkeznek. A gyártók szorosan együttműködve dolgoznak a jövő fejlesztésein, ideértve elektromosmotor- és akkumulátorgyártókat, vállalatokat, amelyek teljesen új konstrukciókat hoznak létre, és meglévőket alakítanak a jövő kritériumainak megfelelően [50, 29].

3.2. Az UAV-k jövője a mindennapokban

A pilóta nélküli járművek megjelenése lehetővé tette, hogy olyan feladatok is megoldhatóvá váljanak, amelyek az ember számára nem, vagy csak nehezen megoldhatók. Amennyiben továbbgondoljuk a drónok alkalmazásának lehetőségeit, és nem ragadunk le az előbb említett problémakörnél, akkor megfigyelhetjük, hogy ezek a légi eszközök alkalmasak különböző munkafolyamatok elvégzésére a termelékenység, hatékonyság, vagy akár a biztonság növelése érdekében [39, 107–109]. Láthatunk az eszköz által alkalmazható olyan megoldásokat is, amelyek még csak kísérleti fázisban vannak, és jelen állás szerint gazdaságtalannak minősül az alkalmazásuk, ezáltal a közeljövőt tekintve a „tervező asztalon” maradnak. Ennek ellenére folyamatos a kutatás és fejlesztés annak reményében, hogy idővel, a technológiai és a technikai fejlődésnek köszönhetően gazdaságos felhasználásuk elérhetővé váljon.

Ez a látványos „szárba szökkenés” a 20. század 1970-es éveiben, a programozható memóriájú vezérlőkkel és számítógépekkel megvalósított részleges automatizációval, a harmadik ipari forradalom időszakában kezdődött. Ezen technológiák létrejöttével már teljes gyártási folyamatokat tudunk automatizálni – emberi közreműködés nélkül. Jól ismert és egyre szélesebb körben (vízen, földön és levegőben) alkalmazott példák erre a robotok, amelyek előre beprogramozott műveletsorokat hajtanak végre, akár autonóm módon, emberi beavatkozás nélkül. Mindezt az egyre nagyobb tudással és képességekkel rendelkező mesterséges intelligencia lehetőségeivel kiegészítve, és hozzáadva a jelenkorban, a szemünk előtt megvalósuló negyedik ipari forradalom, információs és kommunikációs technológiák ipari alkalmazásának vívmányait, nincs ember a Földön, aki képes lenne megjósolni, hogy mire lehet képes ez a légi organizmus.

Az említett rendszerek hálózati kapcsolattal történő további bővítése a most zajló ipari forradalom kihívása, amely útján lehetővé válik, hogy ezek a rendszerek más létesítményekkel, más rendszerekkel kommunikáljanak, valamint hogy saját magukról információkat közöljenek. Ebben a struktúrában a rendszerek hálózatba kapcsolása „kiberfizikai irányítási rendszerek” létrehozásához vezet, és így okos felügyeleti rendszerekhez, amelyekben a felügyeleti rendszerek, a szenzorrendszerek [53], [54] és az emberek hálózaton keresztül kommunikálnak egymással, és a teljes felügyelet, az észlelés és az arra adott válaszként történő beavatkozás szinte teljes mértékben automatikus.

3.2.1. UAV a csomagszállításban

Nagy iramban közeledünk ahhoz az időszakhoz is, amikor csomagjaink kézbesítése pilóta nélküli légi jármű segítségével történhet. Egyre több drón áll rendelkezésre ilyen célok megvalósítása érdekében, de a felhasználásukhoz ebben az esetben is a szabályozó hatóságok engedélye szükséges. A gyártók kitartóan dolgoznak azon, hogy a drónok az áruszállításban olyan természetesen legyenek, mint most a postai gépjárművek az emberek mindennapjai során [11].

Az Amazon Prime Air kereskedelmi óriás drónos csomagszállító projektjét (a drónflotta egy példánya a 6. ábrán látható) 2020-ban engedélyezte a Szövetségi Légügyi Hivatal.



6. ábra
Amazon PrimeAir [10]

A kísérleti csomagszállítások hivatalosan megkezdődtek számos nemzetközi helyszínen, és további fejlesztésekkel kívánják elérni a fentiekben említett jövőképet. A cég célja a kisebb távolságokban, kisebb tömegű csomagok kézbesítése. A drónokkal 30 perces kiszállítást terveznek 24 km-en belül. Maximális terhelhetősége ezeknek az eszközöknek 2 kg [33].

Az Amazon mellett számos szállítványozó cég érdeklődését keltette fel a légi eszközökben rejlő lehetőség.

A UPS⁹ azt is becsülte, hogy ha a vállalat 66 000 kézbesítőjének útvonalát csupán egy mérfölddel teszik rövidebbé, az 50 millió dollár megtakarítást jelent. Emiatt a UPS teszteli a drónok szállítási lehetőségeit, és a teherautói tetejét mini helipadként¹⁰ használja.

A Domino's¹¹ elsőként szállított pizzát drónokkal 2016-ban egy új-zélandi házaspárnak. A pizzacég szerint a drónok a jövőbeli szállítási műveleteinek elengedhetetlen részei lesznek [12].

3.2.2. Orvosi drónok

Fontos megemlíteni a pilóta nélküli légi járművek egészségügyben való alkalmazását is, legyen az egy egyszerű csomag (gyógyszerek, kötszerek, életmentő berendezések) kiszállítása, vagy akár érintésmentes testhőmérséklet mérése, ahogyan arról Kiss B, Major G: *Légből kapott segítség a COVID-19 ellen* [45] című írásban olvashatunk, de ezen a felhasználási területen sem „áll meg az idő”, ugyanis megoldható lehet egy terület levegőből történő porlasztásos immunizálása is a szükséges eljárások kidolgozását követően. Ezek az eszközök a levegőben gyorsan képesek elszállítani a szükséges, egyes esetekben életmentő felszereléseket is. Jelenleg is folynak ilyen jellegű alkalmazások, szállítás távol eső vidéki területre vagy olyan helyszínekre, amelyek nehezen megközelíthetők. Jelentősebb felhasználásuk jelenleg afrikai országokban történnek. Az etiópiai Tudomány és Technológia Minisztériuma nagy erőforrásokat fektet a további fejlesztések érdekében. A projekt drónja egy általuk fejlesztett modell, amelyhez az alkatrészeket főként Kinából és az Amerikai Egyesült Államokból szereztek be. A légi jármű 5 kg hasznos teher szállítását teszi lehetővé. Repülési sebessége elérheti az óránkénti 120 km/h-t, repülési magassága pedig az 5000 m-t. A projekt fejlesztési tervei alapján ezek a légi járművek elosztóközpontokból fognak szállítani gyógyszereket 150 km-es sugarú tartományon belül. További drónokat gyártanak, amelyek az orvosi eszközök szállítását nagyobb távolságokra is képesek majd biztosítani. Az ilyen jellegű felhasználás nagyon lerövidítheti a várakozási időt, valamint naponta akár 150 orvosi eszközt, gyógyszert vagy gyógyászati segédeszközt is képesek lehetnek kijuttatni a felhasználás helyére.

Ez a logisztikai művelet rendkívülinek számít ebben a térségben. Vészhelyzet esetén az orvos igénye alapján a szükséges eszköz automatikusan útnak indul. Jellemzően a drón 1 órán belül a helyszínt megközelíti a GPS-navigáció segítségével. A célállomáshoz közeledve értesítik az orvost a csomag érkezéséről, és a kijelölt területen egy megfelelően kialakított tárolóba ejtőernyő segítségével juttatja el a szükséges felszerelést a pilóta nélküli légi eszköz. Ezután ugyancsak autonóm üzemmódban visszatér kiindulási helyére, és akkumulátorcseré után készen áll az új feladat elvégzésére.

⁹ *United Parcel Service of America*: Amerikai Egyesült Csomagküldő Szolgálat, 1907-ben alapított, amerikai székhelyű, multinacionális csomagküldő szolgálat.

¹⁰ Helikopter-felszállóhely, jelen esetben a drónok indítására és fogadására alkalmas dedikált platform.

¹¹ 1960-ban alakult Domino Pizza, Inc. néven, amerikai multinacionális pizza étteremlánc.

Miután az informatika, az irányítás és a gyártástechnológia fejlődése lehetővé tette a számítógépek minél kisebb méretben történő előállítását, miniaturizálását, nem jelent a továbbiakban akadályt a mind kisebb méretű légi robot programozása. Az UAV fedélzetéről a földi irányító pontra közvetített aktuális repülési paraméterek tájékoztatják a kezelőt, a rendszer felügyelőjét, aki ezáltal folyamatosan nyomon követi a végrehajtott feladatot, szükség esetén beavatkozásra is képes [47, 279].

A jövőben várhatóan egyre több ilyen feladatot ellátó pilóta nélküli légi járművekkel találkozhatunk, már nemcsak az említett térségben, de a világ számos pontján is [49].

3.2.3. Drónok a mezőgazdaságban

A dróntechnikában rejlő új lehetőségek nagymértékű hatást gyakorolhatnak a mezőgazdaságra. Könnyen belátható, hogy a folyamatosan növekvő népességgel növekedni fog az élelmiszer iránti kereslet is. Megközelítőleg 30 év múlva 9,5 milliárd ember él majd a Földön, míg a termeléshez felhasználható területek, becslések szerint csupán 5%-kal növekednek. A fenntartható jövő érdekében szükséges a precíziós mezőgazdaság irányába való elmozdulás. A drónok különböző képalapú adatgyűjtése biztosítja a növények állapotának ellenőrzését, idetartozhatnak továbbá a vízellátottság, tápanyagellátás ellenőrzése, gyomnövények és a különböző károk beazonosítása. A drónok ma már nem csak információ- és adatgyűjtési feladatokra alkalmazhatók.

A jövőben nagymértékben nőhet a jelentőségük a permetezés, műtrágyázás területén is. Az egyre nagyobb teherbírású drónok még hatékonyabbá teszik a földművelést. Egyik legkiemelkedőbb példa erre a DJI Agras mezőgazdasági drónjai. A fejlődés jól megfigyelhető a gyártó két típusa a T16 és a T20 között. Mindkettő a kategóriájában hatékonyak számít, és kiemelkedő az általuk szállítható hasznos teher tömege. Az Agras T16-os modell moduláris felépítése könnyebbé teszi a karbantartást és a használatát. Szénszálas kompozitból készült, könnyű és tartós a szerkezete. A hatékony munkavégzéshez az akkumulátor és a tartály könnyen és gyorsan cserélhető. Ez a típus 16 l permetezőszert képes magával vinni, és 6,5 m szélességben tudja kijuttatni azt. A hatékony szivattyúnak és a 8 fúvókának köszönhetően percnként 4,8 l a permetezési sebessége. Ez a típus óránként 10 ha területet képes bepermetezni. Intelligens működés és nagy pontosság jellemzi [5]. A következő generáció típusa a 7. ábrán látható T20, amely várhatóan 2021-ben fog megjelenni.

Itt már megnövekedett az általa szállítható permetszer mennyisége 20 l-re, munkaszélessége pedig 7 m-re változott. Permetezési sebessége a percnkénti 6 l-t közelíti meg. Óránként képes 12 ha területet bepermetezni. Az eszköz precíziós feladatvégzését az RTK modul¹² biztosítja, amely lehetővé teszi a cm pontosságú helymeghatározást. A digitális radarjának köszönhetően vízszintes irányból képes észlelni és kikerülni az akadályokat, ezzel növelve az üzembiztonságot. Munkavégzés közben folyamatos élőképet biztosít a kezelő számára. A gyártó javasolja más drónok alkalmazását is a hatékonyabb feladatvégzéshez. Egy másik, a gyártó által javasolt drón elvégzi az adatgyűjtést, feltérképezést. A DJI Terra segítségével megtörténik az útvonalak tervezése, majd a T20 javított működési hatékonysággal elvégzi az adott feladatot. Ezzel elérhetővé válik a gyümölcsösök és a nehezen megközelíthető

¹² *Real-time Kinematic*: Valós idejű kinematikus helymeghatározást biztosító részegység.

teraszos ültetvények hatékony permetezése. A gyártó az előző generációhoz képest 25%-kal nagyobb hatékonyságot ígér [8].



7. ábra
AGRAS T20 permetező drón [8]

Pár év alatt hatalmas eredmények jöttek létre. Feltehetően a jövőben még hatékonyabb pilóta nélküli légi járművek jelennek meg a precíziós mezőgazdaságokban. A 2021-es termék előrelátható vásárlói ára 7 millió forint körül alakulhat. Az előző generáció típusa 5 és 5,5 millió forint közé tehető jelenleg Magyarországon. A jövőben, feltehetően egyre elérhetőbbé válhatnak ezek az eszközök, és a kisebb gazdaságokban is megjelenhetnek [6], [7].

Ahogy már korábban megfogalmaztuk, az elektromos energiát felhasználó légi járművek egyik nagy korlátja az elektromos energiát tároló akkumulátorok. A gyors töltési idő és a hosszú élettartam még nem összeegyeztethető az akkumulátorok esetében.

A fenti példához kapcsolódóan egy mezőgazdasági drón akkumulátora körülbelül 400 töltés után használhatatlanná válik. A 15–20 perces repülési időt lehetővé tevő akkumulátorok, a huzamosabb felhasználási időnek köszönhetően hamar elérhetik a fent említett 400-as töltési számot. Megállapítható, hogy az akkumulátorok fejlődése kulcsfontosságú a jövőt illetően.

3.3. Az UAV-k jövője katonai környezetben

A kezdeti „szárnypróbálgatásokat” követően a II. világháború után, az 1950-es években kezdtek megjelenni a pilóta nélküli felderítő repülőgépek olyan missziókban, amelyeket túl veszélyesnek tartottak ahhoz, hogy megkockáztassák a személyzet elvesztését. Jelentős számban használták a vietnámi háborúban, valamint kevésbé beharangozott küldetéseken, például az 1950-es és 1960-as években Kína feletti kémrepülésekben.

Az UAV-k szerepe egyre jelentősebb a légi, földi, illetve a tengeri műveletekben is. A drónok, a bombákat hatástalanító robotoktól a mini tengeralattjáróig, a hajófedélzetről indítható felderítő helikopterektől a nagy magasságban tevékenykedő, precíziós támadásokat végrehajtó légi eszközökig a legtöbb esetben a feladatuk végrehajtása, illetve az arra történő

felkészítésük során igénylik az emberi beavatkozást (szakemberek tevékenységét) [20], [21]. A jövő katonai távirányítású pilóta nélküli repülőgépei, amelyek érzékeny felderítő elektronikával és erős precíziós fegyverekkel vannak felszerelve, nehezen észlelhetők, halálosak és a feladataik súlyosságához mérten, olcsón építhetők. A drónok olyan típusú fegyverrendszert jelentenek, amelyet a stratégák mindig is kívántak, lehetővé teszik egy katonai erő számára, hogy hatalmat gyakoroljon, miközben minimalizálja saját kockázatát, és pontos, halálos csapást hajt végre, anélkül, hogy saját katonáit veszélybe sodorná. Az ENSZ¹³ jelentése több mint 40 olyan országot sorol fel, amelyek távirányítású repülőgépeket vásároltak, bár ezek többségét légi felderítésre használják [1].

3.3.1. Az X61 UAS

Az Egyesült Államok egyik jelentős fejlesztése a DARPA által 2016-ban indított Gremlins program. Ennek a programnak a keretei között egy pilóta nélküli légi rendszer kiépítése volt a cél. Egy komplex rendszer, amelyben egyszerre több példányban bevethető és újra használható pilóta nélküli légi járművek vannak. Itt fontos tényező a magas fokú összehangoltság, nagy számú pilóta nélküli légi jármű alkalmazása a műveletekben, elosztott képességek és az ezekkel elérni kívánt rugalmasság és költségmegtakarítás. Az elképzelés kiegészül azzal az újdonsággal, hogy a végrehajtandó feladat irányába a rendszerben alkalmazni kívánt drón, a 8. ábrán látható X61-es, harci repülőkről, hordozógépekről, esetleg bombázóról is indítható.



8. ábra
Dynetics X-61A Gremlins az első repülés során [36]

Ez lehetővé teszi, hogy a sokkal drágább és nagyobb üzemeltetési költségekkel rendelkező légi jármű, amelyről az indítás történik, a veszélyes, ellenséges erők hatósugarán kívül maradjon. Az elindított X61-es légi járművet a tervek szerint pedig a sikeres feladat-végrehajtást követően begyűjtik, hazaszállítják és felkészítik a következő bevetésre. Az X61 felszerelhető

¹³ Egyesült Nemzetek Szervezete (*United Nations*, röviden: UN).

különböző elektrooptikai érzékelőkkel, infravörös képalkotókkal, illetve elektronikai hadviselési rendszerekkel és fegyverekkel. Tervezetten ezek a légi járművek 20 alkalommal vethetők be különböző feladatok végrehajtására. Ezeket a légi járműveket kisebb méret, kevesebb hasznos tömeg, jelentősen kisebb költség jellemzi a hagyományos, hosszú élettartamra és hasonló feladatkörre tervezett légi járművekhez képest. Tervezetten az elképzelések szerint, távolról akár egyszerre 8 darab X61-es légi jármű is irányítható lesz egy időben. Eddig 5 darab készült el, ebből 1 db megsemmisült egy kísérlet során [38], [40].

3.3.2. Szu-70 UCAV

Oroszországban nagy iramban történik az új Szu-70 UCAV¹⁴ fejlesztése, amit a 9. ábrán mutatunk be. Az UCAV mozaikszó magyar fordításban a felfegyverzett vagy fegyveres alkalmazásra képes pilóta nélküli harci repülőgépet jelenti, amely jelenleg egyedülállónak számít a légi eszköz alkalmazásának terén.

A repüléssel foglalkozó szaklapok információi szerint Oroszország már 2024-ben megkaphatja az új Szuhoj Szu-70 Okhotnik repülőgépet. A felhasználási elképzelés szerint az 5. generációs Szu-57-es repülőgéppel fog együttműködni. Folyamatos információ- és adatkapcsolat-létesítés történik a két gép között, ezzel kiterjesztve a harci repülőgép képességeit. Ezáltal növelhető a Szu-57-es radarja által elérhető hatótávolság. Nagy távolságú célpontokat jelölhetnek ki a Szu-70-es által, anélkül, hogy felderíthetővé válna a légi jármű, amiben további segítség a lopakodó kialakítás. A Szu-70-es légi járműnek méretei jelentősen nagyobbak más nyugati pilóta nélküli harci repülőgépeknél [25, 299–316]. A 20 m-es szárnyfesztávolsággal és a 14 m hosszúságával a tömege 20 t-ra becsülhető. Sebessége 1000 km-re tehető óránként, hatótávolsága pedig elérheti a 6000 km-t. Fegyverzetének tömege legfeljebb 2,8 t lehet [57].



9. ábra

A Szu-70 Okhotnik-B (Hunter) harci drón 2019 augusztusában hajtotta végre első repülését [52]

¹⁴ *Unmanned Combat Air Vehicle: Pilóta nélküli harci repülőgép.*

3.3.3. QF-16

Az amerikai oldalon is jelentős fejlesztések és átalakítások történnek a pilóta nélküli repülés területén. Az Egyesült Államok minden évben jelentős mennyiségű F-16-os 4. generációs repülőgépet „nyugdíjaz”. Ezeknek a nagy részét átalakítják, méghozzá pilóta nélküli légi járművé. Ezeknek a repülőgépeknek az átalakítása könnyen megvalósítható, hiszen ezek úgynevezett fly-by-wire repülőgépek, ami az irányítási rendszerük működési elvére utal.

Ez azt jelenti, hogy a repülőgép irányításához szükséges pilóta általi mozdulatokat érzékeli a számítógép, és az utasításokat vezetékeken keresztül továbbítja a kormánysszervek felé, majd a különböző irányításért felelős szervek működésbe lépnek, és megvalósul az irányítás. Az átalakított repülőgépeket QF-16-nak nevezik, ami a 10. ábrán tekinthető meg.



10. ábra

QF-16, a gép és a „pilóta” fülke, pilóta nélkül repülés közben (Major Gábor szerkesztése [9] alapján)

Ezek a gépek képesek önálló fel- és leszállásra, bonyolult manőverek végrehajtására. Ennek ellenére a legtöbbször ezek a gépek nem szállnak le, mert lelövik őket a levegőben célgyakorlatként más, rakétákat indító pilóta nélküli légi járművek. Ezeket a légi járműveket is fel tudják használni hasonló módon, mint a fentiekben bemutatott orosz Szu-70-es. A QF-16-os repülőgépek megfelelő szoftverrel a jövőben kísérhetik az F-22-es vagy az F-35-ös repülőgépeket is [42].

4. Konklúzió

A publikáció elején röviden bemutattuk a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos információkat, az első UAV megjelenését, katonai alkalmazását és a velük szemben támasztott követelményeket. Ezek a légi eszközök napjainkra rendkívül széles körben alkalmazhatók. A kialakítási lehetőségek nagy számban állnak rendelkezésre. Más kérdés azonban, hogy a fenntartható jövő érdekében mégis milyen energiateljesítményt és hajtóanyagot alkalmaznak.

A mindennapok során egyre jobban érzékeljük a károsanyag-kibocsátás hatásait, amiből jelentős szeletet „vállal” a légi közlekedés legtöbb szegmense is.

A pilóta nélküli légi járművek fejlesztésein látható, főként a civil alkalmazásokban, hogy erősen az elektromos energiafelhasználás és megújuló energiaforrás alkalmazása kerül előtérbe. Bemutattuk a csomagszállításban, egészségügyben és a mezőgazdaságban használható pilóta nélküli légi járműveket, illetve ezeknek a jövőbeli fejleszthetőségi irányvonalait.

A katonai alkalmazhatóságnál figyelembe kell venni azt is, hogy elektromos energiával még nem lehetséges olyan haditechnikai mutatókat elérni, amelyek megfelelnek vagy túlmutatnának bizonyos katonai feladatokban alkalmazott légi járművek jellemzőin. Ideértve például a hatótávolságot, a sebességet és a függeszthető hasznos terhet. Vannak azonban bizonyos területek, ahol a katonai felhasználás lehetővé teszi az elektromos meghajtású pilóta nélküli légi jármű alkalmazását, mint például az ellenséges terület tartós megfigyelése. A kutatás-fejlesztés egyre inkább a harci feladatokat ellátó drónok autonóm működése, feladatainak ilyen jellegű végrehajtása irányába tolódik, amelyet kétségkívül a mesterségesintelligencia-kutatás tud megfelelően és maximálisan támogatni. Ennek a két kutatási területnek (a pilóta nélküli légi járművek és a mesterséges intelligencia) a kedvező elegye olyan légi képességeket hozhat létre, amelyek nem csupán a harctéri körülmények között, de a civil hétköznapokban is rendkívül hasznos és hatékony megoldásokat lesznek képesek adni az emberiségnek.

Ezt támasztja alá egyrészt, hogy a mesterséges intelligencia 2030-ra a világgazdaság 16%-ához járul majd hozzá, míg a brit gazdaságot 22%-kal növeli [48].

Másrészt Avi Bleser¹⁵ találó megfogalmazása tökéletesen mutatja a drónok elterjedésének ütemét, miszerint: „Mosolyogj, amikor felnézel az égre, mindig figyel valaki” [1].

A publikációban említett és tárgyalt tényezők további lehetőségekre világítanak rá, amelyek nagyban meghatározzák a jövő kimenetelét. Mindemellett nem elhanyagolható tény, hogy a technikai, technológiai fejlődést hogyan befolyásolhatják majd a felmerülő jogi kérdések és hatósági engedélyeztetések, ugyanis ezen múlik ennek az ipari szegmensnek a fejlődése és kiteljesedése.

Hivatkozások

- [1] 'Messengers of Death': Are Drones Creating a New Global Arms Race? Online: <https://abcnews.go.com/International/drones-creating-global-arms-race/story?id=14788147>
- [2] Európai Parlament, *A repülésből és hajózásból származó károsanyag-kibocsátás számokban*. 2019. Online: www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20191129S-TO67756/a-repulesbol-es-hajozasbol-szarmazo-karosanyag-kibocsatas-szamokban
- [3] Daly, D., *A Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*. Consortiq. Online: <https://consortiq.com/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>
- [4] BAON, *A világ első hidrogénhajtású légi járművét építik Jakabszálláson*. 2020. Online: www.baon.hu/kozelet/helyi-kozelet/a-vilag-első-hidrogenhajtasu-legi-jarmu-epitik-jakabszallason-2424690/
- [5] DJI, *AGRAS T16*. Online: www.dji.com/hu/t16?site=brandsite&from=insite_search

¹⁵ Israel Aerospace Industries (IAI) katonai repülőgép-csoport marketing-, és értékesítési alelnöke.

- [6] Hobbycity, *DJI Agras MG-T16 mezőgazdasági permetező drón*. Online: www.hobbycity.hu/dji-agras-mg-t16-mezogazdasagi-permetezo-dron?utm_source=arukereso&utm_medium=cpp&utm_campaign=direct_link
- [7] Hobbycity, *AGRAS T20 ár*. Online: www.hobbycity.hu/dji-agras-t20-permetezo-dron-5887
- [8] DJI, *AGRAS T20*. Online: www.dji.com/hu/t20
- [9] J. Keller, *Air Force to convert 30 F-16 jet fighters to target drones in \$34.4 million order to Boeing*. Military & Aerospace Electronics, 2016. Online: www.militaryaerospace.com/computers/article/16714529/air-force-to-convert-30-f16-jet-fighters-to-target-drones-in-344-million-order-to-boeing
- [10] Amazon, *Amazon Prime Air* [Amazon jövőbeni szállítási rendszere]. Online: www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011
- [11] Justin V., *Az Amazon megkapta az engedélyt a drónos csomagszállításra*. Rakéta, 2020. Online: <https://raketa.hu/az-amazon-megkapta-az-engedelyt-a-dronos-csomagszallitasra>
- [12] J. Desjardins, *Is the Future of Ecommerce in Drone Deliveries?* Visual Capitalist, 2018. Online: www.visualcapitalist.com/ecommerce-drone-deliveries/
- [13] Békési B., Szegedi P., „Pilóta nélküli légijárművek – biztonság vagy fenyegetés,” in *XV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Előadások*. Mesterházy B. szerk. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2016. 130–141.
- [14] Békési B., Juhász M., „Pilóta nélküli légijárművek energia forrásai,” *Economica*, 7. évf. 1. sz. 92–100. 2014. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2014/7/1/4311>
- [15] B. Békési, M. Novák, A. Kárpáti, Gy. Zsigmond, „Investigation of the Reliability of UAVs,” in *Proceedings of the 16th International Conference Transport Means 2012*, Kaunas, Lithuania, 2012. 101–103.
- [16] Békési B., Novák M., Kárpáti A., Zsigmond Gy., „Egyszerűsített UAV irányító rendszer megbízhatósági vizsgálata,” *Repüléstudományi Közlemények*, 25. évf. 2. sz. 224–231. 2013.
- [17] Békési B., Papp I., Szegedi P., „UAV-k légi és földi üzemeltetése,” *Economica*, 6. évf. 2. sz. 99–117. 2013. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4422>
- [18] Békési B., Papp I., „Pilóta nélküli légijárművek megbízhatósága,” in *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*. Pokorádi L. szerk. Debrecen, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, 2014. 223–230.
- [19] B. Békési, I. Papp, „UAV Future Development,” in *Proceedings of the International Conference Deterioration, Dependability, Diagnostics 2013*, Brno, Czech Republic, 2013. 63–76.
- [20] Békési B., Szegedi P., „Napjaink fegyverrendszer fejlesztési trendjei,” *Economica*, 8. évf. 4/2. sz. 174–184. 2015. DOI: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2015/8/4/2/4603>
- [21] Békési B., Szegedi P., „Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, a tudásalkalmazás és fejlesztés szempontjából,” *Repüléstudományi Közlemények*, 27. évf. 3. sz. 105–116. 2015. Online: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-08-0223_Bekesi_B-Szegedi_P.pdf
- [22] B. Békési, T. Wüthl, „Redundancy for micro UAVs – control and energy system redundancy,” in *Proceedings of the International Conference Deterioration, Dependability, Diagnostics 2012*, Brno, Czech Republic, University of Defence, 2012. 123–130.
- [23] B. Békési, P. Koronváry, „Are drones a boon or bane? Scientific research and education in the Air Force,” *Scientific Research and Education in the Air Force – AFASES*, no. 1, 55–64. 2017. Online: <https://doi.org/10.19062/2247-3173.2017.19.1.5>

- [24] Békési B., „UAV fejlesztések, új alkalmazások,” in *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Palik M. szerk. Budapest, Nemzeti Közszerológáti Egyetem, 2013. 299–315.
- [25] Békési B., „Pilóta nélküli légi járművek jellemzése, osztályozásuk,” in *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Palik M. szerk. Budapest, Nemzeti Közszerológáti Egyetem, 2013. 65–109.
- [26] Békési B., „Az UAV-k jövőbeni fejlesztési irányai,” in *XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Előadások*. Mesterházy B. szerk. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2013. 101–113.
- [27] Békési B., „Pilóta nélküli légi jármű típusok sárkányszerkezeti megoldásai,” in *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*. Pokorádi L. szerk. Debrecen, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, 2013. 122–132.
- [28] B. Békési, “Redundancy on Board of UAVs – Energy Systems,” in *Proceedings of the 16th International Conference Transport Means 2012*, Kaunas, Lithuania, 2012. 158–161.
- [29] Békési B., „UAV-k sárkányszerkezeti megoldásai,” *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 15. évf. 1–11. 2011.
- [30] Békési L., Békési B., „Forgósárnyas pilóta nélküli légi járművek,” *Economica*, 6. évf. 2. sz. 88–98. 2013. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4421>
- [31] Békési L., Békési B., „Merevszárnyú pilóta nélküli légi járművek (UAV-k),” *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 17. évf. 7–34. 2013.
- [32] Békési L., „A pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos alapismeretek,” *Repüléstudományi Közlemények*, 28. évf. 3. sz. 159–176. 2016. Online: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_3/2016-3-11-0354_Bekesi_Laszlo.pdf
- [33] HVG, *Bemutatta az új drónt az Amazon, amelyik 30 perc alatt házhoz viszi a csomagot*. HVG, 2019. Online: https://hvg.hu/tudomany/20190606_amazon_prime_air_dron_csomagszallitas
- [34] C. Tucker, *Bruchsal-based Volocopter extends its Series C to €87 million to pioneer air taxi services*. EU-Startups, 2020. Online: www.eu-startups.com/2020/02/bruschal-based-volocopter-extends-its-series-c-to-e87-million-to-pioneer-air-taxi-services/
- [35] Palik M. szerk., *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Budapest, Nemzeti Közszerológáti Egyetem, 2013. 7–13. Online: www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/UAV_handbook_Secon_edition.pdf
- [36] G. Reim, *Dynetics X-61A Gremlins makes first flight, but destroyed after parachute fails*. Flight Global, 2020. Online: www.flightglobal.com/military-uavs/dynetics-x-61a-gremlins-makes-first-flight-but-destroyed-after-parachute-fails/136220.article
- [37] Varga S., *Ehang és Volocopter újra nagyot léptek a városi légi mobilitás fejlesztésében*. Repülni Jó, 2020. Online: www.repulnijo.hu/ehang-es-volocopter-ujra-nagyot-leptek-a-varosi-legi-mobilitas-fejleszteseben/
- [38] Kotulyák T., *Első repülése végén összetört a legújabb pilóta nélküli katonai drón*. AIRPortal, 2020. Online: <https://airportal.hu/első-repulese-vegen-osszetort-a-legujabb-pilota-nelkuli-katonai-dron/>
- [39] Gajdács L., Major G., „Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén,” *Repüléstudományi Közlemények*, 30. évf. 2. sz. 101–112. 2018.
- [40] P. J. Calhoun, *Gremlins*. DARPA. Online: www.darpa.mil/program/gremlins

- [41] Autopro, *Hatalmas hazai siker: itt az első hidrogén üzemanyagcella meghajtású repülő*. AutoPro, 2020. Online: <https://autopro.hu/trend/hatalmas-hazai-siker-itt-az-első-hidrogen-uzemanyagcella-meghajtasu-repulo/266769>
- [42] K. Mizokami, *How the U.S. Air Force turns an F-16 Fighter into a drone*. Popular Mechanics, 2019. Online: www.popularmechanics.com/military/aviation/a29847417/f-16-drone/
- [43] I4 Technológiai Központ, *Ipar 4.0 – Negyedik ipari forradalom*. Online: www.ipar4.bme.hu/ipar-4-0/#page-content
- [44] Palik M., Major G., Kiss B., „Migration from bird's eye view,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. 189–202. 2017.
- [45] Kiss B., Major G., Légből kapott segítség a COVID-19 ellen. in *Repüléstudományi Szemlények*, 2021. (megjelenés alatt)
- [46] Major G., „A pilóta nélküli légi jármű rendszerek használata az elektronikai hadviselésben,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. 301–316. 2017.
- [47] Major G., „Does an autonomous drone return home at all time?” *Repüléstudományi Közlemények*, 30. évf. 2. sz. 275–284. 2018.
- [48] McKinsey Global Institute, *Artificial intelligence in the United Kingdom: Prospects and challenges*. 2019. Online: <https://tinyurl.hu/QVt4/>
- [49] HungaroControl MydroneSpace, *Orvosi drónok*. Online: https://mydroneSpace.hu/aktualitasok/orvosi_dronek
- [50] Óvári Gy., Békési B., Fehér K., „Az elektromos meghajtású repülés lehetőségei,” in *XVIII. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia*. Pozsgai A., Puskás J. szerk. Szombathely, ELTE Savaria Egyetemi Központ, 2020. 23–33. Online: <http://ojs.elte.hu/index.php/tmgank/article/view/672/579>
- [51] Airforce Technology, *Russia's top long-range attack drones*. 2020. Online: www.airforce-technology.com/features/russias-top-long-range-attack-drones/
- [52] sUAS News, *Silent falcon UAS technologies offer mission selectable capabilities to solar/electric suas aircraft*. 2020. Online: www.suasnews.com/2020/02/silent-falcon-uas-technologies-offer-mission-selectable-capabilities-to-solar-electric-suas-aircraft/
- [53] Szegedi P., Békési B., „Sensors on board of the Unmanned Aerial Vehicles,” In *Proceedings of 19th International Scientific Conference Transport Means*, Kaunas, 2015. 219–222.
- [54] Szegedi P., Békési B., Az UAV-on alkalmazható szenzorok, in *XIV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Előadások*. Mesterházy B. szerk. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2015. 175–182. Online: http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK_14_Nemzetkozi_Konf_Eloadasok_201500516.pdf
- [55] Bodnár Zs., *Ultrakönnyű napelemes óriásdrón vizsgálja nemsokára a klímaváltozást*. Qubit, 2019. Online: <https://qubit.hu/2019/01/14/ultrakonnyu-napelemes-oriasdron-vizsgalja-nemsokara-a-klimavaltozast>
- [56] J. Trevithick, *Watch Russia's S-70 unmanned combat air vehicle fly with an Su-57 for the first time*. The Drive, 2019. Online: www.theDrive.com/the-war-zone/30053/watch-russias-s-70-unmanned-combat-air-vehicle-fly-with-an-su-57-for-the-first-time
- [57] Volocopter, *We bring urban air mobility to life*. Online: www.volocopter.com/en/

Evolution of Unmanned Aircraft (UAV)

The kind of aircraft in the title is undoubtedly one of the most dynamically evolving areas of aviation and is potentially a harbinger of new flight technologies, procedures, and the task systems and solution tactics they can solve. Only in the last few years have these aerial robots emerged from the shadows, but in fact they have been used successfully for decades. It can be seen that these are the years of 'wing-breaking', as there is currently no scientist on this Earth to predict the full repertoire. In the following publication, the authors show how the appearance, importance, perception, significance and role of dynamically evolving unmanned aerial vehicles can take place in the civilian and military environments, to what extent this type of change is in effect and to what extent this exponential progress can be sustained. From the article, the reader can learn about the energy source from which they can cover the required propulsive force by aerial robots, which are getting farther and higher, and are realising this more and more quickly, transporting many times their own mass.

Keywords: *unmanned aerial vehicle systems, drone, UAV drive, possibilities of use, military specifications, environmentally friendly UAV technology*

Major Gábor alezredes, tanársegéd Nemzeti Közszerológálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X	Gábor Major Lieutenant Colonel, Assistant Lecturer University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems major.gabor@uni-nke.hu orcid.org/0000-0003-2927-127X
Csóré Attila BSc-hallgató Nemzeti Közszerológálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék csoreattila19@gmail.com orcid.org/0000-0002-2892-5166	Attila Csóré BSc student University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems csoreattila19@gmail.com orcid.org/0000-0002-2892-5166



Tartalom

VAS TÍMEA, BÉKÉSI BERTOLD, SÁRI JÁNOS, KELE KATALIN, MAGYAR MARTIN, SZABÓ RICHÁRD: <i>A mesterséges intelligencia alkalmazhatósága a modern kori repülésben</i>	5
PETRA KOVÁCS: <i>Women serving in the Royal Air Force (1938–1944)</i>	19
SÁNDOR ZSOLT, PUSZTAI MÁTÉ: <i>A hazai pilóta nélküli légijármű-rendszerekre vonatkozó szabályozás EU-s jogszabályoktól való eltéréseinek bemutatása</i>	27
FELKAI PÉTER: <i>Az úrhajósok is karanténban voltak</i>	39
ZOLTÁN DUDÁS: <i>Interpretations of Human Error in Aviation</i>	49
BALI TAMÁS: <i>A hazai légi kutatás-mentés átalakulása a H145M helikopter hadrendbe állításával</i>	59
MAJOR GÁBOR, TAMÁS MIKLÓS: <i>Az atomerőművek drónokkal szembeni védettsége</i>	69
SÁNDOR ZSOLT, PUSZTAI MÁTÉ: <i>A hazai pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos szabályozás összehasonlítása a többi uniós tagállam gyakorlatával</i>	85
SÁRI JÁNOS, BÉKÉSI BERTOLD: <i>Légi járművek közelségi és figyelmeztető rendszerei</i>	97
GÁBOR ARMAND DÁVID, SZIROCZÁK DÁVID: <i>Nagynyomású földgáz mint tüzelőanyag a forgószárnyas repülőgépek világában</i>	123
BÉKÉSI BERTOLD, SÁRI JÁNOS: <i>A kriogenika felhasználhatósága a modern repülésben</i>	137
GAJDÁCS LÁSZLÓ, PALIK MÁTYÁS, DUDÁS ZOLTÁN: <i>Drónok és hagyományos légi járművek közös légtérben történő alkalmazásának repülésbiztonsági kockázatai</i>	157
CSÓRÉ ATTILA, MAJOR GÁBOR: <i>A pilóta nélküli légi járművek (UAV) evolúciója</i>	171