



Pilóta nélküli repülés

profiknak és amatőröknek

Szerkesztette Dr. Palik Mátyás



Második, javított kiadás



Pilóta nélküli repülés

profiknak és amatőröknek

Második javított kiadás

© A Szerzők, 2013
© Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013

Szerkesztő:
Dr. Palik Mátyás

Lektorok:
Prof. Dr. Kovács László
Prof. Dr. Óvári Gyula

Olvasószerkesztő:
Nagy Imréné

Műszaki szerkesztő és ábrarajzoló:
Dr. Szilvássy László

A borítót készítette:
Jámbor Krisztián

A kiadvány szerzői:
Dr. Békési Bertold, Dr. Bottyán Zsolt, Dr. Dunai Pál,
Halászné dr. Tóth Alexandra, Prof. Dr. Makkay Imre,
Dr. Palik Mátyás, Dr. Restás Ágoston, Dr. Wührl Tibor

ISBN 978-615-5057-64-9

Kiadó:
Nemzeti Közszolgálati Egyetem



*Kritikus infrastruktúra
védelmi kutatások*

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-0001



SZÉCHENYI TERV

***TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások
„A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg”.***

A könyv

***„A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai”
című kiemelt kutatási terület támogatásával készült el.***

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

TARTALOM

ELŐSZÓ	7
MOTTÓ	9
BEVEZETÉS	11
UAV, DRONE, RPV, RPA, UAS, RPAS, UCAV, UCAS – ÉS AMI MÖGÖTTÜK VAN..	11
EBBŐL ÉLNI – VAGY EZÉRT	14
A KÖNYVRŐL	16
MOTIVÁCIÓK.....	17
FEJEZETEK	19
1. A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLÉS RÖVID TÖRTÉNETE	25
1.1 A KEZDETEK: HAJTÓMŰ NÉLKÜLI FEJLESZTÉSEK	25
1.2 A LÉGI TORPEDÓK KORA	26
1.3 PILÓTA NÉLKÜLI CÉLREPÜLŐGÉPEK	29
1.4 MÁSODIK VILÁGHÁBORÚS ROBOTOK	31
1.5 A HIDEGHÁBORÚ UAV FEJLESZTÉSEI	34
1.6 DRÓNOK VIETNÁM FELETT	37
1.7 IZRAELI UAV FEJLESZTÉSEK	39
1.8 AZ ÖBÖL-HÁBORÚ ROBOTJAI	44
1.9 SZÖVETSÉGES DRÓNOK A BALKÁN FELETT	46
1.10 DRÓNOK A TERRORIZMUS ELLENI MŰVELETEKBEN	48
1.11 MAGYAR UAV FEJLESZTÉSEK	51
1.12 BEFEJEZÉS.....	60
2. PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK JELLEMZÉSE, OSZTÁLYOZÁSUK	65
2.1 BEVEZETÉS	65
2.2 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ KATEGORIÁK	65
2.3 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK SÁRKÁNYSZERKEZETI MEGOLDÁSAI ...	70
2.4 FELHASZNÁLÁS CÉLJA.....	84
2.5 MEGHAJTÁS.....	87
2.6 IRÁNYÍTÁS	90
2.7 AZ UAV-K INDÍTÁSA	91
2.8 VISSZATÉRÉS	97
2.9 REPÜLÉSI JELLEMZŐK (ADATOK)	101
2.10 ÖSSZEFOGLALÓ.....	106
3. UAV FEDÉLZETI RENDSZEREK TERVEZÉSE „SYSTEM DESIGN/UAV ONBOARD SYSTEMS”	111
3.1 TERVEZÉS FONTOSABB PEREMFELTÉTELEI.....	111
3.2 FEDÉLZETI MŰKÖDÉSIRÁNYÍTÓK (KÖZPONTI VEZÉRLŐK –CP) ÉS AZOK MŰKÖDÉSÉNEK FOLYTONOSSÁGA.....	115
3.3 FEDÉLZETI TÁPELLÁTÁS	123
3.4 SZENZOROK, SZENZOR ADATOK KEZELÉSE	125
3.5 A FEDÉLZETI IRÁNYÍTÓRENDSZER NÉHÁNY ALGORITMUSA.....	132

4. PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK HASZNOS TERHEI.....	143
4.1 A HORDOZÓK KÉPESSÉGE	143
4.2 TÁVÉRZÉKELÉS ESZKÖZEI A FEDÉLZETEN	146
4.3 MEGJELENÍTŐK.....	160
4.4 EGYÉB ESZKÖZÖK A FEDÉLZETEN	162
4.5 HASZNOS TERHEK – A JÖVŐBEN.....	170
5. A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK REPÜLÉSE A JOGI SZABÁLYOZÁS TŰKRÉBEN	173
5.1 A HATÁLYOS MAGYAR LÉGIKÖZLEKEDÉSI JOGANYAG „UAV SZEMSZÖGBŐL”	173
5.2 A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK ALKALMAZÁSÁNAK SZABÁLYOZÁSA A NEMZETKÖZI JOGBAN	183
5.3 SZABÁLYOZÁS AZ EGYES ORSZÁGOKBAN.....	187
5.4 KÖVETKEZTETÉSEK	190
6. A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁNAK METEOROLÓGIAI ASPEKTUSAI.....	193
6.1 A REPÜLÉS ÉS AZ ATMOSZFÉRA KAPCSOLATA.....	193
6.2 AZ UAV-K REPÜLÉSÉRE VESZÉLYES SZITUÁCIÓK A LÉGKÖRBE.....	199
6.3 AZ UAV-K METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSÁNAK RENDSZERE	211
7. EMBERI TÉNYEZŐ A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK ÜZEMELTETÉSÉBEN.....	219
7.1 BEVEZETÉS	219
7.2 A PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK KEZELŐIVEL SZEMBENI KÖVETELMÉNYEK	222
7.3 AZ EMBERI TÉNYEZŐ MINT HIBAFORRÁS.....	226
7.4 UAV KEZELŐSZEMÉLYZET KIVÁLOGATÁSÁNAK BEMENETI KÖVETELMÉNYEI.....	231
7.5 ÖSSZEFOGLALÁS.....	236
8. AZ UAV KÖZSZOLGÁLATI ALKALMAZÁSAI	241
8.1 KÖRNYEZETVÉDELMI CÉLÚ UAV ALKALMAZÁSOK.....	242
8.2 AZ UAV RENDŐRSÉGI ALKALMAZÁSAI.....	246
8.3 AZ UAV KATASZTRÓFAVÉDELMI ALKALMAZÁSAI	249
8.4 AZ UAV KERESKEDELMI CÉLÚ ALKALMAZÁSAI	268
9. A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK KATONAI ALKALMAZÁSA.....	281
9.1 AZ UAV-K SZÜKSÉGESSÉGE.....	281
9.2 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ RENDSZEREK AZ ÖSSZHADERŐNEMI LÉGI MŰVELETEKBEN	282
9.3 AZ UAS ALKALMAZÁS SAJÁTOSSÁGAI.....	289
9.4 A FEJLŐDÉS IRÁNYAI.....	292
10. UAV FEJLESZTÉSEK, ÚJ ALKALMAZÁSOK	299
10.1 BEVEZETÉS	299
10.2 LÉGIJÁRMŰVEK FEJLŐDÉSE	299
10.3 JÖVŐBELI KONCEPCIÓK.....	306
10.4 ÚJSZERŰ ALKALMAZÁSI TERÜLETEK.....	312
ZÁRÓ GONDOLATOK	312
INDEX.....	317

ELŐSZÓ

A különböző repülőeszközök közül az egyik legdinamikusabb – ugyanakkor kívülálló számára talán legkevésbé látványos – fejlődés, a robot-, vagy pilótanélküli repülőgépeké. Irányukba a kisebb érdeklődés, publicitás oka vélhetően az, hogy nem mutatnak be izgalmas, látványos műrepülő és show elemeket légi bemutatókon (jó, ha néhányat közülük ott, a statikus sor végén kiállítanak!), pilótakabinjaikban – döntően annak hiányában – nem ülnek halálmegvető bátorsággal, bélians repülési technikával rendelkező, sztár(olható) pilóták. A nem túl gyakori, egy-két mondatos híradás róluk a médiában, többnyire földi célok sikeres (néha kevésbé sikeres) megsemmisítéséről, esetleg felderítő tevékenységük eredményességéről szól. Pedig ezek a repülések gyakran fontos harci sikerek, eredményes katasztrófavédelmi mentések és beavatkozások alapvető feltételei.

A pilóta nélküli légi járművek fejlődése azonban az utóbbi évtizedekben is töretlen, sőt viharos. Napjainkra léteznek már közöttük is merev-, forgó- sőt csapkodószárnyas, kis, illetve a hang sebességét is meghaladó tempóval szálló, néhány grammos és több tonnás felszálló tömeggel a levegőbe emelkedő, bázisuktól alig százméternyire eltávolodni képes, valamint kontinensek közötti távolságok átszelésére alkalmas konstrukciók. Repülhetnek saját betáplált programjuk szerint, ember által távirányítással vezérelve, esetleg e kettőt kombinálva is, dugattyús- vagy villanymotorral, esetleg gázturbinás hajtóművel meghajtva. Valamennyi felsorolt konstrukciós megoldás, irányítási változat közös sajátossága az emberi tényező nélkülözhetetlensége a tervezés, a megépítés, valamint a légi és földi üzemeltetés teljes életciklust átfogó folyamatában. Külön előny, hogy e légi jármű-kategória megalkotásába, gyártásába kicsi, és nem különösebben gazdag nemzetek képviselői is érdemben, eredményesen, ráadásul „hazai pályán” bekapcsolódhatnak.

Utóbbinak egyik eredménye e tanulmánykötet is, melyben a szerzők egyszerre kívánnak az elvárható szakszerűséggel, közérthetően hasznos és korszerű ismereteket nyújtani szakembereknek, valamint a csak egyszerűen e téma iránt érdeklődőknek. Külön érdeme az elkészült munkának, hogy lényegesen többet nyújt, mint ebben a kategóriában, hazánkban hozzáférhető, többségében különböző részletességű típusismertetőik.

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara Katonai Repülő Tanszékének oktatóiból, kutatóiból álló szerzők mellett olvashatók a kötetben a Honvédelmi Minisztérium, valamint az Óbudai Egyetem avatott szakembereinek, a témában járatos repülőorvosoknak az írásai is. Az egyes fejezetek – a műszaki és irányítástechnikai kérdéseken kívül – olyan kapcsolódó, érdeklődésre számot tartó kérdésköröket is tárgyalnak, illetve mutatnak be, mint a pilótanélküli repülőeszközök rendszertana, vezérlésük, és meteorológiai biztosításuk. Tájékoztatást adnak repülésük jogi szabályozásáról, katonai és polgári, döntően katasztrófavédelmi alkalmazásuk sajátosságairól, az operátorok kiválasztásának specifikumairól. Ahol szükséges a meglévő ellentmondásokat, illetve a fejlesztés célszerű irányait is bemutatják.

Mindezek miatt ajánlom minden érdeklődő figyelmébe ezt az úttörő, igen korszerű munkát, melyből nagyon sok hasznos, korszerű ismeret szerezhető.

Szolnok, 2013. november 20.

Prof. Dr. Óvári Gyula okl. repülőmérnök
egyetemi tanár

MOTTÓ

*„Az ember nélküli jármű ma olyan fontos technika, mint
amilyen jelentős volt a radar és a számítógép 1935-ben”*

(Edward Teller, 1981)

BEVEZETÉS

A repülés nem veleszületett képessége az embernek – a földön járást, úszást már többen megtanultuk, de a levegőben csak segítséggel boldogulunk. Sok, ágakból, tollakból összeállított modellt kellett kipróbálni, amíg az első ember is felemelkedhetett. Akkor először látta meg a Földet a madarak távlatából és a vágy, hogy ezt többször is megtegye, azóta is mozgatja a képzeletét. Ma az ember felül egy repülőgépre és átélheti ezt az élményt, de akinek ez nem adatik meg, az is részese lehet hasonló látványoknak.

A bevezető alábbi képei illusztrációk, melyek a fejezetek várható mondanivalóira utalnak.



1. kép A kezdet (henke.rchomepage)¹

A repülés és annak pilóta nélküli változata természetesen nem csak romantikus szándékok miatt lett népszerű. Ma a nagytávolságú közlekedés már elképzelhetetlen légi járatok nélkül. A kisebb szerkezetekre is folyamatosan várnak feladatok – közöttük olyanok is, amik nagyon hasonlíthatnak a „sas szemével” megoldhatóhoz. A légi felderítés, megfigyelés, ellenőrzés „szakma” azonnal megszületett – amint az első repülő szerkezet az embert a levegőbe emelte – és tart ma is, amikor az embernek már nem kell repülnie – csak azért, hogy „nagytestvéri szemekkel” az égből tekintsen le ránk. A XXI. században a robotok már egyértelműen bevonultak a hadviselésbe és az, hogy mikor fognak egymással megküzdeni előbb-utóbb kiderül. A pilóta-nélküliség nemcsak egy sok fáradtsággal kiképzett szakember esetleges elvesztésének nyomasztó terhétől mentesít, hanem a kéz is könnyebben mozdul – a nagyujjal lefelé – ha „csak” egy gombot kell megnyomni.

UAV, DRONE, RPV, RPA, UAS, RPAS, UCAV, UCAS – ÉS AMI MÖGÖTTÜK VAN

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

¹ Forrás: <http://henke.rchomepage.com/henke.htm>

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

Az RPV – (Remotely Piloted Vehicle) esetenként RPA – (Remotely Piloted Aircraft) a pilóta által távirányított légijármű, vagy repülőgép megnevezésére szolgáló rövidítés.

Az RPAS – (Remotely Piloted Aircraft System) távirányított repülőgép rendszer elnevezést az európai civil alkalmazásokat szorgalmazó szervezetek használják előszeretettel, jelezve a különbözőségét a katonai UAS-tól.

Az UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) és az UCAS (Unmanned Combat Air System) a felfegyverzett, fegyveres alkalmazásra képes, pilóta nélküli harci repülőgép illetve rendszer rövidítése.

Pilóta nélküli légi járművek – ebben a könyvben ezt a megnevezést használjuk, bár lehetne helyesebbet találni, de a hazai szakmai körökben már ez honosodott meg. A fontosabb, hogy milyen tartalom kerül mögéjük – olyan, ami a szakembernek elengedhetetlen és olyan is, ami ebből a hétköznapi ember számára ajánlott ismeret. Azt tűztük ki célul, hogy mindkét olvasótábor hasznosnak érezhesse a könyvet.

A pilóta nélküli légi jármű gyártása, kereskedelme és üzemeltetése az egyik legnagyobb ígéret – amit a gazdasági szakemberek már jó ideje várnak, hogy végre beteljesüljön. A gyártók megglennének, a kereskedők is felsorakoztak, most már a vásárlókon múlik, hogy elindul-e az óriáskerék. Ehhez a ponthoz jutott el az Európai Unió sok tagországa, amikor 2001-ben megalakította az UAVNET nemzetközi munkacsoportját, ahol az egyik legfontosabb terület a piaci lehetőségek felderítése volt. A gyáraik már ontották volna a repülőgépeket, ha a vevők megjelennek. A csoda elmaradt, a mai napig alig 30 cégnek van – többnyire katonai – vásárlója. A civileket az tartja vissza, hogy nem tudnak ígéreteket kicsikarni a légügyi hatóságaiktól arra nézve, hogy a megvásárolt pilóta nélküli légi jármű rendszereket használhatják majd a polgári légterekben. Aki „szakmabeli” az tudja miért, aki nem, annak itt eláruljuk: azért, mert a légtér az hasonlít az utcai közlekedéshez – az autósok éjjel-nappal világítanak, de a biciklisekkel még van gond: nem mindegyik viseli a sárga mellényt, a piros villogót meg csak akkor használja, ha a rendőrt lát. Kik Ők és miért kell rájuk vigyázni?



2. kép A folytatás ²

A polgári repülés légi KRESZ-e egyelőre még liberálisan kezeli a GA– (General Aviation) – a menetrendszerű légi járatokon kívüli repüléseket. Olyan légterekben, ahol a „nagyok” védelmére nem kell fegyelmet fordítani, megengedi a VFR (Visual Flight Rules) látva repülés szabályai szerinti

² Forrás: http://www.medflightradio.com/wp-content/uploads/2014/09/drone-flying-with_1200xx5472-3078-0-285.jpg

közlekedést és az igazán „gyalogos” résztvevőknek még azt is, hogy senkinek ne szóljanak arról, ha repülni támadt kedvük. A nem ellenőrzött légtérben is működik a repüléstájékoztató szolgálat, de nem kötelező igénybe venni. Aki használni akarja, az elérheti a körzetre érvényes rádiófrekvencián – Magyarországon három ilyen működik – így a saját helyzetét, útvonalát bejelentve tájékoztatást kérhet a forgalomról, időjárásról, légterek állapotáról. Ha ezt egy (akár a levegőből leadott) részletes repülési terv formájában teszi meg, akkor – ha valamilyen bajba keveredne, például megszakad a rádiókapcsolat – a légi kutató-mentő szolgálatot is riasztják.



3. kép A cél (Imgur)³

A kisméretű repülőgépek – különösen a műanyag építésűek – alig jelentenek visszaverő felületet a radarok számára, ezért a fedélzeten egy olyan aktív eszközt helyeznek el, ami őket „nagygyá teszi” azaz olyan jelet sugároz vissza, ami a radarképernyőn már megjelenik. Ez a berendezés, a „transzponder” – a másodlagos radar rendszer repülőgép fedélzeti eleme – segít abban, hogy az irányító/tájékoztató szolgálatok ismerjék a légtér pillanatnyi forgalmát, azonosítani tudják a résztvevőket, tudjanak előre jelezni esetleges konfliktushelyzeteket.

A pilóta nélküli repülőgépeknek tehát egy olyan környezetben kellene helyet kapniuk, ahol ma sokan, – a vizuális repülési szabályok betartásával – mindenféle ellenőrzés és külső kapcsolat nélkül is repülhetnek. A nagygépes ACAS – (Airborne Collision Avoidance System) a fedélzeti ütközést elkerülő rendszer és TCAS – (Traffic Alert and Collision Avoidance System), a forgalmi riasztó és ütközés elkerülő rendszer csak olyan partnerekkel működik, akik el vannak látva a szükséges berendezésekkel. Ígéretes kutatások folynak magyar részvétellel a pilóta nélküli légi járművek Sense and Avoid („látni és elkerülni”) rendszerének fejlesztésére [1]

A légtér egyes részei – időszakosan, vagy tartósan – lezárhatóak a légi járművek előtt. A tiltás vonatkozhat valamennyi, vagy csak bizonyos légi járművekre. A napi légtérfoglalási tervekben ezeket előre nyilvánosságra hozzák, így a felhasználók ehhez igazíthatják a tevékenységüket. Előzetes igénylés alapján a pilóta nélküli légi járművek is kaphatnak időszakos elkülönített légtérteret. Az ott történt légi eseményekért az igénylő tartozik felelősséggel. A légtérbe más légi jármű nem léphet be – az igénylő engedélye nélkül. Ma ez az egyetlen járható út a polgári pilóta nélküli légi járművek legális és biztonságos használatára [2].

A katonai alkalmazású légi járművek is hasonlóan zárt légterekben folytatják a napi kiképzési feladataikat, melyekbe más légi jármű belépése – a koordinációt követően – csak a katonai légi irányítás engedélyével történhet. Az itt folytatott pilóta nélküli repülés az állami légi járműre vonatkozó szabályok szerint történik, amely biztosítja a légi járművek között a megfelelő elkü-

³ <http://imgur.com/3iGvw7o>

lönítések. A biztonságot az ellenőrzött légtér nyújtja, melyben minden légi jármű helyzete és tevékenysége ismert. Az útvonalak gondosan megtervezettek, a változásokat, eltéréseket a mérőrendszerek jelzik és követik. A katonai légtér feszessége, pontossága lehet a minta – az eredményt illetően –, ami felé a jövőbeni polgári, pilóta nélküli repülésnek is tartania kell.

Az AOPA – (Aircraft Owners and Pilots Association) erőteljesen tiltakozik a pilóta nélküli légi járművek által generált, várható szigorítások ellen. Kétségbe vonja a pilóta nélküliek alkalmasságát a közös légtérben való működésre, és azt is nehezményezik, ha az időszakosan elkülönített légterek nagy számával korlátozzák a GA repülések szabadságát [3]. A repülés biztonsága fölötti aggodalom mellett az „örömrepülés” végét jelenti, ha minden felszállás előtt részletes repülési tervet kell benyújtani, amelyet a légiforgalmi irányítás egyeztet a légtér más felhasználói – pl. a pilóta nélküli légi járművek alkalmazói – által benyújtott tervekkel.



4. kép A légvédelmi rakétákkal „szembe-szálló” magyar Meteorok (AeroTarget)⁴

A kihívás többszintű:

- a légi irányítók munkája megsokszorozódik, mert a repülési tervek tömegét kell majd feldolgozni;
- a pilóta számára a tervezett útvonal és időrés betartása fokozott figyelmet igényel;
- lehetséges, hogy a „látva repülés” ütközéselkerülő manővereit kell végrehajtania „nem kooperáló” légi járművekkel;
- A pilóta nélküli légi járművek – egyelőre – nem érzékelik a környezetük légi forgalmát, ezért nem fognak kitérni;
- a repülési tervüket viszont könnyebben betartják, hiszen a műszeres repülés (IFR)⁵ a születtett képességük.

Az AOPA mindezek mellett elismeri, hogy előbb-utóbb elkerülhetetlen lesz a pilóta nélküli légi járművek beengedése a polgári légtérbe, de figyelmeztet az ezzel járó jelentős kockázati tényezőkre.

EBBŐL ÉLNI – VAGY EZÉRT

A pilóta nélküli repülés nem mindenki számára jelent felhőtlen örömet. A robotokat – bár általánosságban elismerik hasznosságukat – bizonyos területeken még fenntartással fogadják. A repülés földi és légi szegmenseiben már számtalan robotikai elem található, de egyelőre talán kevés utas szeretne a fedélzeten „egyedül egy robottal” utazni. Ez még akkor is igaz, ha tudjuk,

⁴ Forrás: <http://www.aerotarget.atw.hu>

⁵ IFR – Instrumental Flight Rules (műszeres repülés szabályai)

a korszerű repülőgépek a felszállástól a leszállásig képesek a robotpilóta irányításával közlekedni, de egy „váratlan eseménynél” a pilóta ott van és megoldja.

Ennek a fordítottja is igaz, amennyiben a pilóta nem képes visszavenni az irányítást a meghibásodott robottól, mert már, vagy még nem készült fel a kritikus helyzet ilyen kezelésére [4]. Azt is láttuk, hogy a többi légi jármű pilótája sem örül, ha egy „bedesztkázott ablakú” repülőgéppel találkozik. Ha így van, akkor mégis kinek fontos az, hogy sok-sok legyen belőlük – ráadásul a dongótól a sárkányig mindenféle méretben?

A válasz két irányból jöhet – azoktól, akik:

- árvíz, földrengés, tűzvész, hóihar, tornádó, jégeső... – idején várnak segítséget;
- elkóborolt gyereket, jószágot keresnek az erdőben;
- kócsagot, darut, gémet, pintyet... számolnának a nádasban;
- Attila, Csörsz, vagy római villa nyomát keresik a rónákon;
- gyomot keresnek hiperspektrálisan;
- a dugóból kivezető egérutat az M7-en;
- nem várt vendégeket Röszkénél...

és azoktól is, akik

- több évtizede gyártanak repülőgépeket;
- több évtizede modelleznek;
- több évtizede kereskednek.



5. kép A római kori provincia ma – FPV repülőről nézve (YouTube)⁶

Mindkét tábor a saját problémáját akarja megoldani – de szükségük van egymásra. A képlet egyszerűnek látszik: aki eddig nagy repülőgépeket gyártott az csökkentse a méreteket és tegyen robotot a pilóta helyére, aki játékreplőkkel foglalkozott szintén tegyen fel robotot, de egy kicsit „komolyabb” repülőgépre.

A legáltalánosabban használt harcászati felderítő repülőgépek mérete – éppen a pilóta „megtakarítása” miatt – alig éri el a néhány métert (Pointer, Raven, Skylark). A hadműveleti feladatokra – a nagyobb hatótávolság, bevetési idő és hasznos teher következtében – már a „teljes méretű” repülő eszközöket használják (Heron, Predator, Global Hawk).

⁶ Forrás: <http://www.youtube.com/watch?v=JiSKaJ56pg0>

A katonai alkalmazást a küldetés sikere és a veszteség csökkentése motiválja, míg a polgári felhasználók első sorban gazdasági előnyöket remélnek. Mindkét irányba hat a gyártók törekvése – minél több alkalmazás, minél több vásárló felkutatása. A hadseregek számára gyártott pilóta nélküli repülőgépekre a feladat orientált (akár „kamikaze”), míg a „haszonleső” polgári felhasználásúakra a fokozottan biztonságos kivitel a jellemző. Aki arra kíváncsi, hogyan fognak ezek egymásra találni – olvassa el a könyvet.

A KÖNYVRŐL

... Gyerekkoromban Szentesre jártunk nyaralni. A nagyapám ügyes ember volt, egyik évben azzal fogadott, hogy épített egy vitorlázómodellt, ki kellene próbálni. Kimentünk a repülőtérre és ott láttam először, hogyan csörlőzték az „igazi” vitorlázógépeket. Mi is nekifogtunk – én futottam a zsinórral és a gépünk felszállt. A nagyapám mosolygott...

Ilyen, és hasonló története biztosan sokunknak van arról, ahogy a repüléssel megismerkedett, ami aztán később kedvenc időtöltésévé, akár hivatásává vált. A modellezés – mint a többi hobbi – a kezűgyességén kívül sok ismerettel, élménnyel gazdagít.

Ahogy a repülőgépgyártásban teret nyernek a modern műanyagok, különleges fémötvözetek, úgy a modellezésben a gyors sikert a „habrepülők” jelentik. Így több idő jut az alkalmazásokra, ügyességfejlesztő próbálkozásokra – ezek között egyre népszerűbb a „nagyok játéka” a pilóta nélküli légi jármű.



6. kép Ez (nem) egy játék repülőgép⁷

A pilóta nélküli légi járművek ma a média érdeklődésének középpontjában állnak, különösen, ha a méregdrága, nagyméretű, vagy a kis arányos lepkénagyságú (szintén sokba kerülő) szenzációt lehet a nézők, olvasók, hallgatók elé tárni. Az is nagyon érdekes hír, hogy már a modellezők is össze tudnak építeni robotrepülőgépet – a boltokban megvásárolt alkotóelemekből. Az Internet kiváló piactér és társalkodó fórum, ahol az eszközök és (gyakran téves) eszmék szabadon áramlanak. Az önszerveződő modellező csoportok alulról építenek fel komoly tudástárat és tabukat nem tisztelve (vagy nem ismerve), figyelemre méltó eredményeket érnek el. Olyan minőségű anyagok is vannak a videó megosztókon, ami alapján kijelenthető, ezek az „amatőrök” már a korábbi hivatásos légi film és fénykép készítőket vetélytársaivá válhatnak.

A kiváló eredmények nemcsak a felvételek minőségét illetően, hanem a légi hordozók képességében és technikai felszereltségében is jelentkeznek. Videó szemüveg segítségével – FPV⁸

⁷ Forrás: <http://technicalmirror.com/wp-content/uploads/2013/06/Black-Hornet-Nano.jpg>

⁸ FPV - First Person View – az első ember (a pilóta) látványa

technikával – úgy vezetik a modell repülőgépet, mintha maguk is a fedélzeten lennének. Ehhez igen nagy találékonysággal állítanak össze kétoldalú rádiókapcsolatokat, iránykövető anténákat, az összeköttetés megszakadása esetén működő hazatérítő rendszereket.

Mivel az FPV képességek túlmutatnak a hagyományos repülőmodellezőkre vonatkozó szabályokon, keresik a megoldást a legális működésük biztosítására. Az AMA⁹ által kiadott állásfoglalásban az FPV hobbirepülést a vizuális látótávolságon VLOS¹⁰ belül, maximum 120 m földfeletti magasságon egy – a légi jármű mozgását követő, és szükség esetén irányítani képes – másodpilótával együtt lehet folytatni.

Az osztrák légügyi szervek is hasonló korlátokat terveznek – kibővítve a kereskedelmi célú VLOS-t és azt meghaladó repülésekre vonatkozó előírásokkal [5]. A hazai szabályozók kidolgozásában a Nemzeti Közlekedési Hatóság vállalta a vezető szerepet és a széleskörű egyeztetést a közreműködő honvédelmi, ipari, egyetemi és modellező szövetségi munkacsoportokkal [6]. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem kutatói, a pilóta nélküli légi járművek biztonságos üzemeltetésének jogi és műszaki körülményeit vizsgálják – ennek jegyében készült ez a kiadvány is.

MOTIVÁCIÓK

Az egyéni indíttatások – repülőmodellező múlt, elektronikai végzettség, katonai pálya – mellett a közösség és az intézmény szerepe kiemelkedő abban, hogy egy átfogó kiadvány készüljön el – sokéves kutatás és fejlesztés eredményeit, küzdelmeit hírül adva.

A szerzők mindegyike a szakmája (ma már nem ifjú) mestereként sok publikációval járult hozzá a téma minél alaposabb kidolgozásához. A hozzájuk kapcsolódó egyetemi, kari, tanszéki közösségekben számos PhD értekezés, szakdolgozat, tudományos diákköri munka született.

Az egyik, éves szakmai seregszeme a szolnoki Repüléstudományi Konferencia, ahol az idén három szekciót töltöttek meg a pilóta nélküli repülések témában előadók. A szolnoki „Alma Mater” kezdeményezője és méltó folytatója a repüléstechnika ezen ágazatának is. A korszerű eszközökkel ellátott laboratórium kiváló lehetőséget teremt a hallgatóknak, kutatóknak és tanároknak az oktatás és a tudományos kísérletek széles spektrumának gyakorlatias művelésére.



7. kép A 2013-as szolnoki konferencia¹¹

A Katonai Repülő Tanszék intenzíven támogatja a tudományos diákköri munkák készítőit, a Repüléstudományi Közlemények online tudományos folyóirat szerzőit és más, hazai és külföldi tudományi konferenciákon szereplőket. A tanszék honlapja [7] és a Repüléstudományi Közlemények folyóirat [8] naprakész információkat biztosít az aktuális és korábbi konferenciákon bemutatott előadásokról és online elérhetőséget az évi rendszeres és a különkiadások írásos anyagaihoz.

⁹ AMA – Academy of Model Aeronautics – modellrepülő akadémia

¹⁰ VLOS – Visual Line of Sight - vizuális látótávolság

¹¹ Forrás: <http://www.szrfk.hu/>

A másik jelentős szakmai esemény a 2001 óta megrendezésre kerülő Robothadviselés konferenciasorozat, amely nemcsak a nevében jelzi a XXI. század emberének sorsát és feladatát.

Itt találkoznak az egyetemi „szárnyaló” elképzelések a kivitelezők realitásával és ugyanígy a leendő felhasználók elvárásaival. Az összefogásban résztvevők: az egyetemi, intézeti kutatók, az ipar képviselői, a kereskedelemben érdekeltek és a védelmi/civil szféra vásárlói, akik látogatják ezeket a rendezvényeket. A hazai pilóta nélküli repülőgépek elterjedését – ha nem is a kívánt mértékben, de – ezek a fórumok is elősegítették. A konferenciákat külföldi kutatók, kiállítók is látogatják, köszönhetően elismertségünknek az európai pilóta nélküli repülés szakmai közösségeiben. Az eseményeket a „Robothadviselés Konferencia” [9] honlapon, a publikációkat „Hadmérnök” [10] online tudományos folyóiratban lehet figyelemmel kísérni.



8. kép A másik konferencia 2012¹²

Ehhez a mai népes táborhoz kapcsolódnak azok, akik kezdeményezői és aktív résztvevői voltak a magyarországi és határainkon is túljutó pilóta nélküli repülés kutatás-fejlesztésének. Az eseményekben és megpróbáltatásokban nem szükkölködő építkezések egyik központja a Szilágy Erzsébet fasori Honvédelmi Minisztérium Fegyverzeti és Hadbiztosi Hivatal *Haditechnikai Intézet*. A *cseh-magyar Szojka*, a *napjainkban előkerült hazai fejlesztésű Denevér*, a *Meteorok családjai és a mai, állami célú pilóta nélküli légi járművek ennek az intézménynek a felügyelete és szakértő támogatása eredményeként „kaphattak szárnyra”*. A hivatásos tisztségviselőkön kívül ebben sok neves, elhivatott modellező, villamos- és repülő szakember közreműködött, mint Gyulaffy Béla, Gráfik János, Ráth Tamás, Vég Pál, Stefel Győző, Görög György, Rábel András, Filemon János és társaik. Az általuk felhalmozott tudás, tapasztalat is hozzájárul a mai egyetemi kutatásokhoz. Ebben kiemelkedők a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Repülő és Hajók Tanszéke*, a *Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszéke* és az *Informatikai és Elektronikai Hadviselés Tanszéke*, valamint az *Óbudai Egyetem Informatikai Rendszerek Intézete*.

Mindezekkel szoros kapcsolatot tart az ipari háttér, a Bonn Hungary Elektronikai Kft., a HM EI Zrt., amelyek már piacépes pilóta nélküli légi járműveket állítanak elő. Az igény óriási úgy a védelmi, mint a civil szféra irányából, de a kínálat is elég nagy – a nemzetközi porondon különösen –, ezért csak nagyon megbízható, magas hozzáadott értékű eszközöket lehet eladni. A minőséget a NKH típusengedélyek garantálják, a kezelők megfelelő képzettsége, felkészültsége pedig az alkalmazásokat teszi biztonságosabbá.

Az állami és a kereskedelmi célú pilóta nélküli repülésekben részt vevő személyzetnek szakszolgálati vizsgával kell rendelkeznie, ezt indokolja a légtér és a lakosság biztonsága. A világ több országában aktuálissá váló igénynek a hazai tudásbázis és az elkötelezett hatósági szándék alapján az elsők között felelhetünk meg. Ez segíti a gyártók és az alkalmazók érvényesülését, mert elébe megy a rövidesen aktuálissá váló polgári felhasználások feltételeinek. A megfelelő műszaki jellemzőkkel rendelkező és megfelelő állapotú légi jármű az egyik elengedhetetlen tényező, a másik a megbízható ismeretekkel és tudással rendelkező irányító személyzet, hogy a hazai (egyben nemzetközi) légtérben pilóta nélküli légi jármű a közlekedés résztvevője lehessen.

¹² Forrás: <http://robothadviseles.hu/robot12.html>

A feladat nem könnyű – az európai UAVNET szervezet munkáiban 2001 óta veszünk részt, de még nem alakult ki az egységes megoldás a civil UAV-k szabályozására. Ennek ellenére van olyan feladat – a gyártás, üzemben tartás minőségbiztosítási rendszere, a kezelők felkészítése – ami már most elkezdhető. Az ellenőrzési rendszer kialakítása, az oktató-, vizsgáztató kapacitások létrehozása, auditálása (akár „szépkorú” tanárokkal) a legsürgetőbb feladat.



9. kép „...jó szóval oktasd, játszani is engedj szép, komoly fiadat!”¹³

A könyv megírása kapcsán megfogalmazott kutatás-fejlesztési célkitűzések:

- segíteni, támogatni, élnékíteni a hazai pilóta nélküli légi járművek fejlesztését, gyártását, kereskedelmét és alkalmazását – az írásműben foglalt és a referált irodalmak, a feltárt és kérdésként felmerülő összefüggések, valamint a saját kísérleti-fejlesztési tapasztalatok közreadásával;
- a hazai és külföldi példákon keresztül bemutatni és elemezni a légtér biztonságos üzemeltetésének a műszaki, szervezeti és jogi feltételeit és növelni a leendő felhasználók felkészültségét a fokozott elvárásoknak való megfeleléshez;
- a könyv formátuma és terjedelme legyen alkalmas e nagy kutatási terület áttekintésére és iránymutatásra a mélyebb ismeretek megszerzéséhez;
- legyen népszerűsítője a repülőtechnikának és alkalmazásainak – a felnövekvő generáció számára.

A pilóta nélküli légi járművek paradigmaváltást eredményeznek sok légi tevékenység eszközrendszerében és eljárásaiban. Az új kihívásokra megfelelni képes, jól képzett szakembereket kell kibocsátani – a polgári és védelmi szféra oktatási intézményeiben.

E követelmény teljesítéséhez a Nemzeti Közszolgálati Egyetem a szakirányú végzettséghez kapcsolódó speciális tantárgyakkal és kurzusokkal járul hozzá – emellett folytatja a korábban végzettség szakszolgálati képzését és vizsgáztatását.

FEJEZETEK

A pilóta nélküli repülést bemutató könyvek már számos nyelven megjelentek – magyarul az elsőt most sikerült csak összeállítani. Ennek oka a már jelzett hosszú kutatás-fejlesztési periódusban – amikor még minden változó – és a nemzetközi irodalomhoz való könnyebb hozzáférésben keresendő. A nyelvi akadályok szerencsére megszűnőben vannak, és a külföldi konferenciák, kiállítások látogatásával más országok sikerei is egyre többek számára „kézzel foghatóvá” válnak. A könyv gazdag hivatkozásgyűjteménye is erről a széles palettáról nyújt válogatást, elősegítendő a további kutatásokat.

¹³ A szerző felvételei.

A könyv fejezeteiben tükröződik bizonyos szubjektív vonás – a szerzők tudásával, tapasztalatával színesített vélemény. Ezt a szerkesztő szándékosan nem fékezte – sem minőségében, sem arányában – bízva az olvasó hasonló elhivatottságában. A különbözőségek általában nem a műszaki, hanem az alkalmazásbeli – annak is a biztonságot, etikát érintő – kérdéseiben jelentkeznek. Ez érthető, ahogy a kést is lehet a kenyér szeletelésén kívül másra is használni, úgy a pilóta nélküli légi járművek is szolgálhatnak nagyon hasznos és nagyon elítélendő ügyeket.

A fejezetek a klasszikus rendszertani alapon mutatják be a pilóta nélküli légi járművekhez kapcsolódó eszközöket és eljárásokat. Ha átfedések – esetleg több helyen előforduló hasonló gondolatok – fedezhetők fel, akkor ezek arra utalnak, hogy a szerzők ugyanabban az „iskolában” tanulták a szakmát így a véleményük is közeli.

Ez a könyv – ugyanúgy, mint sok hasonló társa – nem lehet teljes, egyrészt a terjedelmi korlátok miatt, másrészt mert az egyik legdinamikusabban fejlődő közlekedési ágazat egyik hihetetlenül gyorsan fejlődő területéről kíván információkat nyújtani. Az ezen a területen születő eredmények naponta generálnak újabb és újabb felhasználási lehetőségeket, az alkalmazások széles skáláját. A véges terjedelem miatt a legjellemzőbb példákon keresztül igyekeztünk áttekintést nyújtani – ha valami méltatlanul kimaradt, vagy a megérdemelnél kevesebb figyelmet kapott, segíthet a hivatkozások mögött található bőséges irodalom.

Az előszót Prof. Dr. Óvári Gyula írta.

A bevezetőben a könyv megírásának indíttatásai, körülményei, a kutatási célok és a megértést segítő háttér-információk találhatóak meg. A szerző Prof. Dr. Makkay Imre.

A történeti áttekintés a pilóta nélküli repülés kialakulásától-napjainkig terjedő főbb állomásait és eseményeit szemlélteti. Írója elsősorban az adott korban leginkább meghatározó típusokat, az újdonságszámba menő technikai megoldásokat és az újszerű alkalmazási elveket bemutatja be. A szerző Dr. Palik Mátyás.

Az osztályozások, jellegzetes jegyek, rendszerezési elvek ismertetésére a második fejezetben kerül sor. A szerző Dr. Békési Bertold.

A fedélzeti berendezések rendszerszintű bemutatását, osztályozását, a végrehajtandó feladatokat és a jellegzetes berendezéseket tárgyalja a következő fejezet. A szerző Dr. Wühl Tibor.

Egy önálló külön fejezetet kaptak a hasznos terhek, jelezve, hogy a pilóta nélküli repülés eredendő célja ezek biztonságos szállítása és működtetése. A szerző Prof. Dr. Makkay Imre.

A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásához kapcsolódó nemzetközi és hazai jogi szabályozást bemutató ötödik fejezetben, az egyes országokban létező gyakorlat, a nemzetközi szervezetek szabályozásra vonatkozó elvei, a legismertebb nemzetközi szervezetek és az eddig elért kutatási eredmények kerülnek bemutatásra. A szerző Halászné dr. Tóth Alexandra.

A következő fejezetben a pilóta nélküli légi járművek feladatainak végrehajtását leginkább befolyásoló időjárási körülményekről, a felhasználást és üzemeltetést támogató meteorológiai háttérrel kapunk részletes tájékoztatást. A szerző Dr. Bottyán Zsolt.

A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásához kapcsolódó emberi aspektusok, az irányító személyzettel szemben támasztott egészségügyi és képességbeli követelmények a személyzet kiválogatása, az elméleti és gyakorlati képzés optimumának meghatározása, az eddig elért kutatási eredmények bemutatása a következő fejezet tárgya. A szerző Dr. Dunai Pál.

A pilóta nélküli légi járművek polgári alkalmazási lehetőségeinek bemutatására önálló fejezetet szántunk. Ebben ismertetjük szerepüket, meghatározó feladataikat, legjellegzetesebb típusokat és

felhasználási módokat. Áttekintjük az egyes nemzetek legismertebb pilóta nélküli légi járműveit és a várható fejlesztési irányokat. A szerző Dr. Restás Ágoston.

A pilóta nélküli légi járművek fegyveres erőkben történő alkalmazásának kérdéseit, az eszközrendszerekkel végrehajtható feladatokat, és felhasználási módokat bemutató rész külön fejezetet kapott. A szerző Dr. Palik Mátyás.

Ugyanígy külön fejezet tárgyalja a pilóta nélküli légi járművek jövőbeni fejlesztési irányait, új alkalmazási lehetőségeit és felhasználásának kérdéseit. A szerző Dr. Békési Bertold.

A SZERZŐK



Dr. Békési Bertold, hivatásos katona, okleveles mérnök alezredes, a Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Repülő Tanszék egyetemi docense. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Műszer és Informatikai Szakán végezte 1995-ben. Fő kutatási területei közé tartozik a katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései, illetve a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos kutatások vizsgálata. Kutatásait az 1998-as évek elején kezdte. 2007-től a katonai műszaki tudományok PhD fokozatos.



Dr. Bottyán Zsolt százados, szerződéses katona, a Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Repülő Tanszék egyetemi docense. Egyetemi tanulmányait a szegedi József Attila Tudományegyetemen és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végezte. PhD fokozatát földtudomány területen szerezte 2008-ban. Fő kutatási területei közé tartozik a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával-, valamint annak légiközlekedés biztonsági területeivel kapcsolatos meteorológiai kérdések vizsgálata. Ezen belül az UAV repülő eszközök felületi jegesedésének modellezésével és rövid távú, a repüléseket biztosító meteorológiai modellek kidolgozásával és ezek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatával foglalkozik. Emellett részt vesz az European Facility for Airborne Research (EUFAR) kutatási programjában is. A Magyar Meteorológiai Társaság Repülésmeteorológiai Szakosztályának titkára, a Repülésstudományi Közlemények tudományos folyóirat szerkesztő bizottságának tagja. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázatban, „A pilóta nélküli légi járművek komplex meteorológiai támogatási rendszerének kidolgozása” nevű kiemelt kutatási terület vezetésével bízták meg.



Dr. Dunai Pál, hivatásos katona, alezredes, egyetemi docens. A Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Repülő Tanszék oktatója. Egyetemi tanulmányait a Leningrádi Testnevelési Egyetemen folytatta 1983-tól 1988-ig. Részképzése a szintén leningrádi Kirov Katonaorvosi Akadémián zajlott. Fő kutatási területe a repülésélettan és teljesítmény-diagnosztika, a hajózó és operátor állomány speciális fizikai felkészítésének elmélete és gyakorlata. E témában végzett kutatásait az 1990-es évek elején kezdte. 2007-ben lett a hadtudomány PhD fokozatos. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázatban, az „Adatintegráció” alprogram keretén belül működő „A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának humán aspektusai” nevű kiemelt kutatási terület közreműködő kutatója. Számos, a kutatási területtel kapcsolatos publikáció szerzője.



Halászné dr. Tóth Alexandra, hivatásos katona, alezredes, jogász. A HM Hatósági Hivatal Katonai Légügyi Igazgatóság munkatársa. Egyetemi tanulmányait a Pécsi Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Kar jogász szakán fejezte be 2004. évben, majd 2006. évben európai jogi szakjogász végzettséget szerzett. Fő kutatási területei közé tartozik a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának jogi aspektusból történő vizsgálata. E témában végzett kutatásait a 2000-es évek közepén kezdte. A TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázatban, az „Adatintegráció” alprogramban a „*A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai*” nevű kiemelt kutatási terület foglalkoztatott légijogi szakértője.



Prof. Dr. Makkay Imre nyugállományú mérnök ezredes, egyetemi tanár. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszék oktatója. Egyetemi diplomáját Kijevben szerezte, ugyanitt védte meg kandidátusi értekezését 1987-ben. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, majd Nemzetvédelmi Egyetem Elektronikai Hadviselés Tanszékén tanított 2004-ig. Fő kutatási területe a pilóta nélküli légi járművek fejlesztése és alkalmazása. A TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázatban, az „Adatintegráció” alprogramban a „*A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai*” témával foglalkozó kutató csoport UAV szakértője.



Dr. Palik Mátyás, hivatásos katona, alezredes, egyetemi docens, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszék tanszékvezetője. Egyetemi tanulmányait a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Repülő és légvédelmi haderőnemi szakán végezte. Fő kutatási területei közé tartozik a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával-, és légiközlekedés biztonsági területeivel kapcsolatos kérdések vizsgálata. E témában végzett kutatásait az 1990-es évek elején kezdte. 2007-től a hadtudomány PhD fokozatos. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat, „Adatintegráció” alprogram- és „*A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai*” nevű kiemelt kutatási terület vezetője.



Dr. Restás Ágoston, egyetemi docens, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszékének tanszékvezetője. Hajózó parancsnoki erőgépesz – üzemmérnök, mérnök közgazdász, valamint vegyi és környezetbiztonsági szakirányú védelmi igazgatási menedzser diplomákkal rendelkezik. 2008-ban a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájában szerzett tudományos (PhD) fokozatot „*Az erdőtűzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*” címmel, majd 2013-ban a Budapesti Corvinus Egyetem Gazdálkodástani Doktori Iskolájában ismételt tudományos (PhD) fokozatot szerzett „*A tűzoltásvezetők kényszerhelyzeti döntéshozatala*” címmel. Szakmai tapasztalatát a Magyar Honvédségben helikoptervezetőként, majd a tűzoltósághoz, valamint az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósághoz kerülve különböző beosztásokban szerezte. Fő kutatási területeinek egyike a pilóta nélküli repülőgépek polgári, katasztrófavédelmi, tűzvédelmi alkalmazásainak lehetőségeit vizsgálja. Pályafutása során 2 K+F kutatást vezetett, valamint Szendrőben, parancsnokként a tűzoltóságok között a világon elsőként állított készenléti pilóta nélküli repülőgépeket az erdőtűzek megfigyelésére. Több hazai és nemzetközi szervezetnek is a tagja. 2012-ben a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázatban, az „Adatintegráció” alprogram két kiemelt kutatási területén végzett kutatásokat.



Dr. Wühl Tibor, okleveles villamosmérnök, az Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Híradástechnika Intézetében egyetemi docens, valamint K+F szakcsoportvezető. Fő kutatási-, és szakterülete a digitális jelfeldolgozás, valamint az áramkör-, és csomagkapcsolt hálózatok és azok protokolljai. Beágyazott vezérlők hardver és szoftver tervezésével is foglalkozik. 1998-ban alapítója és jelenlegműszaki igazgatója a Delta-Trone Ipari, Kereskedelmi és Szolgáltató, Kutató-Fejlesztő Kft.-nek. BsC villamos üzemmérnöki diplomáját 1990-ben a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola, Híradásipari szakán, MsC villamosmérnöki diplomáját 1994-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen, és doktori tudományos (PhD) fokozatát 2008-ban a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori iskolájában szerezte.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.sztaki.hu/reszleg/SCL/> (2015.06.21)
- [2] <http://www.hungarocontrol.hu/hu/legter> (2015.06.21)
- [3] <http://www.ihs.com/news/2006/aopa-uav-certify.htm> (2015.06.21)
- [4] <http://iho.hu/hir/air-france-katasztrofa-ember-es-vasember-2-120710> (2015.06.21)
- [5] <http://derstandard.at/1363709073617/Oesterreich-bekommt-2014-ein-Drohnen-Gesetz> (2015.06.21)
- [6] http://www.nkh.hu/Repules/UAS_konferencia/Documents/BJ_Intro.pdf (2015.06.21)
- [7] <http://www.repulestudomany.hu/tanszek/> (2015.06.21)
- [8] http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html (2015.06.21)
- [9] <http://robothadviseles.hu/robot12.html> (2015.06.21)
- [10] <http://hadmernok.hu/> (2013.05.31)

1

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLÉS RÖVID TÖRTÉNETE

Az UAV, mint sok más – a polgári életben is alkalmazott – eszköz a háborús konfliktusok eredményeképpen létrejött technikai fejlesztések egyike. Mint a későbbiekben olvashatjuk, már a XVIII. század közepén használtak személyzet nélküli ballonokat az ellenség elpusztítására, majd motorral hajtott társaik is megjelentek az első világháborúban. A II. Világháború egyik legismertebb robotrepülőgépe a németek által kifejlesztett és nagy számban gyártott, támadó céllal alkalmazott, rakétahajtású V-1 volt. A viláégés után a pilóta nélküli eszközök fejlesztésére irányuló tervek alább hagytak, a légi robotokat elsősorban célrepülőgépként alkalmazták. A hidegháború idején, számos technikai fejlesztést követően az egyes országok már felderítő és megfigyelő eszközként használták az UAV-kat. A későbbiekben számos ország kezdett ilyen repülőeszközök fejlesztésébe, kiemelkedik közülük az USA valamint Izrael, de a nagy gyártók között kell megemlíteni Kanadát, Franciaországot, Németországot és Japánt is. A további korok helyi háborúi és fegyveres konfliktusai során bizonyított az UAV, mely a 80-as és 90-es években indult igazán rohamos fejlődésnek. Ma ritkaság számba megy az az ország, amelynek fegyveres erejében ne lenne rendszeresítve a pilóta nélküli légi járművek valamelyik típusa.

1.1 A KEZDETEK: HAJTÓMŰ NÉLKÜLI FEJLESZTÉSEK

A pilóta nélküli légi járművek háborús alkalmazásáról szóló legkorábbi, írásos feljegyzés az osztrák seregek 1849. augusztus 22-ei Velence ellen végrehajtott támadásáról szól [32].

A függetlenségét kikiáltó és az azt védő Velencei Köztársaság a szárazföldről elérhetetlen volt az osztrák tüzérség számára, akik ezért egy új eljáráshoz folyamodtak. Franz von Uchatius tüzér tiszt ötlete az volt, hogy gyúlékony, robbanó anyagokkal megrakott személyzet nélküli ballonokkal bombázzák a várost (1.1. kép).



1.1. kép Korabeli rajz Velence bombázásáról¹⁴

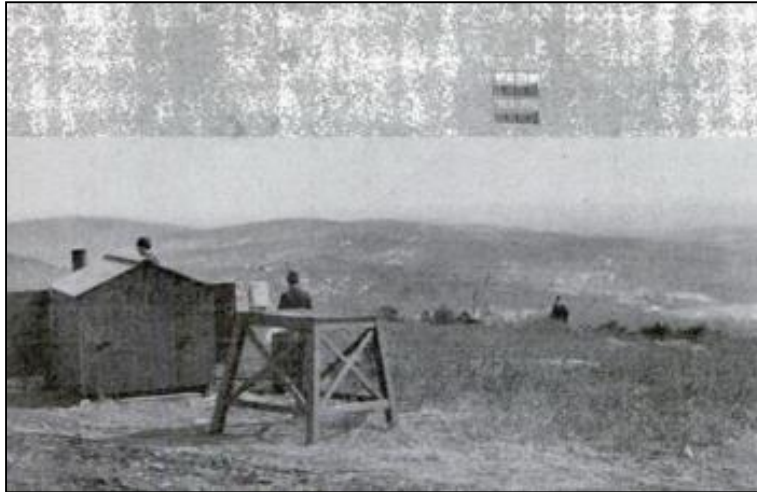
Megfelelő szélirány és szélsébség esetén, 7 méter átmérőjű, bombákkal felszerelt, személyzet nélküli léghajókat indítottak a város irányába, majd amikor azok elérték a megfelelő pozíciójukat, kioldották a rájuk szerelt 12,5 kg-os bombákat, melyek a földnek csapódva felrobbantak.

Néhány repülő eszköz a terv szerint sikerrel fejezte be feladatát, legtöbbjük azonban el sem érte a várost, mivel az időközben megforduló szél visszasodorta azokat a szárazföld felé [41].

¹⁴ Forrás: Monash University: http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/images/balloonbombs1880_500.jpg (2015.07.21)

Alig egy évtizeddel később, 1863 februárjában, az amerikai polgárháború idején, Charles Perley a, New Yorkban szabadalmaztatott egy pilóta nélküli „légi bombát”. A szerkezet egy hőlégballonból és annak kosarában szállított robbanóanyagból állt. A kiválasztott célig hátralévő repülési időt egy időzítő berendezés mérte, amely egy mechanikus berendezés segítségével kinyitotta a kosár alját, amelyből a bomba kiesett. A „Perley Bombákat” mind az Unió, mind a konföderációs hadsereg alkalmazta változó sikerrel. Számos alkalommal előfordult, hogy időközben a szél iránya megváltozott, és a léggömbök a rakományukat a saját erők felett oldották le [48].

1883-ban, a fotós Douglas Archibald fotókamerákat szerelt sárkány kitekre, hogy azokkal kis magasságból fényképeket készítsen (1.2. kép).



1.2. kép Douglas Archibald egy sárkányról elkészíti az első légifotóját¹⁵

Az elkészült fényképeket Archibald széles körben tett közzé, melyre az első érdeklődő az amerikai hadsereg volt. 1898-ben a spanyol-amerikai háború alatt az USA hadserege már alkalmazott is ilyen szerkezeteket az ellenség levegőből történő felderítésére.

1.2 A LÉGI TORPEDÓK KORA

Az 1900-as évek elején több feltalálót is foglalkoztatott a távvezérelt repülőgép elkészítésének gondolata. Közülük Elmer Sperry ötlete az volt, hogy giroszkópot alkalmaz egy rádió vezérelt repülő eszköz fedélzetén, amelyet annak segítségével stabilizál. A fejlesztéshez és a teszteléséhez 1913-ban a haditengerészet egy repülőgéppel járult hozzá. Lawrence Sperry Elmer fia is részt vett a fejlesztési munkálatokban, mint mérnök. 1916-ban a két Sperryből álló csapathoz Peter Hewitt csatlakozott, akiknek kutatási területe a rádióvezérelésű eszközök voltak [48].

Az általuk elképzelt légijármű vezérlése robotpilóta segítségével valósult meg, melyet Elmer Sperry fejlesztett ki. Giroszkópot használtak a jármű stabilizálására, aneroid barométert a magasságtartására, szervomotorok segítségével működtették a kormányokat és a csűrőlapokat. A repülőgép alkalmas volt föld- és vízfelszínről üzemelni egyaránt. A konstrukció felkeltette a hadsereg szakembereinek érdeklődését is. Először öt, később még két darab Curtis N-9-es repülőgépet adtak a fejlesztéshez, hogy felszereljék azokat Sperry robotpilóta rendszerével.

Az első tesztrepülésekre 1917-ben került sor. Akkor még pilóta is tartózkodott a repülőgép fülkéjében a fel- és a leszállás végrehajtása miatt, az irányítást azonban a repülés további szakaszain már a robotpilóta végezte (1.3. kép). Az eszköz 48 km távolságot tett meg, ezután oldotta a bombaterhét,

¹⁵ Forrás: <http://sarkany.info/wp-content/uploads/2011/02/image040.jpg> (2015.07.21)

melyet akkor homokzsákkal szimuláltak. A berendezés pontosságán azonban volt még mit javítani. A „találat” a cél három kilométeres körzetén belül volt.



1.3. kép A Hewitt-Sperry automata repülőgép az indító álláson¹⁶

Az I. világháború alatt az Egyesült Államok hadseregének vezetése felkérte Charles Ketteringet, hogy tervezzen meg és készítsen el egy pilóta nélküli repülő torpedót, amely akár 80 km hatótávolság megtételére is képes [48]. Kettering Orville Wright-ot bízta meg a repülőgépszárkány megépítésével. Az irányító és vezérlő rendszer fejlesztéséhez a téma szakértőjét Sperry-t kérte segítségül, akik a korábban említett Hewitt-Sperry automata repülőgépet, valamint annak irányító rendszerét is tervezte. A konstrukciójuk egy kisméretű, kétfedelelű repülőgép volt, melynek törzse rétegelt fából és papírmáséból, a szárnyai pedig vastag kartonból készültek. A repülőgép síneken futó kerekes berendezés segítségével szállt fel, hasonlóról, mint amelyet a Wright testvérek használtak első motoros repülőgépük indításakor. A repülő eszköz meghajtásról egy negyven lóerős, négy hengeres, Ford motor gondoskodott, mely segítségével a repülőgép közel 100 km/h utazósebesség tartására volt képes.

A Kettering Bug nevű eszközt (1.4. kép) 1917 novemberében mutatták be, mely az amerikai hadsereg vezetésének annyira elnyerte a tetszését, hogy megrendelést is adtak a gyártására.

Felszállás után a robotpilóta a kijelölt cél irányába vezette a repülőgépet. Egy pneumatikus (vákuumos) és egy elektromos rendszer, valamint barometrikus magasságmérő biztosította a repülőgép megfelelő útvonalon és magasságon történő repülését. A stabilizálási és irányítási feladatokban giroszkópok segítettek. A cél eléréséhez szükséges repülési időt egy mechanikus óraszerkezet figyelte. A felszállást megelőzően a technikusok megmérték a szél sebességét és irányát, valamint meghatározták a cél távolságát. Ezeknek az adatoknak, valamint a repülőgép sebessége alapján számították ki a célig történő repülés idejét. Az előre beállított idő elérésekor a motor leállt, a szárnyak leváltak, majd a torpedó alakú – 80 kg robbanóanyaggal feltöltött – test rázuhant céljára, kiváltva a detonációt.

Noha a Liberty Eagle – ahogy másképpen is nevezték – forradalmian új technológiája sikeres volt, mégsem vett részt a háborúban, mivel az befejeződött a teljes kifejlesztés és a 45 darab legyártott repülőgép rendszerbe állítása előtt. Az Egyesült Államok szárazföldi haderejének légi szolgálata 1920-ig folytatta a repülőgéppel kapcsolatos kutatásokat és fejlesztéseket, felhasználva a kormányzattól három év alatt kapott, mintegy 275 000 dollárt [48].

¹⁶ Forrás: https://sites.google.com/site/lirepublicairporths/CAM_RepHistorical01.jpg (2015.07.21)



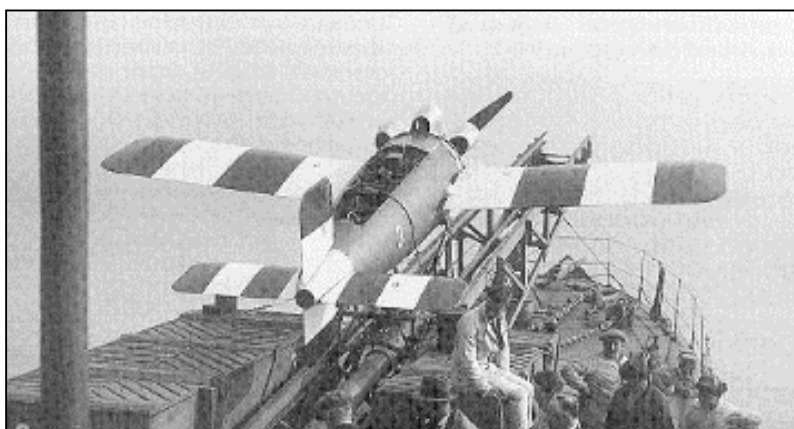
1.4. kép Korabeli kép a Kettering Bugról¹⁷

Az elektronika és a távközlés fejlődésének köszönhetően az 1930-as években kezdődtek meg a rádióirányítású pilóta nélküli repülőgépekkel folytatott korai kutatások.

A RAE Larynx¹⁸ repülőgép (1.5. kép) a brit fegyveres erők első pilóta nélküli repülő eszköze volt, melyet elsősorban hadihajók ellen terveztek alkalmazni. 1925-ben kezdték el a fejlesztését egy kis egyfedeles repülőgépből. Meghajtását egy Armstrong Siddeley Lynx hajtómű végezte, 320 km/h sebességet biztosítva számára, mellyel túlszárnyalta az akkori vadászipülőgépek sebességét is [48].

Az első teszteket 1927-ben hajtották végre a HMS Stronghold nevű hadihajóról. Az UAV lelke Archibald Low professzor által kifejlesztett robot volt, amely az első repülés során egy ideig megfelelően is működött, de a céltól való visszarepülés során a Bristol csatornába zuhant.

A második repülésre 1927 szeptemberében került sor. Ekkor a repülőgép bizonyította működő képességét, 185 kilométert repült, majd elvesztette az adatkapcsolatot és a tengerbe zuhant.



1.5. kép RAE Larynx indítása katapulttal a HMS Stronghold rombolóról, 1927 júliusában¹⁹

Ugyanez év októberében már a harci alkalmazhatóságát tesztelték. A repülőgép megtette a célíg tartó 210 kilométer távolságot, de elvétette azt. 1929-ben két alkalommal is indították teszt üzemben a Larynxet szárazföldről, amely során első alkalommal célt tévesztett, másodjára viszont sikeresen eltalálta azt [27].

¹⁷ Forrás: <http://www.nationalmuseum.af.mil/shared/media/photodb/photos/2012/07/120731-F-DW547-001.jpg> (2015.07.21)

¹⁸ Long Range Gun with Lynx engine – Lynx hajtóműves, nagy hatótávolságú fegyver

¹⁹ Forrás: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6e/Larynx.png> (2015.07.21)

1.3 PILÓTA NÉLKÜLI CÉLREPÜLŐGÉPEK

A Queen Bee egy brit fejlesztésű pilóta nélküli célrepülőgép volt, mely hatalmas áttörést jelentett és igazi újdonságnak számított. Ez volt az első olyan eszköz, mely feladata végeztével, ha csak el nem találták, vissza tudott térni kiindulási helyére, nem semmisült meg, ezzel olcsóbbá tette a légvédelmi feladatokra való felkészülést. A rádió távvezérlést egy De Havilland DH 82 Tiger Mouth típusú, kétfedeles repülőgépbe építették be, mely több mint 180 km/h sebességgel haladhatott, akár 5200 méter magasan. A repülőgép többek között azzal vonult be az UAV-k történetébe, hogy vele kapcsolatban használták először a drón kifejezést is. Ebből a típusból 1935 és 1947 között a brit haditengerészetnél körülbelül négyszáz darab szolgált [48].

Reginald Denny az első világháború alatt a brit légierőnél teljesített szolgálatot, majd annak befejezése után az USA-ba vándorolt ki, hogy ott színészként folytassa pályafutását. A modellrepülők iránti rajongása vezette oda, hogy egy modell üzletet nyisson. Első kis modelljei fából készülő, rádió távvezérléssel működő, hobbi célokra használható eszközök voltak.

Az olcsó alapanyagok és a mérsékelt előállíthatósági költségek miatt Denny úgy gondolta, hogy modelljei kisebb átalakításokkal hasznos eszközök lehetnének a légvédelmi erők kiképzéséhez. Tudhatta, hogy a fegyveres erők légvédelmi gyakorlataihoz már abban az időben is nagyszámú célrepülőgépre volt szükség [30]. Az ötlettől vezérelve utánajárt a lehetséges megoldásoknak, melyek után lehetőséget kapott eszközei bemutatására.



1.6. kép A Radioplane OQ–2 kiállított példánya a Hill Aerospace Museumban²⁰

A hadsereg vezetését sikerült is meggyőznie, akik aláírtak vele egy szerződést 54 darab Rp–4-es típusú repülőgép (Radioplane) megvásárlásáról [27].

Az Rp–4 az OQ–1-et, a későbbi híresebb Rp–5-ös típus pedig az OQ–2 katonai kódnevet kapta [31]. Az OQ–2-ből (1.6. kép) – TDD–1 (Target Denny Drone) – már nagyobb számban vásárolt a hadsereg. Ez is egyfedeles, fából készült, légcavaros repülőgép volt. Meghajtásáról kéthengeres, kétütemű, hat lóerős, dugattyús motor gondoskodott. A pilóta nélkül történő repülést, a navigációt és a manőverezést egy Bendix távvezérlő rendszer látta el. Amennyiben túl messzire távolodott az adótól a drón, vagy más miatt szakadt meg az adatkapcsolat, egy automatikusan kinyíló ejtőernyő segítségével ereszkedett le a földre. A repülőgép képes volt kerekekről, akár hagyományos futópályáról fel- és leszállni. Ez a képessége megkülönböztette a korábbi pilóta nélküli eszközöktől, mivel azok nagyobb részt valamilyen indító berendezés használtak a levegőbe emelkedéshez, a földet érésük pedig gyakran a repülőgép sérülésével végződött.

²⁰ Forrás: <http://www.hill.af.mil/shared/media/photodb/photos/451010-F-0000H-026.jpg> (2015.07.21)

Később több változatai jelentek meg az OQ modelleknek, mivel egyre újabb igények jelentkeztek az alkalmazásukkal kapcsolatban. A következő típus az OQ-3 (TDD-2) 1943-ban repült először. A géptörzset acélrudakkal erősítették meg, emiatt erősebb hajtóműre volt szüksége, mellyel képes volt 165 km/h sebességet elérni. Ebből a repülőgépből közel 9400 darabot gyártottak.

A család utolsó és egyben legfejlettebb tagja az Rp-8-as modellből átalakított OQ-14 típus volt. Ez a drón a TDD-2 modernizált, jobb repülési tulajdonságokkal rendelkező változata volt, melyet 1944-ben használtak először. A túlélőképesség növelésére a törzset megerősítették, ezáltal a repülőgép még nehezebb lett, ezért egy még erősebb, O-45-1 típusú, 22 lóerős hajtóművet kapott. Ezzel a repülőgép elérte a 225 km/órás végsebességet, mely a hadseregben a TDD-4 kódnevet kapta. A TDD-2 és TDD-4 több darabja még 1948 után is szolgált az USA légierijében, bizonyítva ezzel a konstrukció sikerességét [32].



1.7. kép Reginald Denny egy OQ-3 típusú drónt indít²¹

A Reginald Denny (1.7. kép) és vállalata nagyban elősegítette a célrepülőgépek fejlődését, több éven keresztül kiszolgálva az amerikai hadsereg igényeit.

A Radioplane működése során körülbelül 15 000 darab repülőgépet gyártott. A céget 1952-ben felvásárolta a Northrop, amely napjainkban az egyik nagy UAV gyártó konzern a világon.

Az 1940-es években az USAF²² is bekapcsolódott a célrepülőgépek fejlesztésébe. A folyamat első ütemében eldöntötték, hogy Culver Cadet egyfedeles repülőgépe lesz az, amelyet a fejlesztésekhez felhasználnak. 1941 márciusában aláírták a szerződéseket, ezzel a Culver cég a hadsereg egyedüli beszállítója lett e téren. Az első elkészült változat a PQ-14 kódnevet kapta.

A gép törzse fából és furnérlemezekből készült. A vonóerőről hathengeres, nagyteljesítményű Franklin motor gondoskodott. A repülőgép távvezérlése történhetett a földről vagy egy másik, úgy nevezett anyarepülőgép fedélzetéről is, mely 10 kilométer távolságra lemaradva követte a drónt. A repülőgép irányításához külön pilótákat alkalmaztak, akik a távvezérlést olyan szinten sajátították el, mellyel az úgy repült, mintha közvetlenül ember vezetné. A PQ-14 kiválóan megfelelt a célrepülőgépekkel szembeni követelményeknek. Elsősorban olcsó volt, az esetleg bekövetkezett sérülések után is sok esetben javítható maradt, köszönhetően egyszerű felépítésének.

²¹ Forrás: http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/images/radioplane_ramp_500.jpg (2015.07.21)

²² United States Air Force – az Amerikai Egyesült Államok Légierije

1.4 MÁSODIK VILÁGHÁBORÚS ROBOTOK

A V–1 (1.8. kép) néven elhíresült, típusnevén Fieseler Fi–103 a második világháború idején kifejlesztett első német robotrepülőgép, melynek elsődleges feladata dél-angliai célpontok, főleg London rombolása volt. Nevében a V rövidítés - Vergeltungswaffe - magyarul annyit jelent, megtorló fegyver. A pusztító eszközt az 1930-as évek végén kezdték el fejleszteni a németországi Peenemünde repülőterén lévő kutatóbázison [48]. A több éves kutató és fejlesztő munka ellenére a berendezés sokáig nem volt harcra vethető, mivel a tesztek során főként a stabilitásával kapcsolatban több probléma is felmerült. A V–1 első sikeres kísérleti repülése 1942-ben történt meg.

A repülőgép törzse hegesztett acéllemezből készült, a szárnyait könnyebb kompozit anyagokból építették. Meghajtását egy Argus As–014 pulzáló rakétahajtómű végezte, mely kb. 3350 N tolóerőt biztosított a repüléshez, ami elegendő volt, hogy a 850 kg amatollal²³ töltött robbanófejet 320 km távolságon belülre eljuttassa [27]. A repülés vezérléséhez hagyományos robotpilótát használtak, amely giroszkópból, nyomásmérő és távolságmérő berendezésekből állt.

Amikor a V–1 elérte az előre beállított távolságot, ahol a célja elhelyezkedett, a magassági kormányok átállításával, zuhanásba vitték az eszközt. Eközben a hajtómű leállt, élesedett a robbanófej, a repülő eszköz úgy viselkedett, mint egy repülőgépből kidobott szabadesésű bomba. A V–1 pontatlan támadó eszköz volt, ami azonban nem jelentett nagy problémát, mivel nem pontcélok ellen, hanem területbombázásra használták. Harci alkalmazására először a normandiai partraszállást követően került sor, London elleni megtorlásul. A németek 1944 nyarán hosszan tartó V–1 támadás indítottak a brit fővárosra, melyek során alkalmanként 7–800 rakéta csapódott a különböző kerületekre. A britek a léggömbzárak és a partközeli telepített légvédelmi tüzer ütegek, valamint az azok háta mögött tevékenykedő vadászrepülő erők segítségével sok V–1-et semmisítettek meg.



1.8. kép A V–1 rekonstruált változata az USAF daytoni múzeumában²⁴

A németek megpróbálkoztak a V–1 He–111-es bombázókról való indításával is, de ez a módszer sem vált be. A háború későbbi szakaszában Antwerpen és Liège ellen vetettek be V–1-eseket, de ezek nagy részét a szövetséges légvédelem megsemmisítette. Ennek ellenére ez az új német „csoda-fegyver” mégis csak nagy károkat okozott, rengeteg emberéletet követelt főleg a civil lakosság körében. A II. világháború alatt a németek körülbelül 3200 rakétát indítottak. A korabeli források szerint, a támadásokban körülbelül 1000 ember vesztette életét és több mint huszonezren sérültek meg.

²³ A trotil és ammónium-nitrát keverékéből készült (ipari) robbanóanyag.

²⁴ Forrás: <http://www.nationalmuseum.af.mil/shared/media/photodb/photos/060609-F-1234S-001.jpg> (2015.07.21)

Az USA-ban alig néhány hónappal a fegyver bevetése után egy lezuhant V–1 alapján megépítettek a JB–2 Doodle Bug robotrepülőgépet, melyet azonban harci körülmények között soha nem vetette be, viszont értékes tapasztalatokkal szolgáltak a későbbi amerikai manőverező robotrepülőgépek fejlesztéséhez [23].

A második világháború alatt, a légitámadások hatalmas költségeket emésztettek fel és nagy veszteséggel is jártak főként akkor, ha a pilóták vagy a támadó repülőgépek megsemmisültek. Ez egy másik ok volt, ami miatt a szembenálló felek kísérletezni kezdtek pilóta nélküli repülőgépekkel. 1944-ben az „Aphrodite” nevet viselő projektben huszonöt, több bevetést is megjárt, B–17-es típusú bombázót alakítottak át kezdetleges távvezérlésű repülőgéppé [41][48].

A bombázókat „lecsupaszították”, kiszerezték belőlük a nélkülözhető eszközöket, miáltal a szállítható fegyverzet mennyisége kétszerese lett az eredetinek. Két pilóta és egy mérnök tartózkodott a fedélzeten, akik az utazómagasság elérése után ejtőernyővel hagyták el a repülőgépet. A fülkében egy távirányító rendszer, két fekete-fehér TV kamera és a gépet irányító egyéb berendezések voltak. Az egyik kamerát a műszerfalra a másikat a gép hossz tengelye irányába, a föld felé irányították. A BQ–7-et (1.9. kép) egy anyarepülőgép kísérte, amelyről a kamerák képe alapján végezték el a hordozó távvezérlést.



1.9. kép Fantáziarajz a BQ–17-ről²⁵

A kötelékhez egy vadászipülőgép is tartozott, amely pilótájának az volt a feladata, hogy a légi torpedót megsemmisítse, ha azzal saját terület felett bármilyen probléma adódna. Az első bevetésre 1944 augusztusában került sor a V–1 szárnyas rakéták indítóállomásai ellen. Ez azonban nem hozta meg a várt sikert, nagy volt a pontatlanság, sok repülőgép még a célja elérése előtt lezuhant.

A háború utolsó éveiben az USN²⁶ is folytatott kutatásokat hasonló eszközökkel melyek már eljutottak a sikeres harci alkalmazásig.

1944 elejére, elkészült 165 darab, kisméretű, alumínium vázú, furnérborítású, egy torpedó vagy maximum 900 kg bomba hordozására alkalmas, rádióirányítású repülőgép, melyet a Csendes-óceáni hadszíntéren kívántak alkalmazni.

Az Interstate TDR–1 (1.10. kép) típusnevű támadó drónjaiból egy időben négyet lehetett irányítani – TV kamera visszasugárzott képei alapján – a TBF/TBM Avenger típusú haditengerészeti torpedóhordozó repülőgépről egyszerű more-kódos utasításokkal.

²⁵ Forrás: Steven J Zaloga: Unmanned Aerial Vehicles Robotic Air Warfare 1917-2007

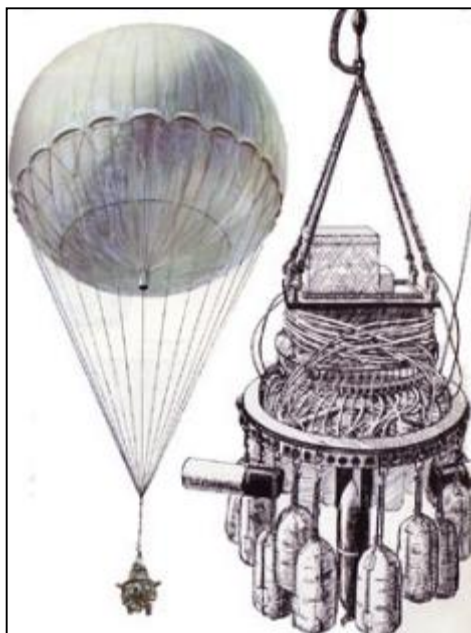
²⁶ United States Navy – Amerikai Egyesült Államok Haditengerészete

Az első bevetést 1944. július 30-án egy japán teherhajó ellen hajtották végre. A TDR-1-ek a háború végéig 46 sikeres támadásban vettek részt. 1945 után azonban ezt a programot is leállították [48].



1.10. kép Korabeli fotó a haditengerészet TDR-1 légi torpedójáról²⁷

A II. Világháború utolsó éveiben a pilóta nélküli repülés hőskorában alkalmazott technológia „Japán köntösben” bújtatva ismét előtérbe került [2]. 1933-ban a Japán Katonai Tudományos Laboratórium kutatási projektet indított, melynek célja egy 4 méter átmérőjű, 100 km hatótávolságú ballon megépítése volt. A kísérletek akkor lezárultak, az ötlet 1941-ig, Japán második világháborúba történő belépéséig parkoló pályán volt. Akkor egy kutatócsoport kapott engedélyt arra, hogy végezzen fejlesztéseket hosszú távú repülésre alkalmas léggömbökkel. A ballon projekt számára újabb lökést adott az az amerikaiak 1942. április 18-i Tokió és Yokohama ellen végrehajtott légitámadása. A Hornet anyahajóról felszállt, 16 darab B-25B típusú bombázó akciója megrengette a Japán birodalom megtámadhatatlanságába vetett hitet. A katonai vezetés azonnal elrendelte, hogy fokozzák a kutatásokat és állítsanak elő olyan léggömböket melyek, alkalmasak, bombák hordozására és elérik vele az amerikai kontinenst.



1.11. kép A japán „csodafegyver” a FU-GO bomba²⁸

A Fu-Go (1.11. kép) névre keresztelt fegyver egy hidrogénnel töltött ballon volt, melyből 9300 darab készült. Ezeket a nagysebességű Csendes-óceáni légáramlatok vitték 3 és fél napon

²⁷ Forrás: http://3.bp.blogspot.com/_E-QOnTGFX_o/SsAy1zetGwI/AAAAAAAAITs/s__SfytS7D0/s1600/IN+flight+with+torp.jpg (2015.07.21)

²⁸ Forrás: <http://www.fiddlersgreen.net/aircraft/Balloon-eagle/IMAGES/Fu-Go-bomb-balloon.jpg> (2015.07.21)

keresztül, 250–300 km/h sebességgel, a 8000 km távolságra lévő észak-amerikai partokig. Az eszköz 4 db gyújtó- és egy 15 kg-os, repeszromboló bombát hordozott. A támadásokkal a japánok célja a pánikkeltés, a pusztítás és erdőtüzek okozása volt. A támadó ballonokból a különböző források szerint csak mintegy 300 darab érte el célját, az amerikai kontinenst, ahol erdőtüzeket okoztak, ezen kívül összesen 6 emberéletet is követeltek [39].

1.5 A HIDEGHÁBORÚ UAV FEJLESZTÉSEI

A II. Világháború befejezése után a pilóta nélküli repülőeszközökkel folytatott fejlesztések a pilóták által vezetett repülőgépek célrepülőgépekké való átalakítására irányultak. A „légi robotizálás” régóta dédelgetett gondolata az 1960-as évek végére valósággá válhatott, melyhez az áttörést az automatizálás jelentős méretű előhaladása tette lehetővé. A technikai fejlődés akkorra elérte már azt a színvonalat, mely biztosította a korábbi elképzelések megvalósítását.

Ebben az időszakban a Northrop azt tervezte, hogy tovább fejleszti a korábban sikeresen használt OQ típusú célrepülőgép családot. Ennek alapját az OQ–19 Quail volt, a modernizált példány az MQM–36 Shelduck (1.12. kép) nevet kapta. A tervezők kicserélték a váz szerkezeti anyagait, és könnyebb műanyagok felhasználásával is kísérleteztek.



1.12. kép Kiállított MQM–36 Shelduck az USAF Daytoni múzeumban²⁹

A repülőgép modernizált AN/ARW–79 robotpilótát és magasságtartó berendezést kapott, a szárnyvégekre radarvisszaverőket szereltek, melyek segítségével már lokátorral is nyomon lehetett követni, erősebb, négyütemű, 95 lóerős McCulloch dugattyús motort kapott [27][41]. Felszállását RATO³⁰ rendszer segítette. A Shelduck az egyik legsikeresebb célrepülőgép volt, melyből közel 73 000 db épült. Ezeket 18 ország használta a légvédelmi erői kiképzéséhez [14].

A Northrop 1955-ben fejlesztette ki az MQM–57 Falconert, amely újdonságnak számított az UAV-k történetében. Külső megjelenése, műszaki és repülési jellemzői hasonlóak voltak, mint az előbbi típusé. Újszerűségét felhasználása adta, mivel ezt a modellt már a tervezése során is légi felderítésre szánták [27][42]. A Falconer repülését rádiójelek segítségével földi irányító egységből vezérelték. A rendszer elemeihez tartoztak a KS–54 típusú kamerák, az éjszakai fényképezést biztosító megvilágító rendszer, az AN/DPN–32 radar válaszjel-adó és annak földi vevője, valamint az irányításhoz használt adó-vevők. A repülőgépet földről – két kisméretű startrakéta segítségével – indították, visszaérkezését ejtőernyő biztosította. A felderítő repülőgépnek egyetlen hiányossága volt, hogy felszállás után mindösszesen fél órát volt képes a levegőben tölteni.

²⁹ Forrás: <http://www.nationalmuseum.af.mil/shared/media/photodb/web/060930-F-1234P-001.jpg> (2015.07.21)

³⁰ Rocket Assisted Take-off - rakéta rásegítésű felszállás/felszállás startrakétával

Az 1950-es években már voltak hangsebesség feletti repülésre képes repülőgépek illetve rakéták, ezért a katonai vezetők is fontosnak tartották e sebességtartományban üzemelő sugárhajtóműves célrepülőgépek kifejlesztését. Az első ilyen modell a Northrop GAM-67 Crossbow (1.13. kép) volt, melyet eredetileg nagy magasságban repülő légitelők imitálására terveztek. A Crossbow szivar alakú törzzsel készült, meghajtását a Continental J69 típusú sugárhajtóműve szolgáltatta. A működéshez hordozó repülőgépre volt szükség, melyre két típust, a Boeing B-50 Superfortress-t és a Boeing B-47 Stratojet-et használtak, az előbbi kettő az utóbbi 4 db célrepülőgépet szállíthatott. A Crossbow pályafutása rövid volt, a programot 1957-ben leállították.



1.13. kép B-47 „Stratojet” bombázó szárnya alá függesztett GAM-67 "Crossbow"³¹



1.14. kép Az AQM-35 a White Sandi rakétamúzeumban³²

1953-ban a Northrop Radioplane részlege megkezdte az AQM-35 (1.14. kép) szuperszonikus célrepülőgép fejlesztését, melyet először XQ-4-nek neveztek el és első felszállását 1956-ban hajtotta végre. Az XQ-4-et egy XJ81-WE-3 sugárhajtóművel képes volt elérni az 1,55-ös repülési Mach-számot. Bár földről is indítható volt, de legtöbbször hordozó repülőgépről indították, ahonnan a vezérlését is végezték. Alaprendeltetése, a légvédelmi rakéta alakulatok gyakoroltatása volt a szuperszonikus repülőgépek elleni tevékenységre. Az eszközt a tesztek során tovább finomították, és 1961-ben elkészült az új XQ-4B modell, amely még nagyobb teljesítményű hajtóművel rendelkezett. A repülőgépből 25 darabot építettek, veszte az lett, hogy megelőzte a korabeli légvédelmi eszközök képességeit, amelyek nem bírták követni a nagy sebességű repülőgépet [14].

Az USA-ban a pilóta nélküli repülőgépek fejlesztésére nagy hatással volt az „U-2 krízis”-nek nevezett esemény. 1960. május 1-jén a szovjet légvédelem földi indítású Sz-75 Dvina³³ típusú légvédelmi rakétával, saját területe felett lelőtte az USAF Lockheed U-2 típusú kémrepülőgépét. Az Egyesült Államok tekintélye megingott, mikor is a korábban sebezhetetlennek tartott – egyik legmodernebb és leghatásosabb – stratégiai felderítő repülőgépét elvesztette [6]. 1962 októberében a 4080. Stratégiai Felderítő Wing egy U-2 repülőgépét Kuba felett ugyancsak lelőtték, miközben az oda telepített szovjet nukleáris rakétaindító állomásokat igyekezett felderíteni. Pilótája életét veszítette, mely vélhetően hozzájárult az UAV-val kapcsolatos titkos fejlesztések felgyorsulásához [28].

A hidegháború időszakában a Föld másik oldalán „a keleti táborban” sem tétlenkedtek a hasonló fejlesztésekkel foglalkozó mérnökök. Az első szovjet pilóta nélküli repülőgép a Lavocskin tervezőiroda La-17 (1.15. kép) típusú drónja volt, melyet Tupolev-4 típusú bombázó repülőgépekről indítottak. A fejlesztés az 50-es években kezdődött, rendszerezítésre azonban csak a földi indítású, sugárhajtóműves La-17M változat kerül. Az első darabok még rádió-távírányítással

³¹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b5/GAM-67_on_B-47.png/764px-GAM-67_on_B-47. (2015.07.21)

³² Forrás: <http://www.marvellouswings.com/Aircraft/Missile/M-035/Pic/AQM-35%2055-3231%20Alamogordo.JPG> (2015.07.21)

³³ NATO kódjel: SA-2 Guideline

működtek, a későbbieket azonban már robotpilótával is ellátták. A Tupoljev iroda 1961-ben fejezte be a Tu–123 Jasztreb (1.16. kép) típusú sugárhajtóműves UAV fejlesztését, amelyet 1964-ben állítottak rendszerbe. Hasznos teherként fényképezőgépeket és rádióelektronikai felderítő berendezéseket hordozott. A Tu–123 egyszer használatos eszköz volt, amely a rögzített adatokat ejtőernyővel juttatta vissza az előre programozott helyre.



1.15. kép La–17 típusú drón³⁴

1964-ben az újrafelhasználhatóság kényszer sarkallta a tervezőirodát a Tu–139 Jasztreb–2 kifejlesztésére, amelyet hat évvel később, a MiG–25 Foxbat repülőgép felderítő változatának kifejlesztésének hatására törölték. A Foxbat az 1980-as évekre a Tu–123-at is kiszorította a hadrendből. A fejlesztők kísérleteztek a Tu–141 típusú drónnal is, amelyből 152 darabot le is gyártottak. Ezt a típust 1976-ban állították hadrendbe, később bevetették az afganisztáni konfliktus során. A repülőgép exportváltozatát Szíria is alkalmazta felderítő feladatokra Izrael ellen. Továbbfejlesztett változatát a Tu–243 Rejsz–D típust 1987-ben állították hadrendbe [47].



1.16. kép A Tu–143 és szállító járműve³⁵

A Jakovlev tervezőiroda a 80-as években kezdett a Pcsela–1 típusú harcászati UAV fejlesztésébe, amelyet 1988-ban csapatpróbára is bocsátottak. Hadrendbe azonban sosem állt, a továbbfejlesztett változatát 1997-ben rendszeresítették Pcsela–1T típusjellel, mellyel sajtóinformációk szerint nagyszámú bevetést hajtottak végre a csecsenföldi konfliktusban [41].

A haderő fejlesztése során a Kínai Népköztársaság is igyekezett lépést tartani a nagyhatalmakkal. Az első kiképzési célú drónokat Kínában a 60-as évektől alkalmazták. A fejlesztést szovjet segítséggel indították meg az 50-es években. Alapját 20 darab La–17 típusú szovjet drón, illetve tíz célrepülőgéppé alakított MiG–15-ös adta [11]. A közös fejlesztésnek a két ország 1960-as konfliktusát követően vége szakadt. Az első sorozatgyártásra került eszközt, a B–1 típust 1962-ben mutatta be a Kínai Északnyugati Műszaki Egyetem. 1976-ban készítette el a Nanjing Légi Akadémia a Changkong–1 típusú célrepülőgéppel használt drónt. A kínai kutatóintézetek évek óta komoly kutatásokat folytatnak az UAV technológiák területén, de igazi érdeklődés csak a 2000-es évek elejétől mutatkozott az eszközeik iránt [47].

³⁴ Forrás: Илья Морозов, <http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/photos/8/8/2/1426288.jpg> (2015.07.21)

³⁵ Forrás: Альфред В. Матусевич, <http://www.cnw.mk.ua/weapons/airforce/razv/tu/image/tu9.jpg> (2015.07.21)

1.6 DRÓNOK VIETNÁM FELETT

1960 júliusától az USAF a Ryan Aeronautical céget bízta meg egy felderítő UAV kifejlesztésével. A program a „Red Wagon” kódnevet kapta. A Ryannél nem teljesen új eszközt kezdtek el fejleszteni, hanem a céltestnek korábban már használt és jól bevált Ryan Model 147 típust vették alapul. Sorozatos fejlesztések eredményeként elkészült a „Lightning Bug” (BQM-34 Firebee) kódnevű UAV és annak különböző változatai [41].

Csökkentették az UAV radarvisszaverő felületét a sugárhajtómű levegőbeömlő nyílásának speciális árnyékolásával, a sárkányt pedig radarhullám elnyelő festékekkel vonták be, ezen kívül minimalizálták a kondenzcsík kibocsátását is. A BQM-34 egy RPV volt, melyet földi- vagy hajófedélzeti indítóállványról, de leggyakrabban DC-130 típusú repülőgépekről indítottak, mely egyidejűleg négy drónt szállíthatott. A felderítés után kezdetben a Firebee saját ejtőernyőjével ért földet, de miután számos esetben súlyosan megrongálódott a repülőgép, vagy a felderítési információkat gyűjtő berendezése, új eljárást vezettek be a sérülések elkerülése és a repülőgép többszöri felhasználhatósága érdekében. Megterveztek egy légi visszatérő rendszert³⁶ (1.17. kép), melynek lényege az volt, hogy a nagy magasságból ejtőernyőn süllyedő UAV-t – sodronyon lévő hurok segítségével – egy speciálisan átalakított CH-3 típusú helikopter „befogta”, majd egy megadott helyen sértetlenül földre tette [6][42][44].

A mai fogalmaink szerint az UAV harctéri körülmények közötti első bemutatkozása a Vietnámi háborúban volt. A 100. Stratégiai Felderítő Wing alárendeltségében 1975-ig, 10 év alatt, több mint 3400 bevetésen vettek részt. A légi indítású UAV-k felderítő feladataikat típustól függően igen széles magasságtartományban – földközeli magasságtól (150 méter alatt) nagy magasságig (18 000 méter felett) – hajtották végre.



1.17. kép A Model 147H biztonságos visszatérése ³⁷

Repülési időtartamuk a behatolás mélységétől függően 45 perctől 2 óráig terjedt. Nappali, éjszakai fotó-felderítést, elektronikai jelfelderítést, passzív zavarást és röplapszórást valamint megtévesztést hajtottak végre [6]. 1964-ben még csak 20 bevetésben vettek részt a Firebee-k, ez a szám 1984-re már több mint 500-at is elért [13]. Az UAV viszonylag nagy sebességgel hatolt be a szembenálló fél területére, ami bizonyos védettséget nyújtott a légvédelmi rendszerrel szemben. Programozott útvonalat követett miközben fényképsorozatokat készített.

³⁶ Mid-Air Retrieval System – Légi visszatérő rendszer

³⁷ Forrás: <http://craymond.no-ip.info/awk/twuav33.jpg> (2015.07.21)

A gyors reagálást késleltette, hogy a felderítési információk feldolgozása és kiértékelése csak a repülőgép visszatérése után volt lehetséges. A felderítési adatok közel valós időben történő eljuttatása 1972-re oldódott meg. A Ryan Model 147-SC (AQM-34L/TV) típus több mint 100 példányát szerelték fel TV kamerával és adatátvitelt biztosító berendezéssel. Ennek a legnagyobb számban gyártott UAV-nak a rendeltetése nappali légi fényképezés volt 100–1500 méter magasságból. Földi, vagy hajófedélzeti katapultról, esetenként DC-130-as repülőgépről indították őket. A hordozót 3000 méteren hagyta el, majd a vietnámi légvédelmi zóna elérése előtt lesüllyedt 100–300 méterre és a szárazföld elérésekor kezdte meg a légi fényképezést. A feladat végrehajtása után 13 000–15 000 méterre emelkedve repült vissza a saját csapatok által ellenőrzött terület fölé. Fotóberendezése – a repülési magasságától függően – 500–1500 méter széles és maximum 180 km hosszú útvonalról biztosított adatokat.

Az UAV-k a légi csapások előtt 1–2 hónappal hajtották végre az előzetes, általában nagy magasságú felderítést, amelynek eredményeit kielemezték és segítségükkel tervezték meg a támadásokat. A csapásmérés előtti 24–48 órában komplex fotó- és rádiótechnikai felderítést folytattak úgy, hogy átrepülve a célokat, adatokat gyűjtöttek az oltalmazó légvédelmi rakétakomplexumokról. Alkalmazásuk harmadik fázisában a csapásmérés utáni rombolások mértékét határozták meg, melyek nagy segítséget nyújtottak az ismételt csapások tervezéséhez. A légi felderítés mellett kisebb számban és változó sikerrel vetették be az UAV-kat rádiólokációs és rádiótechnikai felderítésre, zavarásra, valamint megtévesztő célként az ellenséges légvédelem figyelmének elterelésére, folyamatos leterhelésére. A Ryan Model 147N (1.18. kép) típust felszerelték aktív radarjel erősítő berendezéssel is, melynek használatával az aránylag kis visszaverő felületű UAV radarjele olyan volt, mintha egy nagyobb méretű repülőgéptől származott volna [13].



1.18. kép A „Tom Cat” egy rekonstruált példánya³⁸

Mivel a csapásmérő repülőgépek igen nagy veszteséget szenvedtek el a vietnámi légvédelmi rakétáktól, így elsődleges feladattá vált azok időben történő felderítése és mielőbbi megsemmisítése. A vietnámi SA-2 típusú légvédelmi rakéták rádióparancs irányításúak voltak, ezért nem volt nehéz feladat felderíteni azok sugárzó jeleit akár UAV-ról is. A felderítési adatokat a Firebee közvetlenül egy RB-47 típusú repülőgépre továbbította, ahol ezek alapján megállapíthatták a légvédelmi rakéták települési helyeit. Az aktív légvédelmi eszközök folyamatos veszélyeztetése miatt az UAV-kat felszerelték radarbesugárzás jelző eszközökkel is, melyek képesek voltak „felismerni” a MIG típusú elfogó vadászrepülőgépek rádiólokátorának és az SA-2 légvédelmi rakéták közelségi gyűjtőjének kisugárzott jeleit. A riasztáskor a drón kitérő manővert kezdett, beindította elektronikai zavaró berendezését, szűkítette a hajtómű beömlőnyílás méretét, csökkentve ez által a radarvisszaverő felületet és megnövelte a kondenzcsík gátló rendszer hatékonyságát [6].

³⁸ Forrás: http://fc06.deviantart.net/fs70/i/2012/143/9/e/ryan_firebee_drone_by_shelbs2-d50uexk.jpg (2015.07.21)

A háború második felétől kezdődően a nagy magasságban alkalmazott UAV-k jelentős veszteséget szenvedtek úgy a légvédelmi rakétáktól, mint az elfogó vadászpilótáktól, ezért alkalmazásukat korlátozták. Amennyiben bevetésükre mégis szükség volt, akkor a felderítés időszakában a légvédelem zónáján kívülről EB-66 típusú repülőgépekkel aktív zavarást végeztek a centiméteres és a méteres hullámtartományban működő rádiólokátorok ellen.

Ahogy a vietnámi hadműveletek kiszélesedtek, egyre fontosabbá vált minél nagyobb területről felderítési információkhoz jutni. Ezért Firebee egyes példányaira szárny alatti póttartályokat szereltek, így azok elérhették már a 2000 km-es hadműveleti mélységben lévő célokat is.

A feladat jellegétől függően a tartókra függeszthettek ALE-2 típusú passzív zavarászó berendezést is. Egyes típusokat feladataiktól függően különböző speciális berendezésekkel is felszerelhetők. A háború végére így már infra fényképező berendezések is helyet kaptak az UAV-kon. A pontosabb navigáció érdekében LORAN típusú nagytávolságú navigációs rendszerrel is beépítettek egyesekbe. 1972-től az UAV-k is beléptek a Nixon elnök által ösztönzött „propaganda háborúba”. A pilóta által vezetett repülőgépek sok esetben igen súlyos károkat szenvedtek röplapszórás során, ezért a passzív zavarászó Ryan Model 147NC típusokból többet átalakítottak ilyen feladat ellátására [6].



1.19. kép A Model 147B radarhullám elnyelő borítással³⁹

A haditevékenység elemzése alapján elmondható, hogy az UAV-k, a vietnámi légi felderítésben jelentős szerepet játszottak, kisebb számban és változó sikerrel hajtottak végre rádiólokációs felderítést és zavarást vagy megtévesztést. A gépek kis visszaverő felülete és változó profilú repülése növelte túlélőképességüket. Az 1960-as években készült néhány fegyverzet alkalmazására is alkalmas repülőgép is belőle, melyeket főleg hajók, légvédelmi rakétaindító állomások, illetve radarok ellen terveztek bevetni. Ezek azonban soha nem értek el olyan sikereket, mint a felderítő UAV típusok [6].

1.7 IZRAELI UAV FEJLESZTÉSEK

A Vietnámi háborúban a Firebeével elért amerikai sikerek felkeltették az Izraeli vezetés figyelmét az UAV-k iránt. 1970-ben, titokban 12 darabot vásároltak az Egyesült Államoktól, melyeket a későbbiekben továbbfejlesztettek. A kis lélekszámú, de folyamatosan hadban álló országnak különös figyelmet kellett fordítania a harcok végrehajtása során élőereje megkímélésére. Erre egy lehetséges eszközként az UAV-k alkalmazása mutatkozott [43].

³⁹ Forrás: <http://www.blackbirds.net/uav/images/Model-147B-drone-&-DC-130.jpg> (2015.07.21)

Az izraeli hadvezetés az UAV-kat sokoldalúan használta fel. Az egyszerű felépítésű Mastiff és Scout (1.20., 1.21. kép) kisméretű repülőeszközök tették lehetővé a behatolást a veszélyes Bekaa völgybe azáltal, hogy felderítési adatokat biztosítottak a szír légvédelmi rakétarendszerről. Az izraeli légierő összetetten alkalmazott elektronikai felderítő- és zavaró konténerekkel felszerelt harcászati repülőgépeket, légtérelenőrző repülőgépeket, valamint felderítő UAV-kat. Az arab légvédelmi rendszer szovjet gyártmányú SA-5, SA-6, SA-7 típusú föld-levegő osztályú rakétái valós veszélyt jelentettek az izraeli repülőgépekre, ezért volt fontos azok időbeni felderítése [37].

Az UAV-k rendszeresen berepültek a Bekaa völgyébe és információkat szereztek a szír szárazföldi csapatok-, a légierő- és a légvédelem csoportosításáról, valamint a rádió és rádiólokációs eszközökről. Hónapokkal a támadás megindítása előtt már ismerték a szíriai rádiólokátor-állomások harcrendjét, működési frekvenciáit.



1.20. kép Mastiff az Izraeli légierő múzeumában⁴⁰ 1.21. kép A Bekaa völgyben használt Scout UAV⁴¹

Az izraeli légierő csapásai közben az UAV-k folytatták a felderítést, felmérték a csapások eredményeit, valamint figyelemmel kísérték a szíriai csapatmozgásokat. Ezek alapján választották ki a további célokat, majd értékelték is a támadás eredményességét. UAV-kat alkalmaztak a rádiótechnikai berendezések felderítésére, zavarására is. A drónok a szír célpontok helyéről valós idejű képi információkat sugároztak a tüzérségi vezetési pontjaira, ahonnan a látható becsapódások alapján hajtották végre a tűzhelyesbitést [25]. Az Izraeli Légierő a szír légi bázisokat figyelte UAV-kal, amelyek közvetlen adatokat szolgáltattak a szír MIG-ek felszállásáról az irányítást is végző E-2C repülőgépek fedélzetére. Segítségükkel az izraeli vadászok a szír repülőgépek támadását már azok felszállásakor megkezdheték [38].

A kezdeti sikereken felbuzdulva Israeli Aircraft Industries (IAI) 1984-ben elkezdett dolgozni egy UAV fejlesztésen, mely a Pioneer (1.22. kép) nevet kapta. Az eszközt Izrael fejlesztette és forgalmazta, legnagyobb mennyiségben mégis az Egyesült Államok vásárolt belőle. Az USA haditengerészetének ebben az időben nagy szüksége volt egy kisméretű, nehezen felderíthető, olcsó pilóta nélküli eszközre. A kiírt pályázatot a Pioneer nyerte meg [35]. Az elkövetkező két évben 9 darab rendszert (50 darab UAV, földi irányító és kiszolgáló berendezések) szállítottak a megrendelőnek. Ezeket 1986-ban kapta meg az USN, ezt követően 1987-ben az USMC⁴², majd 1990-ben a szárazföldi erőknek is szállítottak. Az UAV az USA-ban RQ-2 katonai jelölést kapott. A hadrendbe állítása után röviddel problémák léptek fel, melyek több eszköz elvesztéséhez vezettek. Ennek fő oka az volt, hogy a hajóra való visszatérésekor a robotpilótát és a fedélzeti elektromos rendszereket a hadihajók által kibocsájtott elektromágneses hullámok megzavarták. A haditengerészet sok pénzt költött az UAV további fejlesztésére mire ezeket a hibákat kijavították.

⁴⁰ Forrás: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Tadiran-Mastiff-III-hatzerim-1.jpg> (2015.07.21)

⁴¹ Forrás: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/IAIScout.jpg> (2015.07.21)

⁴² United States Marine Corps – Amerikai Egyesült Államok Tengerészgyalogsága

Az RQ-2-t egy Sachs & Fichtel SF2-350 kéthengeres, kétütemű dugattyús motor hajtja. A szárazföldi egységeknél telepített verzió merev futóművekkel rendelkezik, fel tud szállni kiépített futópályáról, de indítható a hozzá tartozó indítóállványról, starttrakéták segítségével. A hadihajókra telepített Pioneeroakat MK-125 MOD2 szilárd hajtóanyagú rakéta indítja el, mely 3,78 kN tolóerőt biztosít 2 másodpercig. A fedélzetre visszaérkező drónt beépített horog és a fedélzeten elhelyezett háló segíti a megállásban.

A Pioneer képes előre programozott útvonalon repülni, de lehetőség van arra is, hogy az operátora manuálisan irányítsa a járművet. Az adatátviteli rendszer maximális hatótávolsága 185 km. A drón egy feltöltéssel öt óra űrjáratozásra képes, maximálisan 35 kg hasznos terheléssel. Széleskörű felhasználhatóságát a sokfajta hasznos teher biztosítja, mint például a Wescam DS-12 EO/IR⁴³ érzékelő, de felszerelhető rá tengeralattjárók észlelésére szolgáló berendezés, vagy akár infravörös célmegjelölő berendezés is. Az eredeti modell továbbfejlesztett változata az RQ-2B nevet kapta, mely abban különbözött elődjétől, hogy felszerelték UCARS⁴⁴ és MIAG⁴⁵ rendszerekkel is. Az előbbi egy földi telepítésű radaron alapuló rendszer, mely folyamatosan kíséri a légi jármű pályáját és parancsokkal látja el a további útvonalhoz és a leszálláshoz. A második egy valós idejű, computer alapú vezetési rendszer. A Pioneerok 10 év alatt körülbelül 14 000 órát repültek több mint 300 küldetésben vett részt világszerte [1].



1.22. kép A Pioneer felszállás előtt a futópályán⁴⁶

Az IAI által kifejlesztett Heron (1.23. kép) 1994-ben emelkedett először levegőbe [38]. Az izraeli hadvezetés szükségét látták olyan repülő eszköz megalkotásának, amely képes közepes, vagy nagy magasságon hosszú ideig űrjáratozni, és e közben folyamatosan felderítési információkat biztosítani. A fejlesztők elérték, hogy a Heron 50 órát folyamatosan a levegőben tartózkodhat. A repülőgép 16,6 méteres szárnyfesztávolságával, 8,5 méteres hosszával és az 1150 kg felszálló tömegével nagyméretűnek számít. A típusba Rotax-914 turbófeltöltésű, négyhengeres, lég- és vízhűtéses, 115 LE-s motort építettek, amely 200 km/h maximális repülési sebesség elérését biztosítja a drón számára.

Irányítását két ember végzi, akik egy komplex irányító rendszerből felügyelik az eszköz működését. Az UAV navigációját belső GPS vevő biztosítja, mellyel lehetséges előre programozott útvonalon, vagy kézi irányítással repülni, vagy egy feladaton belül a két eljárást kombinálni. Az eszköz nagy előnye, hogy képes önállóan fel- és leszállni, az adatkapcsolat megszakadása esetén, pedig autonóm módon visszatérni az indítási helyére [17].

⁴³ Elektro optikai/Infravörös

⁴⁴ UAV Common Automatic Recovery System – Egyesített automatikus visszatérő rendszer

⁴⁵ Modular Integrated Avionics Group - Moduláris integrált repülés-elektronikai csoport

⁴⁶ Forrás: <https://www.fas.org/irp/program/collect/pioneer-85p02.jpg> (2015.07.21)

A Heron 250 kg hasznos terhet szállíthat, melyek között vannak infravörös felderítő- és elektronikai zavaró- valamint felderítő eszközök, különböző radar berendezések. A drón nemcsak felderítésre, hanem célmegjelölésre, célkutatásra, és tüzérségi tűz irányítására is képes. Az első nagyszabású harci alkalmazása 2008–2009 között a Gázai övezetben végrehajtott „Cast Lead” hadművelet idején volt, melyben más repülőgépekkel együtt alkalmazták. Az UAV-k feladata volt a hadműveleti terület feletti folyamatos őrtjáratozás, így a harcoló alakulatok pontos képet kaptak az ellenség tevékenységéről és a saját erőkről. Ez a hadművelet is bizonyította, hogy a pilóta nélküli repülőeszközöknek helye van a modern hadviselésben.



1.23. kép IAI Heron felszállás közben⁴⁷

Az IAI mellett érdemes megemlíteni az izraeli Elbit céget is, amely 1967-ben kezdte pályafutását. Fő fejlesztésük a Hermes szériák, illetve a Skylark mini UAV [38]. A cég egyik ismert gyártmánya a Hermes-450 (1.24. kép) közepes méretű felderítő drón, melyet hosszú ideig tartó felderítésre, megfigyelésre és információ továbbítására terveztek. Rendeltetéséből adódóan 20 órát képes levegőben tölteni, a hatótávolsága pedig 200 km. A típus igen elterjedt a világban, sok ország üzemelteti (például az Egyesült Királyság, az USA, Brazília, Horvátország, Szingapúr).

A Hermesbe épített adó-vevő berendezések lehetővé teszik, hogy más egységektől is fogadjon felderítési információkat. A több ezer repülési óra és műveletekben való sikeres részvétel tükrözi a konstrukció életképességét. A repülőgép hengeres kialakítású törzsében helyezték el a vezérlő, az irányító, valamint a szükséges navigációs berendezéseket. A felderítő eszközök a törzsön, az orrfutó és a szárny között található egy buborék formájú házban.

A Hermes V-elrendezésű (un. „pillangó”) vezérsíjja kisebb homlokellenállás mellett integráltan biztosítja a magassági és útirányú kormányzást. A szárny fesztávolsága 10,6 méter, a törzs hossza 6,1 méter. Meghajtását egy 52 lóerős, Wankel UEL R802/902 típusú forgódugattyús motor végzi, mellyel a drón végsebessége közel 180 km/h. A felderítő rendszert annak ellenére, hogy eladásra szánják, az izraeli légierő is nagy számban üzemelteti. Egy egész századdal rendelkeznek belőle. A további fejlesztések hatására a repülőgépeket már fel lehet fegyverezni. A Hermes-450 úgy, mint a Heron részt vett a gázai övezetben végrehajtott hadműveletekben, illetve a libanoni háborúban is. 2009-ben felfegyverzett prototípusok szerepeltek Szudán ellen indított légitámadásokban is.⁴⁸

⁴⁷ Forrás: http://www.iai.co.il/sip_storage/FILES/5/37245.jpg (2015.07.21)

⁴⁸ http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=824

Az Hermes-450-es továbbfejlesztett változata, a Hermes-900 (1.25. kép), melynek első repülése 2009-ben volt. Az UAV-t úgy tervezték, hogy a lehető leghosszabb ideig képes legyen a levegőben maradni. A fel- és leszállást automatikusan képes végrehajtani, ami azért hasznos, mert nem kell hozzá költséges indító platform. A rendszer minden időjárási körülmény között üzemelhet.



1.24. kép Hermes-450 felderítés közben⁴⁹



1.25. kép A Hermes-900 leszálláshoz készül⁵⁰

A Hermes-900 EO/IR érzékelőkkel, lézeres célmegjelölővel és szintetikus apertúrájú radarral (SAR)⁵¹ is rendelkezik. A hő kamera nagyban hozzájárul a rendszer rugalmas bevetettségéhez, segítségével éjszaka vagy rossz időjárási viszonyok között is kiváló felvételek készíthetők. A repülőgépet modern avionikai rendszereken kívül IFF⁵² transzponderrel is felszerelték. Sárkány szerkezete kompozit anyagokból épült, a futóműve behúzható, formája az amerikai Predatoréhoz hasonlít.

A felhasznált könnyű anyagok ellenére a felszálló tömege 1180 kg. Törzse 8,3 méter hosszú, szárnyfesztsávolsága 15 méter, meghajtását egy Rotax 914 motor biztosítja, amivel 9100 méteres repülési magasságot, és 220 km/h sebességet képes elérni. A Hermes-900 akár 300 kg hasznos terhet is szállíthat, és 36 órán át folyamatosan a levegőben tartózkodhat.

Az izraeli fejlesztésű Skylark (1.26. kép) egy kisméretű, kézből indítható, harctéri felderítő UAV, melyet 2004-ben rendszeresített az izraeli hadsereg [38]. Kis méretéből adódóan könnyen szállítható, ezért is láttak el vele minden izraeli gyalogos egységnél.



1.26. kép Előtérben a Skylark I LE vezérlőegysége, háttérben az indítása⁵³

⁴⁹ Forrás: <http://espacoaereo.files.wordpress.com/2010/06/hermes-450.gif> (2015.07.21)

⁵⁰ Forrás: http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/hermes_900/hermes_900_2.jpg (2015.07.21)

⁵¹ SAR – Synthetic aperture radar

⁵² Identification Friend or Foe – Barát-ellenség azonosító

⁵³ Forrás: [http://www.elbitsystems.com/elbitmain/pic/Skylark-I-LE_Land\[349x248\].jpg](http://www.elbitsystems.com/elbitmain/pic/Skylark-I-LE_Land[349x248].jpg) (2015.07.21)

Az UAV nagy felbontású valós idejű képet készít az általa felderített területről, amit a földi egységek számára közvetít. A felhasználó egy hordozható vezérlőegység segítségével irányítja a repülőgépet, melyen megjelenik a Skylark által lesugárzott kép is. Az eszköz rendelkezik infravörös érzékelővel is, amely biztosítja az UAV éjjel és bonyolult időjárási körülmények közötti alkalmazhatóságát. A modell törzse egy cső, melyre a hajtóművet, a szárnyat a vízszintes és függőleges vezérsíkokat, valamint a kamerarendszert rögzítették. Elektromos hajtóműve halk és gazdaságos. A hatótávolsága 10 km, maximális repülési ideje 2 óra, legnagyobb sebessége 60 km/h⁵⁴, a rendszert közel 20 ország rendszeresítette, köztük hazánk is.

Szakértők szerint az Izraelre nehezedő állandó nyomás és a folyamatos háborúskodásban szerzett tapasztalatok jutatták a világ legnagyobb UAV exportőrévé. Az izraeli haderő több saját fejlesztésű eszközöt rendszeresített és alkalmaz, elsősorban a Hezbollah terrorszervezet és a palesztin ellenállókkal szemben. Az eszközök között a legnagyobb és legújabb a 2009-ben rendszeresített Heron TP (Eitan), amelynek szárnyfesztávolsága megegyezik egy Boeing-737 típusú repülőgéppel. Az izraeli haderőben ugyancsak megtalálhatók a kézzel indított mikro UAV-k, amelyek a harcászati szintű felderítést segítik. Izrael számos államnak, köztük Oroszországnak, Indiának, Nagy-Britanniának, Németországnak és Törökországnak is értékesített pilóta nélküli légi járműveket [38].

1.8 AZ ÖBÖL-HÁBORÚ ROBOTJAI

A „Sivatagi-vihar” és a „Sivatagi-pajzs” hadműveletek újra írták a pilóta nélküli repülőeszközök történetét. A koalíciós haderőkből az USA, Nagy-Britannia és Franciaország alkalmazott a háború során különböző típusú UAV-kat. Ebben a fegyveres összecsapásban már lehetővé vált a valós idejű adatok továbbítása mélyen az ellenséges területek fölül is [41].



1.27. kép Pioneer UAV hadihajóról történő indítása ⁵⁵

rak Kuvaiti elleni inváziójakor az USA felderítő repülőgépeinek 15%-a állt csak UAV-ból. Ezekből hat Pioneer (1.27. kép) rendszert telepítettek az Arab-öböl környékére és Szaúd-Arábiába mintegy 40 darab UAV-val, melyből egyet a szárazföldi csapatok, kettőt a haditengerészet és hármat a tengerészgyalogság használt [5]. A hadműveletekben felderítést, megfigyelést, célmegjelölést és a csapások eredményeinek felmérését folytatták nappal és éjjel, gyakran az egyesített rádiólokációs felderítő és csapásmérő rendszerrel együttműködve. További feladatok volt az iraki hajómozgások, a lerakott tengeri aknák, a partraszállási lehetőségek felderítése és hajókaravánok kísérése [4][44].

⁵⁴ <http://www.elbitsystems.com/elbitmain/area-in2.asp?parent=3&num=279&num2=279>

⁵⁵ Forrás: <http://www.fas.org/irp/program/collect/pioneer-85p05.jpg> (2015.07.21)

A haditengerészeti UAV-k feladata célmegjelölési adatokat biztosítása volt a hajófedélzeti ágyúk tüzcspásaihoz és a csapásmérő repülőgépek számára.

A szárazföldi csapatok UAV egysége új eljárást dolgozott ki útvonal-felderítésre. A Pioneerok az AH Mk-1 Apache harci helikopterek előtt repültek és képi felderítést folytattak, melyket továbbították a helikopterekre. A hajózó személyzet a képek alapján felismerhette a terepet, még időben felkészülhetett az ott lévő veszélyes célokra. Ezzel a módszerrel végrehajtott feladatokban csak 7 eszköz (kb. 10%) semmisült meg teljesen (2 ellenséges tűz, 5 pedig kezelői tévedés miatt). A drónok a háborúban több mint 500 bevetésben vettek részt és 1600 repülési óránál többet teljesítettek [35]. Az iraki erők feletti UAV átrepülések sokszor érdekes lélektani hatást is kiváltottak. Volt, amikor az irakiak idő előtt gyújtottak be akadálynak szánt olajjal töltött árkokat, de volt olyan is, amikor egy UAV-nak adták meg magukat az iraki katonák.

Az USA szárazföldi hadereje olcsó, kézi indítású, akkumulátorral működő, nappali, rögzített tengelyű, fekete-fehér kamerával felszerelt UAV-kat is használt a hadműveletek alatt. Az AeroVironment Pointer (1.28. kép) egy 2,74 méter szárnyfesztávú, 1,83 méter hosszú, 3,6 kg tömegű repülőeszköz, melynek indításhoz való előkészítéséhez két fő, alig öt perces munkája szükséges. Egy rendszer négy repülőeszközt és két 22,7 kg tömegű földi irányítóegységet tartalmaz [45]. Ez az UAV 50–150 méter magasságban, 8 km hatósugáron belül több mint egy órán keresztül képes tevékenykedni. A könnyű repülőeszközt a sivatagi viszonyok gyakran nehéz próba elé állították, mivel a szélsőségek többször meghaladta az UAV motorja által biztosított 32–64 km/h repülési sebességet. További hibája volt, hogy a fedélzeti fekete-fehér kamerája által sugárzott képen nehéz volt megkülönböztetni a részleteket a kontrasztmentes sivatagban [16].



1.28. kép A tengerészgyalogság Pointer UAV⁵⁶



1.29. kép A BQM-147 Exdrone UAV⁵⁷

A tengerészgyalogság sikeresen alkalmazta a BAI Aerosystems BQM-147A Exdrone (1.29. kép) típusú UAV-kat, melyeket megfigyelési feladatokra vetettek be, fedélzetükön kisméretű színes kamerákkal és mikrohullámú videó adókkal. Egyebek között ezek jelezték, hogy az iraki erők feladták Kuvait Cityben lévő állásaikat. A több mint 50 darab bevetett eszköz olyan sikeresen szerepelt, hogy további 110 gyártásáról írtak alá szerződést [45].

A koalíciós szárazföldi offenzívában részt vett a 8. Francia tüzérezred is, melynek egyik osztályánál rendszeresítették a TASS vállalat által gyártott MART típusú UAV-t. Ezt a szerkezetet 1991 februárjától sikeresen alkalmazták, mint harctéri megfigyelő és felderítő, célmegjelölő és tűzvezető eszközt. Az UAV-k több alkalommal hajtották végre vezetési pontok, repülőterek felderítését több mint 15–17 km távolságról, melyeket azonosítás után a francia tüzérség 155 milliméteres ágyútarackjaival semmisített meg.

A Canadair CL-89 típusú drónjai is a „Sivatagi-Vihar” hadműveletben debütáltak. Az eszköz gyártását már 1969-ben megkezdték, de harci alkalmazásra korábban még nem került sor. A Brit

⁵⁶ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/fqm-151a.jpg> (2015.07.21)

⁵⁷ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/bqm-147a-1.jpg> (2015.07.21)

Hadsereg által a hadszíntérre telepített UAV-k már az első óráktól kezdve levegőbe emelkedtek, információt szolgáltatottak az iraki állásokról és egyéb célpontokról az angol 32. Nehéz Tüzérezred és más koalíciós erők számára. A rendszer hátránya volt, hogy a megszerzett adatok kiértékelésére csak az UAV visszaérkezése után kerülhetett sor [19].

Az Öböl-háborúban alkalmazott merevszárnyú UAV-k – veszteségeik ellenére is – sikeresek voltak. Olyan feladatokat hajtottak végre, amelyeket más módon kevésbé hatékonyan és csak nagyobb emberi és technikai veszteségek árán lehetett volna végrehajtani.

1.9 SZÖVETSÉGES DRÓNOK A BALKÁN FELETT

A Jugoszláv Köztársaságban kitört polgárháború és annak következményei kapcsán az UAV-k ismét az érdeklődés középpontjába kerültek. 1995. augusztus 30-án, sikertelen diplomáciai erőfeszítések után a NATO erők megkezdték az „Operation Deliberate Force” fedőnevű műveletet, így próbálva rákényszeríteni a szembenálló feleket a tárgyalásokra.

A térségben az első UAV ténykedés a CIA nevéhez kapcsolódott [13]. Az amerikai titkosszolgálat 1993-ban telepítette az első General Atomics GNAT-750 típusú, nagy hatótávolságú UAV-t hírszerzési céllal a horvát Hvar szigetre. 1995-től az US NAVY 6. Flotta Földközi- és Adriai-tengeri műveleteit az I. Öböl-háborúban sikeresen szereplő Pioneer egységek is segítették. Közülük az egyik az USS Shreveport hadihajóról támogatta az IFOR⁵⁸ és a haditengerészet expedíciós erőinek tevékenységét. A másik egység az USS Austinról segítette a flotta erőit. 1996. közepén a haditengerészet 1. UAV századát Tuzlába vezényelték, ahonnan a békefenntartó műveletekhez nyújtottak segítséget az IFOR parancsnoksága számára. Feladatuk a lakott települések megfigyelése, terrorista kiképző bázisok és veszélyes útszakaszok felderítése volt. A Pioneer UAV-k valós idejű információi az IFOR egységeknél lévő kihelyezhető állomásokon kerültek megjelenítésre. 1996 októberéig Bosznia felett 33 küldetésben 89 órát teljesítettek.



1.30. kép Az USAF Predator UAV-ja a taszári bázison⁵⁹

Az USAF Predatorainak (1.30. kép) első európai, harci alkalmazása 1995 nyaratól kezdődött a térségben. A légierő három UAV-t telepített az albániai Gjaderben, ahonnan felderítési adataik alapján választották ki az 1995 szeptemberében lezajlott „Deliberate Force” hadművelet célpontjait is. A műveletek végrehajtása után a csapások eredményességének felmérését a Predator UAV-k végezték, melyek 120 nap alatt, 80 bevetésen, 750 órát repültek. A viszonylag nagyszámú feladat során mindössze kettő repülőeszköz semmisült meg [7].

⁵⁸ International Forces – többnemzetiségű katonai erők

⁵⁹ Forrás: <https://www.fas.org/irp/agency/daro/uav97/images/4/predtax.jpg> (2015.07.21)

Az USAF 11. felderítő ezredének Predatorai 1996 márciusától Magyarországon, Taszáron állomásoztak, ahonnan kiindulva Bosznia feletti légtérben őrzéskorok [8][44]. A korszerűsített UAV-k már SAR berendezéssel és látóhatáron túli működést biztosító műholdas adatátviteli eszközökkel is rendelkeztek, melyekkel bármilyen időjárási körülmények esetén lehetővé vált a különböző objektumok felderítése és azonosítása. A felderítő repüléseket kezdetben 4500 méteres repülési magasság felett végezték, de később a rossz időjárási körülmények miatt 1800 méter alá kellett süllyedniük, mivel felhőzet vagy köd esetén az elektro-optikai felderítő rendszerek használhatatlanok voltak [20].

A Predatorok összeszerelése, ellenőrzése és az irányító rendszer kiépítése utáni első bevetésére március közepén került sor, mely csaknem balesettel végződött. A Bosznia felett repülő UAV-val megszakadt a műholdas adatkapcsolat, de a robotpilóta és az INS⁶⁰ rendszer „visszatértette” és sikeresen leszállította a légi bázison a drónt. A Boszniai műveletekben a Predatorok közel 600 bevetésben közel 4000 órát töltöttek levegőben, melyek során egy bevetés átlagos időtartama 6 óra volt [8]. Infra kamerájuk és a SAR berendezésük segítségével kiváló minőségű képet biztosítottak a felderített területről.

1999. március 23-án Javier Solana NATO-főtitkár Brüsszelben bejelentette: utasította a NATO főparancsnokát, Wesley Clarkot, hogy kezdjen légitámadásokat Jugoszláviában, és katonai erővel bírja rá a szerb vezetést a koszovói népiertás befejezésére. A NATO légicsapása másnap elkezdődött, amely az 1991-es Öböl-háború óta a legnagyobb UAV felhasználással járt. A háború elején nem valósultak meg azok az elképzelések, melyek szerint a jugoszlávok a három napos folyamatos légitámadás hatására megtörnek [18]. Ezért szükségessé vált, hogy a NATO hosszabb időre berendezkedjen a térségben és növelje felderítő képességét [10].

A légi hadjárat megindulása utáni napokban az USAF 11. felderítő százada Predator, az US Army IAI RQ-5 Hunter (1.31. kép), a németek és a franciák CL-289 (1.32. kép) típusú UAV-kat telepített a szövetséges erők alárendeltségében lévő területre. Az angolok GEC/Marconi/ BAe Systems Phoenix típusú ilyen légi járművei később kapcsolódtak be a felderítő műveletekbe. Az USA tengerészgyalogsága is elindította saját Pioneer egységeit, hogy kísérjék figyelemmel a Jugoszláv haditengerészeti erők műveleteit [33].

A bevetéseket a vicenzai CAOC-ból⁶¹ koordinálták, ott állították össze a légi harcparancsokat. Mindezek ellenére előfordult, hogy azonos célra több UAV is folytatott felderítő tevékenységet. A hadműveleti területen csak a Hunterek és a Predatorok voltak képesek a felderítési adataikat közel valós időben továbbítani a CAOC-ba, illetve más magasabb vezetési szintekre.

A bevetéstervezőknek körültekintően kellett eljárniuk főként, ha az UAV mozgó célok felderítését hajtotta végre. A CL-289 útvonalát precízen kellett megtervezni, mivel ez az eszköz a repülését teljes egészében programozottan végzi, felszállás után már nincs lehetőség annak módosítására. A Predatoroknál és a Huntereknél a viszonylag kis repülési sebesség jelentett problémát, mivel hosszabb időbe került, míg távoli céljukat elérték. A zsúfolt légtérben az UAV-k és a pilóta által vezetett repülőgépek összeütközésének megelőzésére hozott biztonsági intézkedések miatt a légicsapások időszakában UAV-k nem tevékenykedhettek 4500 méter felett.

A földi célokat támadó repülőgép vezetők és az adatkiértékelők dicsérték a CL-289 Zeiss Krt 8/24D típusú kamerájával készített képeit és a Predator színes videó felvételeit. A hadműveletek befejezése után különböző hírforrásokból, illetve a háborúban résztvevő UAV egységek saját kimutatásaiból lehet következtetni arra, hogy 2000 júniusáig 15–20 szövetséges UAV semmi-

⁶⁰ Inertial Navigation System – tehetetlenségi navigációs rendszer

⁶¹ Combined Air Operations Centre – Többnemzetiségű légi hadműveleti központ

sült meg a szerb légvédelmi tűztől, míg további 10–15 egyéb más okból [19]. A veszteségek legfőbb okának a szerbek bevált módszereit, illetve a szövetségesek kevésbé körültekintő, sablonos útvonaltervezését tekinthetjük. A szerbek jól ismerték a szövetséges UAV-k települési helyét, tisztában voltak azzal, hogy mikor és merre fognak repülni, így a földi légvédelmi eszközök megfelelő telepítésével a siker már jórészt biztosított volt számukra.



1.31. kép Hunter UAV a tuzlai bázison⁶²



1.32. kép Francia CL-289 drón indítása⁶³

Ebben az időszakban a szerbek egy új eljárást vezettek be. MI-8 típusú helikopterből 7,62 milliméteres géppuskával lőtték le az első Huntert, ez azonban csak akkor volt eredményes eljárás, ha a közelben nem volt NATO vadászrepülőgép. Az UAV műveletek nem fejeződtek be azután sem, hogy a szerbek kivonták erőiket Koszovóból. A drónok támogatták a szövetséges erők bevonulását a tartományba, megfigyelték a szerb csapatok mozgását, visszavonulását. Végleges kivonásukig jelentős szerepet játszottak a környezeti károk felmérésében, az elaknásított területek és tömegsírok felderítésében.

1.10 DRÓNOK A TERRORIZMUS ELLENI MŰVELETEKBEN

2001. október 7-én, délután fél 5-kor az amerikai és a brit légierő támadó hadműveletbe kezdett a Tálib erők és az Al-Qaeda terrorszervezet ellen. Kabul, Jalalabad és Kandahar környékén lévő légvédelmi állások és a terroristák kiképző bázisai ellen irányuló első légcsapások sikeresek voltak. Mindez több mint tíz éve történt, de Afganisztánban a mai napig sincs nyugalom. Az országban a NATO ISAF⁶⁴ missziója vezetésével idegen nemzetek – közöttünk hazánk – katonái nyújtanak segítséget a béke fenntartásában és az újjáépítésben.

Afganisztánban még javában dúltak az összecsapások, amikor 2003. március 20-án elkezdődött a második Iraki háború. A műveletben mintegy negyven ország koalíciós erői, együttműködve az északi kurd fegyveresekkel, közel 300 000 fős haderővel megkezdték Irak lerohanását. Eleinte úgy tűnt, hogy a villámháborús tervekre épülő támadást rövid idő múlva siker követi és Irak kapitulál, ez azonban nem következett be. A harcok még akkor sem csitultak, amikor 2003. december 13-án egy amerikai harci különítmény elfogta Szaddám Huszeint. A hosszú ideig tartó harci cselekmények koalíciós részről szükségessé tették az UAV-k használatát. Afganisztánban ma sincs olyan nap, mely során ne kerülne sor bevetésükre. A két konfliktus övezetben a meghatározó típus a stratégiai felderítést folytató Global Hawk (1.33. kép) és a Predator/Reaper platformok, melyek mindegyike nagytávolságú műhold kommunikációs adatkapcsolattal rendelkezik, azokon keresztül továbbítva a felderítési információkat a távoli vezetési pontokhoz.

⁶² Forrás: http://www.baha.be/Webpages/Navigator/News/images/b_hunter_273_dbx_tuzla_2408.jpg (2015.07.21)

⁶³ Forrás: http://www.army-technology.com/projects/cl289/images/cl289_9.jpg (2015.07.21)

⁶⁴ International Security Assistance Force - Nemzetközi Biztonsági Közreműködő Erők

A Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk fejlesztése 1994-ben kezdődött. Az eszköz nagy magasságú és hosszú időtartamú repülésre, harctérfelügyeletre és felderítésre alkalmas. Adatátviteli rendszerének érdekessége, hogy EO és IR, valamint SAR képeket nem valós időben, hanem kisebb csomagokra bontva továbbítja a földi adatfeldolgozó rendszerhez [21].



1.33. kép A Global Hawk UAV felszálláshoz való előkészítése⁶⁵

A Global Hawk technikai paraméterei közé tartozik a 14 000 km-t meghaladó hatótávolsága, a 18 000 méternél több repülési magassága, valamint 28 óránál hosszabb folyamatos őrjáratozási időtartama. A kijelölt hadszíntérre előre programozott útvonalon repül, pályakövetését GPS biztosítja. Első afganisztáni bevetésére 2001 novemberében került sor [1].

A Predator először 1994-ben emelkedett levegőbe és vitathatatlanul a legsikeresebb UAV, amely már bizonyított a Balkánon, Afganisztánban, Irakban és a világ egyéb gócpontjain. Ez a repülőgép volt az első drón, amelyik harci körülmények között hajtott végre sikeres, precíziós rakétacsapást, megsemmisítve az Al-Qaeda terrorszervezet egyik vezetőjét és társait.



1.34. kép Az USAF felfegyverzett Reaper drónja a levegőben⁶⁶

Napjainkban az összes Predator két Hellfire levegő-föld rakétát hordoz. Feladatuk általában a lázadók tevékenységének felderítése, de ezen kívül alkalmazzák őket megfigyelésre, előretolt légiirányító egységként lézeres célmegjelölésre, fegyverek célba juttatására és kárfelmérésre is. Feladataik során közel 20 órát repülhetnek egyfolytában.

⁶⁵ Forrás: http://www.globalsecurity.org/intell/systems/images/global-hawk_020426_52.jpg (2015.07.21)

⁶⁶ Forrás: <http://htka.hu/wp-content/uploads/2013/07/mq9-reaper-weaponized-e1366842982669.jpg> (2015.07.21)

Irányításuk jellegzetessége, hogy a kezelők csak a repülőtérrel való fel- és leszállást végzik manuálisan. Az útvonalrepülést, a szenzorok kezelését és a fegyverzet alkalmazását az USA egyik légi bázisán lévő földi személyzet végzi. Szinte hihetetlen, de a nagyszámú afganisztáni repülés miatt, a 107. számú példány a közelmúltban a rekordnak számító húszszázadik levegőben töltött órát elérte [44][45][49].

A Reaper (1.34. kép) a Predator nagytestvére, mely 2001 februárjában repült először. Elsődleges feladata a földi célokra történő csapásmérés. Erre a célra többféle függesztmény változattal láthatják el, melyek lehetnek Hellfire levegő-föld rakéták, GBU-12 lézer-, vagy akár GBU-38 típusú műholdas irányítású bombák is. A Reaper 14–28 órás repülési időtartama a csapásmérés mellett stratégiai felderítésre is alkalmassá teszi. Első harci bevetésükre 2007 októberében került sor Afganisztánban. A Reaperek harci alkalmazása annyiban tér el a Predatorétól, hogy – precíziós fegyvereknek köszönhetően – többtípusú célpontot is támadhatnak [1].

Irakban amerikai részről legnagyobb számban az US Army használt nappali és éjszakai videó kamerákkal felszerelt UAV-kat, melyek az ellenség fegyvereit, az előreszállítási útvonalak és a kőolajvezetékek felderítését és megfigyelését hajtották végre. A Hunterek kiegészítésére kis számban Predatorokat is bevetettek, de inkább a stratégiai célú műveletekben. A későbbiekben áttértek az AAI RQ-7 Shadow-200 UAV alkalmazására, melyek fő feladata a harci őrzőjáratot folytató földi kisalegységek számára nyújtott felderítési adatok biztosítása volt. A tengerészgyalogság ugyancsak használt UAV-kat Irakban, elsősorban a számtalan bevetést megért Pioneer típust. 2004-től az autonóm irányítású Boeing ScanEagle-eket is alkalmaztak elsősorban nappali bevetésekben, mivel kiválóan megfeleltek a legszélsőségesebb időjárási körülmények között történő repülésre is [45].

2005 júliusától a Brit haderő az USAF-tól „kölcsonbe kapott” Predatorokkal folytatott felderítő műveleteket Irak felett, 12 órás periódusokban. Afganisztánban a haderő már több saját eszközzel is támogatja az ISAF missziót, mint a Black Hornet nano- és a Tarantula Hawk (1.35. kép) mini felderítő UAV helikopterek, a kisméretű kézi indítású Desert Hawk, az izraeli gyártású Hermes-450 nagyméretű UAV és a világ jelenleg legveszélyesebb fegyveres drónja a Reaper.



1.35. kép A Black Hornet⁶⁷ és a Tarantula Hawk UAV-k⁶⁸

Az Olasz Légierő 4 darab saját, MQ-1-es Predatorával folytatott felderítő és hírszerző műveleteket Afganisztánban, melyek 2012 augusztusában sikeresen befejezték 1000. küldetésüket, ezzel több, mint 9000 órát repülve a Nemzetközi Biztonsági Közreműködő Erők érdekében. A négy Predatoron kívül az olasz kontingens további 2 darab fegyvertelen Reaper-t is üzemeltetett a térségben.

⁶⁷ Forrás: http://zapatopi.net/blog/pd-100_prs_soldier_2011.jpg (2015.07.21)

⁶⁸ Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Flicker_-_The_U.S._Army_-_Class_I_UAV_Block_0.jpg (2015.07.21)

Az ISAF misszióban részt vevő Németország saját gyártású és jól bevált Luna típusú UAV-it használta, elsősorban az erők megóvása céljából végrehajtott feladatokban, katonai objektumok és nagy értékű eszközök megfigyelésével.

Napjaink aszimmetrikus hadviselésében felértékelődtek a kisméretű, olcsó, kézből indítható, aegység szinten alkalmazható UAV-k, különösen a szárazföldi haderőnél és a tengerészgyalogságnál. Ezeket kiválóan lehet alkalmazni a megváltozott körülmények között megvívandó városi harcokban is, mivel a drónok elektromos meghajtásuknak köszönhetően csendesek, könnyen hordozhatók, akár egy laptop kezelőfelületéről is irányíthatók [15].

Hasznos terhelésük EO vagy IR kamera, melyek képei valós időben juttatják el a kezelőikhez. A felhasználásuknál figyelembe kell venni, hogy az alkalmazási magasságukban romlik a látás alapján történő tájékozódás lehetősége, a műveleti területre jellemző rossz látási körülmények, a por, az alacsonyan lebegő homok, a tüzek és füst miatt. Ezek korlátozzák a célok időbeni felderítését, rontják az összeütközések elkerülésének lehetőségét.

Napjainkban az UAV fegyveres alkalmazásának legfontosabb színtere az afganisztáni-pakisztáni határvidék, az al-Kaida és a tálibok rejtékhelyei. Az USA drónjaival ezen kívül Jemenben és Szomáliában is üldözi a terroristákat, az általuk végrehajtott támadások áldozatainak pontos számát nehéz megbecsülni. A New America Foundation nevű kutatóintézet kimutatása szerint George W. Bush elnöksége idején mintegy 52 drón támadásra került sor, 2013-ra ez a szám 350-re nőtt, azaz Obama hétszer annyi támadást hagyott jóvá ilyen eszközökkel, mint elődje [34]. A kimutatásokból látható, hogy 2004 óta csak Pakisztánban 3300-an haltak meg felfegyverzett katonai robotrepülőgép bevetések következtében. Washington szerint ezek közül azonban viszonylag kevés volt a civil áldozat. Az alapítvány ezzel szemben úgy véli, hogy a polgári halálos áldozatok aránya 2004 óta átlagosan megközelítette a 20%-ot, bár az utóbbi években lényegesen csökkent a polgári veszteség.

Az Egyesült Államok a támadások szükségességét a terrorizmussal magyarázza és az ellene folyó harc részének tekinti. Jogvédő csoportok élesen bírálják az előzetes eljárás lefolytatása nélküli célzott „kivégzéseket”. Pakisztánban a lakosság a civil áldozatok miatt határozottan elutasítja ezeket a műveleteket, a kormányzat viszont eltűri azt, bár hivatalosan állásfoglalásában a szuverenitása megsértésének tartja. Az UAV támadások számát csak megbecsülni lehet, mivel hivatalos adatokat a washingtoni kormány nem közöl. Ezért is nevezik „titkos drón háborúnak” az USA terrorizmus elleni külföldön folyó harcát.

1.11 MAGYAR UAV FEJLESZTÉSEK

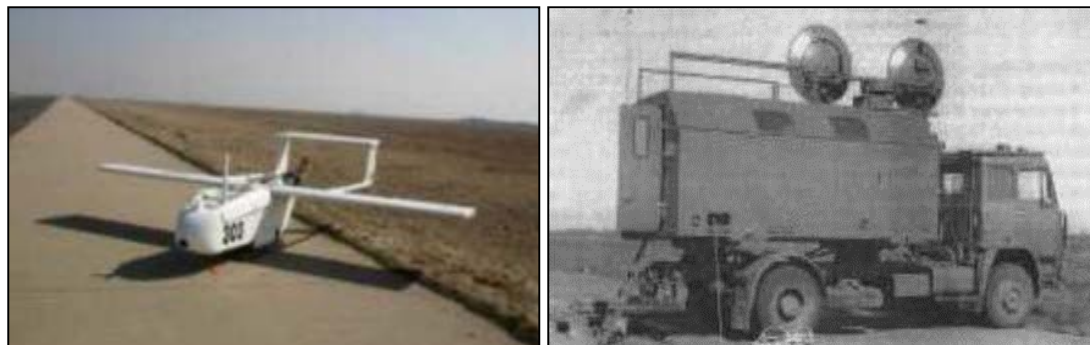
Nem lenne teljes e fejezet, ha röviden nem tennék említést a pilóta nélküli légi járművek magyar vonatkozású kutatásairól, fejlesztéseiről.

E terület magyarországi története a korábbi Haditechnikai Intézet Szojka III. (1.36. kép) nevű fejlesztési projektjéhez köthető. A többcélú, kisméretű, pilóta nélküli repülőgép komplexumot a Cseh Köztársasággal folyó hadiipari kooperáció keretében fejlesztették [12]. A projekt során a cseh partner szállította a sárkányt és a repülésvezérléshez szükséges szervókat. Az irányító rendszer fedélzeti és földi elemei, a navigációs berendezések, az irányító számítógépes munkahely és a fedélzeti hasznos terhek különböző típusai magyar fejlesztésként készültek. A végrehajtott feladatoknak megfelelően több modifikációt is kidolgoztak (a TV-kamerával felszerelt vizuális alapfelderítő – Szojka-III/TV, a sugárfelderítő – Szojka-III/G, a rádiólokációs – Szojka-III/RT, a rádió-felderítő és zavaró – Szojka-III/RA, a nagy érzékenységű vizuális felderítő – Szojka-

III/VTV és az infra kamerás vizuális felderítő – Szojka–III/IK). A rendszer magába foglalta az UAV-t, a földi irányítóállomást, az indítóállványt, a szállítókonténert valamint a kutató gépkocsit.

A repülőgép maximálisan 3,5 órát repülhetett. A repülési magassága 50-től maximum 3000 méterig terjedt, legnagyobb sebessége 220 km/h volt. A drón teljes tömege 145 kg, a hasznos terhelhetősége maximum 20 kg lehetett. Az UAV TV-kamera segítségével hajtotta végre a terep felderítését, melynek képét valós időben továbbította a földi irányító állomásra, ahol megtörtént azok feldolgozása. Az eszköz kézi, félautomata és automata üzemmódokon repülhetett.

A repülőgépet és a hasznos terhet a kezelő személy a fedélzeti irányítórendszeren keresztül közvetlenül, vagy a repülés előtt betáplált program segítségével irányíthatta.



1.36. kép Korabeli képek a Szojka pilóta nélküli repülőgépről és a magyar fejlesztésű földi irányító állomásról⁶⁹

A program lehetővé tette négy UAV egyidejű irányítását úgy, hogy három előre beprogramozott útvonalon, egy pedig a kezelő irányításával repült. A felszállás katapultos indítóállvánnyal, a leszállás pedig ejtőernyővel, vagy a csúszó talpra történt. A rádiórendszer biztosította a repülőgép irányítását szolgáló információk kisugárzását és vételét, a televíziós jelek fedélzetről a földre történő továbbítását, valamint a rádió navigációs rendszer egyik elemét a GPS-vevőt. A repülőgép maximális repülési távolsága – ahol még megbízható híradó összeköttetés még volt – 100 km. A rendszer – a pilóta nélküli repülőgép 600 méteren történő repülés esetén – lehetővé tette 2×4 méter nagyságú célok felismerését. A célkoordináták meghatározási pontossága GPS alkalmazásával 50 méter, a földi navigációs rendszer alkalmazásával 100 méter volt. Az irányítóállomást egy tehergépkocsin helyezték el, amelyben a földi irányítórendszer elemei kerültek elhelyezésre. Közöttük voltak a kezelő kihelyezhető kezelőpultja, a számítógépek és a főbb repülési paraméterek- valamint a digitalizált térkép és a valós időben sugárzott TV képek megjelenítésére szolgáló monitorok, a földi rádió-, rádió navigációs antenna- és a meteorológiai rendszerek. A program alapvető nehézségét mindvégig a repülőgép kedvezőtlen repülési tulajdonságai jelentették, ezen belül is a gyakorlott pilóták számára is mindig kritikus leszállási manőver, amely gyakran végződött géptöréssel. A projektet közös megegyezéssel megszüntették, az eszközöket elosztották a fejlesztők között. A cseh hadsereg azt követően továbbfejlesztette és 2011 decemberéig rendszerbe tartotta a komplexumot [29].

További magyar vonatkozásként mindenképpen meg kell említeni a teljesen hazai fejlesztésű és építésű Denevér (1.37. kép) típusú repülőgépet, amely szintén katonai megbízásra készült a kilencvenes években.

Noha a teszteken sikeresen teljesített, anyagi fedezet hiányában nem arathatott sikert [46]. A Szojka projekt befejezése után 1995. április végén, a Compozit Kft. a Haditechnikai Intézettől megbízást kapott egy megnövelt méretű, nagyobb terhelhetőségi mutatóval rendelkező, kerekes futóművéről önállóan fel- és leszállni képes, „utód” pilóta nélküli felderítő repülőgépgép kifejlesztésére.

⁶⁹ Forrás: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2007_cikkek/kovacs_laszlo_vanya_laszlo.pdf (2015.07.21)

A gép tervezője Vég Pál, a cég főmérnöke és berepülő pilótája, egykor a szolnoki repülőműszaki főiskolán is oktató nyugállományú alezredes volt. A megbízás az új eszköz tervezésére és annak 1:1 méretarányban készülő makettjének megépítésére szólt. A tervező továbbgondolta a feladatot, és mivel egy makett építése sem olcsó dolog, mindjárt a végleges, a repülőképes eszköz megépítésébe fogott. A prototípus tervezésével kezdődött a munka, mely során a legapróbb részletekig kidolgoztak mindent. A számítások, a rajzok és az építési technológia kimunkálása, az anyag és a motor beszerzése, valamint az emberek felkészítése mindösszesen csak három hónapig tartott.

Augusztusban kezdődött el az építés, a gyártás során Burt Rutan amerikai repülőgépkonstruktőr neve által fémjelzett, „pozitív kompozit” technológiát alkalmaztak. A munka hatalmas tempóban folyt, az egyes részeken dolgozó szakemberek idő hiányában vakon követték a tervező utasításait és csak akkor látták, hogyan is néz ki a gép, amikor a főmérnök irányításával azt először összerakták. 1995. november végére elkészült a prototípus, amelynek a bemutató repülését november 28-ára tűzték ki.



1.37. kép A Denevér a betonon 1995-ben, még átlátszó fülketetővel⁷⁰

Ez előtt a Csákvár melletti repülőtéren, Vég Pál végrehajtotta az első felszállást. A korszerű, 90 lóerős motorral felszerelt, 430 kg felszálló tömegű repülőgép, elméletileg 50–4000 méter repülési magasság és 70–160 kilométer/óra sebességre elérésére volt képes. A berepülések során azonban az óránkénti 280 km/h sebességet is elérte.

A bemutatón megjelent tábormokok elképedtek, amikor Vég Pál a repülőgép bemutatása után beszállt a hasznos teher helyén kialakított ideiglenes pilótafülkébe és felszállt. A résztvevők igen elcsodálóztak, hogy a Szojkánál megszokott 130–150 km/h helyett a gép végsebessége elérte a 280 km/h-t. A felszállást, néhány nagysebességű áthúzás követte, ami után intenzíven emelkedett a repülőgép. A sikeres bemutató programot mintaszerű leszállás zárta.

A szerződés értelmében a Honvédség kifizette a Kft-nek a megbízási összeget, de további megrendelést nem adott, a beruházást kihúzták a HM költségvetéséből. Egy másik szerződés értelmében 1996 őszéig Székesfehérváron tárolták a Denevért, ami alatt – engedéllyel – Vég Pál mintegy 28 órát repült még vele. „Ez volt az igazi ajándék a hónapokig tartó megfeszített munkáért. Csodálatosan repült, manőverezett a kis gép.” nyilatkozta később a tervező. Ezután a repülőgépet és a teljes dokumentációt elszállították a Haditechnikai Intézetbe, ahol 2011 végéig tárolták.

Az újszerű konfigurációjú légijármű egyetlen megépült példánya jelenleg méltó körülmények között a Szolnoki Repülőmúzeumban (1.38. kép) található.

⁷⁰ Forrás: http://www.repulomuzeum.hu/Sztori/Denever/Denev%C3%A9r_w.jpg (2015.07.21)



1.38. kép A kiállított Denevér a szolnoki Repülőmúzeumban⁷¹

Az Aero-Target Bt. és jogelődje az Aero-Meat Kft. 1999 óta fejleszti, üzemelteti és gyártja a Magyar Honvédség részére a Meteor-3 célrepülőgép családot. Ezek a gépek elsősorban a földi légvédelmi erők személyi állományának kiképzésére szolgálnak, valódi repülőgépeket célként szimulálva gyakorló rakétalövészeteken. Az első gyártmány a Meteor-1 (1.39. kép) volt. A 2005-ben a gyártás és üzemeltetése terén többéves tapasztalattal és referenciával rendelkező cég elnyerte a Magyar Honvédség célrepülőgépeinek korszerűsítésére kiírt pályázatot [24]. A tapasztalatok alapján teljesen új alapokra helyezték a légijárművek pályakialakításainak elveit, valamint létrehozták számukra az új, modernizált technikai specifikációt és követelményrendszert.

A Meteor-3R kísérleti példányával 2004. december 28-án végzett sikeres tesztrepülés tette lehetővé az alacsony költségű, teljesen magyar gyártású célanyag szolgáltatását. A repülőgép képes automatikus pályakövetésre, bár sebessége maximálisan csak 140 km/h, de repülési ideje akár 40 perc is lehet, hatósugara maximum 40–60 km.

Hasznos terhelhetősége az üzemanyaggal együtt 4 kg, maximális repülési magassága 3000 méter. Maximum 4 db piropatront szállíthatott, de ezek egy része lecserélhető füstgyertyára. Ellátható 6 km hatótávolságú rádiótelemetriával is. Szállíthat továbbá egy 180 mm-es Luneberg lencsét, megnövelve a repülőgép radarvisszaverő keresztmetszetét.

A rakéta közelségi gyújtója számára az UAV felülete több helyen is lézer visszaverő fóliával borított. A 2,7 méter szárnyfesztávolságú, 1,8 méter hosszú, 11 kg üres tömegű repülőgépet, 30 cm³-es, belsőégésű motor hajtja. Felszállása csörlős katapult segítségével, míg a leszállása különleges megerősített csúszó talpra történik. A célgép alacsony sebessége sajnos csökkenti a hitelességét, ezért a gyártó egy jóval nagyobb sebességű célrepülőgép fejlesztését kezdte meg.

A korábbi Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem volt Elektronikai hadviselés tanszéke, mint a H-AEROBOT kutatócsoport⁷² alapítója, az elmúlt közel egy évtizedben számos fejlesztővel és gyártóval intenzív K+F tevékenységet folytatott a robotika, ezen belül kiemelten az UAV-k alkalmazásának kérdéseiben. A kutatócsoportot Dr. Makkay Imre professzor alapította azzal a céllal, hogy megfelelő válaszokat adjanak a hadseregekkel szemben támasztott XXI. századi kihívásokra. A kutatók feladatuknak tekintették a fejlesztés, a gyártás és a személyi felkészítés irányainak meghatározását, amelyeket a felsőoktatás, a tudományos kutatás és a technikai korszerűsítés kiemelt területeiként kezeltek [26]. A lépcsőzetes kutató-fejlesztő munkával, a szellemi és anyagi erők megfelelő koncentrálásával azt a célt tűzték ki, hogy teljes körű megoldásokkal szolgáljanak a pilóta nélküli repülőgépek hazai alkalmazásához. A fő kutatási irányok

⁷¹ Forrás: <http://repulnijo.hu/wp-content/uploads/2012/01/denev%C3%A9r.jpg> (2015.07.21)

⁷² Tagjai: ZMNE Elektronikai hadviselés tanszék, Aero-Target Bt., Sósballon Kft., Hungarian Aircraft Kft., HM Technológiai Hivatal, HM EI Rt.

közé tartozott az UAV-k sárkány-, hajtómű-, fedélzeti szenzor illetve hasznos terhei, az irányító és navigációs berendezések, a robotpilóták kutatása, fejlesztése.



1.39. kép A Meteor-1 az indító katapulton⁷³



1.40. kép Lövészet előtt Meteor-3M UAV-k⁷⁴

Kutatásaik kiterjedtek a katonai- és a polgári feladatokban való alkalmazás és üzemelés követelményeinek és szabályainak kidolgozására is. Az elméleti kutatásokat kísérleti repülések követték, melyek során a hasznos terhek alkalmazhatóságát is tesztelték.

A megszerezett eredményeket folyamatosan rögzítették, azokból tudományos következtetéseket vontak le, illetve a további eredmények elérése érdekében felhasználták. A K+F munka eredményeként közel 15 merev-, illetve forgószárnyas pilóta nélküli repülőgép prototípusa készült el, melyek közül néhány az előző képen látható. A programban résztvevők közül többen komoly szakmai sikerhez is jutottak a gyakorlati megvalósításokban.

Az Aero-Target Bt. tagja, Koncz Miklós Tamás doktorandusz által tervezett és megépített fedélzeti robotpilóta egység vezeti azokat a Meteor-3 célrepülőgépeket, amelyeket a 12. légvédelmi rakétadandár alkalmaz célrepülőgépként (1.41.–1.43. kép).



1.41. kép MGR-10 UAV⁷⁵



1.42. kép MGR-45 UAV⁷⁶



1.43. kép MGR-6 UAV⁷⁷

Ugyancsak ehhez a kutatási vonalhoz kapcsolódik az a magyar fejlesztés is, amely Szendrő város hivatásos tűzoltóságához köthető (1.44. kép). 2006. augusztus 14-én, a világon elsőként itt alkalmaztak tűzfelderítésre kisméretű UAV-t. A több éves kutatásnak, az abban dolgozó oktatóknak, vállalkozásoknak, doktoranduszoknak, közöttük Restás Ágoston tűzoltó alezredesnek, nem kis részük volt abban, hogy az első tűzfelderítő repülőgépek itt állhattak szolgálatba [40].

A K+F-t folytató csoport tevékenysége napjainkra sem állt le, újabb és újabb szakemberek, fiatal kutatók, oktatók és hallgatók kapnak szerepet a fejlesztésekben, ahogyan erről és az általuk elért eredményekről a könyv Bevezető fejezetében bővebben olvashatunk.

⁷³ Forrás: <http://users.atw.hu/aerotarget/Ustka/Meteor-1/Ustka%20182.jpg> (2015.07.21)

⁷⁴ Forrás: <http://m.cdn.blog.hu/ai/airbase/image/2013-Vegyes/Jutas-Meteor-1.jpg> (2015.07.21)

⁷⁵ Forrás: <http://users.atw.hu/aerotarget/Products/78.gif> (2015.07.21)

⁷⁶ Forrás: <http://users.atw.hu/aerotarget/Products/79.gif> (2015.07.21)

⁷⁷ Forrás: <http://users.atw.hu/aerotarget/Products/75.gif> (2015.07.21)



1.44. kép Szendrői tűzoltóságon rendszerbe állított UAV⁷⁸

2006 decemberében kis hatótávolságú pilótanélküli repülőgép beszerzésére kiírt pályázaton két izraeli és az egy lengyel pályázó közül a Honvédelmi Minisztérium az utóbbit részesítette előnyben. A győztes WB Electronics cég ugyan drágább ajánlatot nyújtott be, mint riválisai, de a gyártó fejlettebb technikai jellemzőkkel rendelkező eszközt ígért [36]. A tervek szerint a SOFAR UAV-t (1.45. kép) az afganisztáni Magyar PRT⁷⁹ kapta volna meg 2007 első félévében. Némi késéssel 2007 júliusában érkeztek meg az eszközök Debrecenbe, ahol augusztusban megkezdődött az állomány kiképzése és a rendszer tesztelése. A tesztelés során azonban olyan problémák merültek fel, amelyek miatt vissza kellett küldeni a rendszert a lengyel szállítónak. Ezzel a SOFAR igen rövid hazai pályafutása véget ért.

A sikertelen projekt után, az izraeli Elbit Systems Ltd. által fejlesztett – a korábbi tenderen is részt vevő – Skylark I LE (1.46. kép) UAV-t választották győztesnek. A beszerzés, kiképzés, tesztelés egymással párhuzamosan, az előző tapasztalatok alapján gördülékenyen zajlott. A rendszer alkalmazására 2009 tavaszán kezdődött el a felkészítés, melyet izraeli szakemberek végeztek hazánkban és Izraelben. A gyakorlati kiképzés a Hajdúhadházi bázison folyt. 2010 elején befejeződött az állomány kiképzése, ezt követően a személyzet három repülőgéppel kiutazott Afganisztánba a Magyar PRT nyolcadik váltásával [36].



1.45. kép SOFAR–250 mini-UAV nyitott fékszárnyakkal a 2007-es kecskeméti reptőlőnapon⁸⁰

A misszióban töltött idő alatt az eszköz fokozatosan beilleszkedett a tartományi újjáépítési csoport rendszerébe. A kezelői állomány nem csak az afganisztáni terep és időjárás sajátosságait tapasztalta meg, hanem a SUAV képességeit és korlátait is, ami elősegítette a rendszer lehető legjobb kihasználtságát.

⁷⁸ Forrás: http://www.zmne.hu/hadmernok/archivum/2006/2/2006_2_vanya5.jpg (2015.07.21)

⁷⁹ Provincial Reconstruction Team – Tartományi újjáépítési csoport

⁸⁰ Forrás: http://m.blog.hu/le/legiero/image/Magyar_legiero/UAV/ZGL_Sofar_KErepnap07_1.jpg (2015.07.21)

A valós idejű légi felderítési igény folyamatos növekedése egyenesen arányos volt a repülések számának és a repülési idő növekedésének. Időközben megoldódott, hogy az UAV videó felvétele azonnal megjelenjen a hadműveleti központban, elérhetővé téve az információt az operatív részleg számára, további segítséget nyújtva a döntéshozónak. A PRT vezetése, valamint a részlegek egyre inkább megszokták és igényelték a felderítő eszközt. A kezdeti általános igények kiszolgálása, valamint az útvonal felderítés a későbbiekre számos, egyéb feladattal egészült ki.



1.46. kép A Skylark I LE által készített felvételek a szeptemberi tüntetésről⁸¹

Egyre többször alkalmazták FOB⁸² feladatokban, CIMIC⁸³ projektek biztosításában, ellenséges tevékenység felderítésében – kiemelten a lesállítás és a valószínűsíthető IED⁸⁴ támadás felkutatása céljából. Mindezek mellett alapfeladatnak mondható a saját erők előtti útvonal felderítés, valamint – a hatótávolságon belüli – konvoj kísérés.

Igazi magyar siker lett a Meteor–3M további fejlesztése a sugárhajtóműves Meteor–3MA (1.47. kép) katonai célrepülőgép története, amely kevesebb, mint két év alatt jutott el a tervezéstől a csapatpróbákig [9]. Esztergomban, a HM EI Zrt. telephelyén készült el az az 5 darab célrepülőgép, amit a Magyar Honvédség 2009 decemberében vehetett át. A három főből álló fejlesztő gárda nevéhez fűződik a sárkányszerkezet optimalizálásától kezdve a fedélzeti elektronikai rendszer kialakításán át a sugárhajtómű beépítéséig az összes munkafolyamat kivitelezése. A nagy precizitású manufakturális módszerekkel megépített gépek közül a kísérletek során csupán egyetlen példány semmisült meg, az is tervezett légi balesetben.



1.47. kép Az új fejlesztésű Meteor–3MA TUAV⁸⁵

⁸¹ Forrás: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-51-Ratonyi_Krisztian_Ferenc.pdf (2015.07.21)

⁸² Forward Operation Base – Előretolt Műveleti Bázis

⁸³ Civil-Military Cooperation – Civil-katonai Együttműködés

⁸⁴ Improvised Explosive Device – Improvizált robbanóeszköz

⁸⁵ Forrás: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-60-Botta_Andras.pdf (2015.07.21)

Az UAV maximum 250 km/h repülési sebességre képes, 30 perc repülési időtartamban, 50 km hatótávolságon belül, 1000–1500 méteres repülési magasságtartományban. Az eszköz az útvonalrepülést automatikusan és kézi vezérléssel is képes végrehajtani. A fel- és leszállás előkészített területről, kézi irányítással történik. A gép radar-visszaverő felületnövelő elem hordozására, és füstképzésre is alkalmas. Az UAV továbbfejlesztése jelenleg is folyik, melynek szándékolt célja a katasztrófavédelem, a tűzoltóság vagy a határrendészet felderítési területein folyó feladatokban való részvétel.

A HM EI Zrt. 2007-ben kezdett felderítő feladatokra is alkalmas drónok fejlesztésébe, melynek célja a Magyar Honvédség igényeinek kiszolgálása volt. A légi jármű család tagjait 2012 őszén mutatták be nyilvánosan. A cég szakemberei a korábbi célrepülőgépek kifejlesztése során felhalmozott tudást a felderítő UAV-k megalkotásában kamatoztatták. A gépeket és annak kiszolgáló egységeket kizárólag magyar szakemberek munkájával, hazai alapanyagok és szoftverek felhasználásával készítették [36]. A kisebb, az ultrakönnnyű Bora (1.48. kép) kézből indítható.



1.48. kép A BORA fantázia nevű Mini-UAV86

A lényegesen nehezebb Ikran (1.49. kép) toló légcsonkát két különböző erőforrás működteti, egyik elektromos-, a másik pedig egy benzinmotor. Az utóbbival hosszabb ideig képes levegőben tartózkodni, ez alatt akár 15–20 kilométert is megtehet. A szárnyvégek speciális kialakítása jelentősen lecsökkentette az Ikran fel- és leszálló úthosszát, a beépített szenzorok pedig 60–70%-al biztosabbá teszik a leszállást.



1.49. kép A benzinmotoros Ikran⁸⁷

⁸⁶ Forrás: <http://www.janes.com/images/assets/269/23269/p1455325.jpg> (2015.07.21)

Az elektromos meghajtású Bora stabil menettulajdonságokkal rendelkezik, így fotó-felderítési feladatokra kiválóan alkalmas. A hordozókat különböző EO/IR szenzorokkal lehet felszerelni.

Mindkét UAV aljába három szabadságfokú, mozgatható, kamerarendszert építettek. Az Ikran a beérkező képek alapján azonosíthatja az objektumokat, tereptárgyakat és személyeket. A rendszerhez egy mozgó vezetési pont (1.50. kép) is tartozik, ahonnan egy időben három légi jármű irányítható. E munkahelyek mindegyike kétmonitoros, a felsőn az UAV-k felderítő kamerájának képe-, az alsón az útvonalpontokkal kijelölt repülési szakasz 2D-s, vagy 3D-s képe jeleníthető meg. Az operátorok egy kisméretű botkormányval közvetlenül is irányíthatják a repülőgépet, de a repülés általában autonóm módon, előre programozott útvonalon történik.

A katonai alkalmazáson túl ezek az eszközök a civil életben is sokoldalúan felhasználhatók a térképészet, a geodézia, a mezőgazdaság vagy az erdészet, de akár a katasztrófavédelemben, olyan területeken, amelyek nem közelíthetők meg másképpen csak a levegőből.



1.50. kép Mozgó vezetési pont (MRVP)⁸⁸

Polgári célú UAV rendszer kifejlesztését tűzte ki célul a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. vezetésével a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mobil Innovációs Központja és az Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Kara részvételével 2008-ban létrejött konzorcium [22]. A projekttervben egy maximum 12 kg felszálló tömegű, 3 kg hasznos teher hordozására alkalmas, elektromos meghajtású, nagy megbízhatóságú kommunikációs rendszerrel ellátott, élő rádiókapcsolattal 15–20 km-es hatósugárral rendelkező UAV kifejlesztése volt a cél (1.51. kép).

További elvárás volt, hogy a repülőgép minimum 1 óra repülési időtartamban, 60–100 km/h repülési sebességgel és maximum 1000 m repülési magasságon tudjon repülni. Hasznos teherként stabilizált platformon működő, színes, éjjel-nappali kamerát illetve hő kamerát hordozzon. A fejlesztés első fázisa után bebizonyosodott, hogy a 12 kg felszálló tömeg nem elégséges, ezért ezt később 17 kg-ra növelték. Az 1000 m-es repülési magasságot, valamint az egy órás repülési időtartamot a repülőgép a tesztek során jóval túlteljesítette, magasságban elérte a 4000 métert és stabilan tudta tartani az 1,5 óra repülési időtartamot [3].

Az UAV felszállása történhet futóműről kézi indítással, katapultról robotpilótával vagy csörlő

⁸⁷ Forrás: <http://aktiv.origo.hu/i/1209/20120924-honvedelmi-miniszterium-robotrepulogepe-dron-a.jpg> (2015.07.21)

⁸⁸ Forrás: http://m.blog.hu/le/legiero/image/Magyar_legiero/UAV/121105_Ujdorogd_UAV/121105_Ujmajor_MRVP_2.jpg (2015.07.21)

segítségével. A repülés előre meghatározott GPS koordináták szerint robotpilótával történik, de szükség esetén át lehet térni kézi vezérlésre is. A leszállást általában manuálisan végzik, de fejlesztések folynak egy 6×10 méteres elfogó hálózattal történő, automatikus visszaérkezést biztosító rendszerrel is. Az UAV távvezérlése kétirányú mikrohullámú kapcsolaton keresztül valósul meg, ami GPS vezérelt gépkövető földi adóból és fedélzeti egységből áll. A virtuális pilótafülke képernyője több nézettel rendelkezik, alkalmas a legfontosabb rendszerek és repülési adatok, valamint a drón aktuális pozíciójának vizuális ábrázolására és egyben a fedélzeti kameraképek valamelyikének megjelenítésére. A földi felügyeleti szoftver és a kommunikáció lehetővé teszi, hogy a fedélzeti számítógépbe előre feltöltött útvonaltervet repülés közben tetszőlegesen módosítsák [22].



1.51. kép A BHE bemutatkozása a 2013-as Pilóta nélküli rendszerek konferencián⁸⁹

A sárkány szénszálas és üvegszálas kompozit anyagból készül. A repülőgép szárny mögötti toló légszárjáját elektromotor hajtja. A sárkányból két verzió készült, először egy könnyebb, kb. 12 kg tömegű, amelynek az orr részében vízszintes tengelyű kamerát helyeztek el. A második (nagyobb tömegű) változatban a kamerát a gép súlypontja közelében függőleges kitekintéssel helyezték el. Ennél a verziónál – igény esetén – a törzsbe vészajtóernyő beépítésére is lehetőség van.

A kamerastabilizáló platformot úgy alakították ki, hogy az mindkét kamerát befogadhassa, és azok viszonylag egyszerűen cserélhetőek legyenek. A kommunikációs rész egy rendkívül robusztus, a modulációs módszerből adódóan nagyon megbízható megoldást, a CHIRP modulációt választotta mindkét irányú adatátvitelre.

A fejlesztés eredményeként egy különösebb infrastruktúrát nem igénylő, olcsón üzemeltethető, széleskörű polgári, katasztrófa-elhárítási, kutatás-mentési feladatokra használható, a mini kategóriába tartozó UAV rendszer prototípusát hozták létre. A magas szintű fedélzeti és központi-vezérlő intelligencia lehetővé teszi a konstrukció teljesen automatizált működését, melynek következtében a felhasználók köre sokkal szélesebb lehet, mint más, hasonló repülőeszközöké.

1.12 BEFEJEZÉS

Mint előzőekben olvashattuk, a pilóta nélküli repülés története, szorosan kapcsolódik a katonai alkalmazásokhoz, fejlesztésekhez. Mindezekből az is megállapítható, hogy a katonai szembenállás, a kiobbant háborúk és a fegyveres konfliktusok voltak azok a mozgatórugók, amelyek nagymértékben előlendítették a robotrepülőgépekkel kapcsolatos kutatásokat és fejlesztéseket.

⁸⁹ Forrás: http://legikozlekedes.hm.gov.hu/images/130328_BP_UAV_konf_4.jpg (2015.07.21)

A 1. fejezetből kitűnik, hogy a pilóta nélküli repülőgépeket eddigi három különböző fejlesztési irány jellemezte:

- fegyverként alkalmazva, különféle pusztító eszközöket szereltek rá, helyeztek el benne és azok segítségével kívánták rombolni, pusztítani a szembenálló fél erőit és eszközeit;
- célrepülőgépként hasznosítva a légvédelmi erők békeidős kiképzését biztosította, élet-szerű körülményeket nyújtva számukra;
- rajta különféle szenzorokat elhelyezve alkalmassá tették, a levegőből történő információszerezésre és továbbításra, elősegítve ezzel a különböző vezetési szinteken a meg-alapozott döntések meghozatalát.

Természetesen ezek a fejlesztési irányok időben átfedték egymást, napjainkban mind a három terület egyúttal létezik, közösen fejlődik, ahogyan ez a könyv további néhány fejezetéből még kiderül.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Andreas Parsch: Directory of U.S. Military Rockets and Missiles, June 2009, <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/index.html>
- [2] Anna Farahmand and Michael Webber: Anti-aircraft mine & Intercontinental launching balloon bomb through jet stream, Feb 2012, <http://www.scribd.com/doc/80947528/Anti-Aircraft-Mine-Intercontinental-Launching-Balloon-Bombs-Through-Jet-Stream-Fire-balloon-Japanese-Balloon-Bombs-Terrorist-Handbook-on-a-wind-and>
- [3] Bonn Hungary: UNMANNED AERIAL SYSTEM (Complete Solution), 2013, http://www.bhe-mw.eu/sites/default/files/brochures/BHE_Unmanned_Aerial_System.pdf
- [4] Chief of Naval Operations: The United States Navy In "Desert Shield" / "Desert Storm", Washington, Ser OO/IU500179, <http://www.history.navy.mil/research/library/online-reading-room/title-list-alphabetically/u/us-navy-in-desert-shield-desert-storm.html>
- [5] Christopher A. Jones: Unmanned aerial vehicles (UAVS) an assessment of historical operations and future possibilities, The Research Department Air Command and Staff College, <http://www.fas.org/irp/program/collect/docs/97-0230D.pdf>
- [6] Clark, Richard M.: Uninhabited Combat Aerial Vehicles, Air University Press: Maxwell Air Force Base, Alabama, 2000, ISBN 1-58566-083-3, <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA382577>
- [7] DARO: UAV Annual Report FY 1996, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a321302.pdf>
- [8] DARO: UAV Annual Report, November 1997, www.fas.org/irp/agency/daro/uav97/toc.html
- [9] Deák Gábor József: Csapatpróbára ment a magyar kémrepülőgép, Magyar Hírlap, 2010. december 21., http://www.magyarhirlap.hu/tudomany/csataprobara_ment_a_magyar_kemrepulogep.html
- [10] DoD: Report to Congress, Kosovo/Operation Allied Force After-Action Report, January, 2000, <http://documents.blackvault.com/documents/dod/readingroom/2/960.pdf>
- [11] Easton, Ian M.- Hsiao, L.C. Russell: The Chinese People's Liberation Army's Unmanned Aerial Vehicle Project: Organizational Capacities and Operational Capabilities, tanulmány, http://project2049.net/documents/uav_easton_hsiao.pdf
- [12] Furján Attila: Szojka III/TV A több célú, kisméretű pilóta nélküli repülőgépkomplexum. In: Új Honvédségi Szemle 1998/1.
- [13] Goebel, Greg: [3.0] The Lightning Bug Reconnaissance Drones, v1.2.0 / 3 of 16 / 01 jan 03 / greg goebel / public domain, <http://craymond.no-ip.info/awk/twuav3.html#m1>
- [14] Goebel, Greg: [1.0] US Target Drones, <http://craymond.no-ip.info/awk/twuav1.html#m1>
- [15] Goodman, Glenn W. UAV Systems Gain Combat Experience in the Middle East & Southwest Asia, http://uvs-info.com/phocadownload/05_3f_2006/115-119_USA_Deployments.pdf
- [16] Howard, Stephen P.: Special operations forces and unmanned aerial vehicles: sooner or later?, Air University, Maxwell AFB Alabama, June 1995, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a391264.pdf>
- [17] Israel Aerospace Industries: http://www.iai.co.il/2013/18900-en/BusinessAreas_UnmannedAirSystems_HeronFamily.aspx

- [18] Jakus János: A NATO légierő csapásai Jugoszláviára 1999, Bolyai Szemle 2005. XIV. évfolyam 2. szám, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2005/hadmuv0201_2005.html
- [19] D R. Dixon: UA VEmployment in Kosovo: Lessonsfor the Operational Commander, Naval War College, Newport, RI, February 2000, <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA378573>
- [20] Jones, Christopher: A.: Unmanned aerial vehicles (UAVS) an assessment of historical operations and future possibilities, USAF The Research Department Air Command and Staff College, 1997, <http://www.fas.org/irp/program/collect/docs/97-0230D.pdf>
- [21] Kántor Rezső: Pilóta nélküli felderítő és harci légi járművek, Új Honvédségi Szemle, 2004/7
- [22] Kazi Károly: Magyar fejlesztésű, teljesen automatizált UAV rendszer, Repüléstudományi Közlemények, XXIV. évf.olyam, 2102.2. különszám, 999-1013, http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf
- [23] Kirk M. Kloeppel: The Military Utility of German Rocketry During World, Air Command and Staff College Maxwell AFB, March 1997, <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA397897&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>
- [24] Koncz Miklós Tamás: Automatikus irányítású célrepülőgépek pályatervezése, Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2006, http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2006_cikkek/koncz_miklos_tamas.pdf
- [25] Kovács Béla: Izraeli felderítő robotrepülőgépek, Haditechnika, 1983/2
- [26] Kovács László-Ványa László: Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon, Hadtudomány, XVII. évfolyam 2. szám, 2007. június, http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2007/2/2007_2_5.html
- [27] Kun Ádám: Pilóta nélküli légi járművek fejlődésének főbb állomásai harci alkalmazásuk, Szakdolgozat, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Szolnok, 2013
- [28] Benjamin M. Ernst: Memories of the 4080th Strategic Reconnaissance Wing at Laughlin, <http://www.laughlin.af.mil/news/story.asp?id=123342062>
- [29] MoD&AF of Czech Republic: History: SOJKA III, <http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=6312>
- [30] Monash University: Reginald Denny (1891–1967) The "Dennyplane" www.ctie.monash.edu.au/hargrave/dennyplane.html
- [31] Monash University: The Radioplane Target Drone RP-1, 2 and 3, http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_radioplane.html
OQ-3 / TDD-2 and OQ-14 / TDD-3, http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_radioplane4.html
- [32] Monash University: Remote Piloted Aerial Vehicles : An Anthology, http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html#Beginnings
- [33] Owen Barnes: Air Power UAVs: The Wider Context, Air Media Centre, HQ Air Command and printed by AIDU, RAF Northolt, 2009, ISBN 978-0-9552189-5-8
- [34] Peter Bergen: Drone Wars, The Constitutional and Counterterrorism Implications of Targeted Killing, New America Foundation, April 23, 2013, Washington, <https://www.hsdl.org/?view&did=736523>
- [35] Pike, John: Pioneer Short Range (SR) UAV, Federation of American Scientists www.fas.org/irp/program/collect/pioneer.htm
- [36] Rátónyi Krisztián Ferenc: Pilótánélküli felderítő repülő a Magyar Honvédségben, Repüléstudományi Közlemények 2013. 2. szám a Repüléstudományi Konferencia 2013 különszáma 2011. április 11., http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-51-Ratonyi_Krisztian_Ferenc.pdf
- [37] Rodman, David: Unmanned Aircraft in the Israel Air Force, tanulmány, https://wikileaks.org/gifiles/attach/32/32409_Unmanned%20Aerial%20Vehicles%20in%20Service%20of%20Israel%20Air%20Force.pdf (2013.03.19)
- [38] S. Tsach - J. Chemla - D. Penn – D. Budianu: History of UAV development in IAI & road ahead, 24th International Congress of the Aeronautical Sciences, Yokohama, Japan 2004, http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2004/PAPERS/519.PDF
- [39] Saw Wife and Five Children Killed by Jap Balloon Bomb, The Seattle Times, June 1, 1945, <http://www.stelzriede.com/ms/html/sub/mshwfug2.htm>
-

- [40] SecuriFocus: Hírek | Tűzvédelem, 2006. augusztus 15
http://www.securifocus.com/portal.php?pagename=hir_obs_reszlet&&i=14199
- [41] Steven J Zaloga: Unmanned Aerial Vehicles Robotic Air Warfare 1917-2007, Osprey Publishing, 2008, ISBN: 978 1 84603 243 1
- [42] Thomas P. Ehrhard: Air Force UAVs The Secret History, The Mitchell Institute for Airpower Studies, Arlington, VA, 2010, <https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AFA/6379b747-7730-4f82-9b45-a1c80d6c8fdb/UploadedImages/Mitchell%20Publications/Air%20Force%20UAVs.pdf>
- [43] Tice, Brian P.: Unmanned Aerial Vehicles: the force multiplier of the 1990s, Airpower Journal – Spring 1991, www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/apj/4spr91.html
- [44] John David Blom Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective, Occasional paper; 37, Combat Studies Institute Press, US Army Combined Arms Center, Fort Leavenworth, Kansas, <http://usacac.army.mil/cac2/cgsc/carl/download/csipubs/OP37.pdf>
- [45] USA DOD: UAV Roadmap 2002–2027,
https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/111759main_DoD_UAV_Roadmap_2003.pdf
- [46] Vég Pál: A Denevér rövid története, <http://www.repulomuzeum.hu/Sztori/Denever/Denever.htm>
- [47] Wagner Tamás: A pilóta nélküli rendszerek alkalmazása a katonai műveletek felderítő támogatásában, Diplomamunka, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013
- [48] Werrell, Kenneth P.: The Evolution of the Cruise Missile, Air University Press, Maxwell AFB, Alabama, September 1985,
http://aupress.maxwell.af.mil/digital/pdf/book/b_0006_werrell_evolution_cruise_missile.pdf
- [49] Jane's: Predator 107 soars past 20,000 flight hours, <https://archive.is/e1Aq1>

2

PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK JELLEMZÉSE, OSZTÁLYOZÁSUK

A jelentős haderővel rendelkező országokban középpontba kerültek a pilóta nélküli repülőeszközök az eltelt évek során, katonai kutatások irányulnak rá. A XXI. század változó hadi kihívásai miatt szükség van az UAV eszközök fejlődésére. A pilóta nélküli légijárművek (UAV – Unmanned Air Vehicle) sárkányszerkezeti megoldásai „színesebbek” mint a pilóták által vezetett gépeké, ami azzal magyarázható, hogy a nem szokványos megoldások is jóval kisebb anyagi kockázattal próbálhatók ki. Az UAV-k sárkányszerkezete is kisebb és a tervezők sem annyira elfogultak az egyes megoldásokat illetően. A fel- és leszállás módja szerint három csoportba sorolhatók: vízszintesen felszálló (Horizontal Take Off and Landing – HTOL), függőlegesen felszálló (Vertical Take Off and Landing – VTOL), és ezek kombinációja. A fejezet célja a HTOL típusok jellemzőinek ismertetése, az alkalmazási lehetőségek és korlátozások bemutatása.

2.1 BEVEZETÉS

Napjainkra a személyzet által vezetett légijárművek mellett már nagy számban megjelentek az olyan repülőeszközök is, amelyek az ember fedélzeti jelenléte nélkül, autonóm módon képesek repülni. Merev és forgószárnyas pilóta nélküli repülőgépeket évtizedek óta nagy számban, számos változatban fejlesztenek, alkalmaznak, néhány dkg-tól, tíz tonnát meghaladó felszálló tömegig. Ezeket olyan feladatokhoz is használhatják, amelyek túl veszélyesek ahhoz, hogy emberi életet kockáztassanak, éppen ezért elsősorban a katonai repülésben jutottak szerephez.

2.2 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ KATEGORIÁK

Az UAV-k kategorizálásának célja általában az, hogy valamilyen kritériumok szerint rendezett és egységes képet nyújtson a további vizsgálatokhoz. Mivel a pilóta nélküli repülőgépek széles körű feladatellátásra alkalmasak, egységes szempontok alapján való osztályozásukat nehéz elkészíteni, amit még tovább bonyolít, hogy egyre nagyobb törekvés mutatkozik a többfunkciós alkalmazásukra is. A jelenleg ismert és rendszerben álló UAV-k közel 80%-ban katonai felhasználásúak, azonban ezeknek sincs egységesen elfogadott felosztása. Az 2.1. táblázat – az egyik legelterjedtebbet – az US Army által használatos osztályozást mutatja be [1][2].

	Class I UAV	Class II UAV	Class III UAV	Class IV UAV
Szint	szakasz	század	zászlóalj	dandár
Tömeg	2–5 kg	50–75 kg	150–250 kg	>1500 kg
Repülési idő	50 perc	2 óra	6 óra	24 óra
Hatósugár	8 km	16 km	40 km	75 km

2.1. táblázat US Army szerinti UAV osztályozás⁹⁰

⁹⁰ Forrás: Palik Mátyás: Pilóta nélküli légijármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben PhD értekezés, Budapest, 2007. p. 20.

A szakirodalom tanulmányozásakor leggyakrabban az UVSI⁹¹ által használt rendszerrel találkozhatunk. Ebben a non-profit egyesülésben 37 ország, 250 különböző szervezettel vesz részt 5 kontinensen, az ember nélküli járművekkel kapcsolatos kutatásban, fejlesztésben [3]. Az UVSI nagy sikereket ért el az UAS-el⁹² kapcsolatos technológiák és alkalmazási eljárások kimunkálásában, egységesítésében. Az UVSI által felállított osztályozás összefoglalja a civil és a katonai alkalmazásra szánt eszközöket, csak az UAV-k néhány repülési jellemzőjét (hatótávolság, tömeg és repülési magasság, időtartam) veszi figyelembe az alkalmazási szintek mellett. (lásd 2.2. táblázat) [4][5][6][7][8][9][10].

Megnevezés	Rövidítés	Maximális felszálló tömeg (kg)	Hatósugár (km)	Maximális repülési magasság (m)	Repülési időtartam (óra)
HARCÁSZATI					
Nano (NAV)	η	<0,025	<1	100	<1
Micro (MAV)	μ	<5	<10	250	1
Mini	MINI	<30	<10	150–300	<2
Kis hatótávolságú	CR ⁹³	150	10–30	3000	2–4
Rövid hatótávolságú	SR ⁹⁴	200	30–70	3000	3–6
Közepes hatótávolságú	MR ⁹⁵	150–500	70–200	3/5000	6–10
Közepes hatótávolságú megnövelt repülési időtartamú	MRE ⁹⁶	500–1500	>500	5–8000	10–18
Kis repülési magasságú áthatoló	LADP ⁹⁷	350	>250	50–9000	0,5–1
Kis repülési magasságú hosszú repülési időtartamú	LALE ⁹⁸	<30	>500	3000	>24
Közepes repülési magasságú hosszú repülési időtartamú	MALE ⁹⁹	1000–1500	>500	14 000	24–48
STRATÉGIAI					
Nagy repülési magasságú, hosszú repülési időtartamú	HALE ¹⁰⁰	2500–12 500	>2000	15–20 000	24–48
Pilóta nélküli harci légijármű	UCAV ¹⁰¹	10 000	~1500	10 000	~2
SPECIÁLIS FELADATÚ					
Harci	LETH ¹⁰²	250	300	3–4000	3–4
Zavaró	DEC ¹⁰³	250	<500	50–5000	>4

2.2. táblázat Az UVSI szerinti UAV-k osztályozása¹⁰⁴

⁹¹ UVSI – Unmanned Vehicle Systems International

⁹² Unmanned Aerial System (UAS) – Pilóta nélküli légijármű rendszer: A földi irányító rendszer, a személyzet, a légijármű, és a közöttük fennálló adatkapcsolatok összessége.

⁹³ Close-range (CR)

⁹⁴ Short-range (SR)

⁹⁵ Medium-range (MR)

⁹⁶ Medium-range endurance (MRE)

⁹⁷ Low altitude Deep Penetration (LADP)

⁹⁸ Low altitude long-endurance (LALE)

⁹⁹ Medium-altitude, long-endurance (MALE)

¹⁰⁰ High-altitude, long-endurance (HALE)

¹⁰¹ Unmanned (or uninhabited) combat air vehicle (UCAV)

¹⁰² LETHAL

¹⁰³ DECOYS

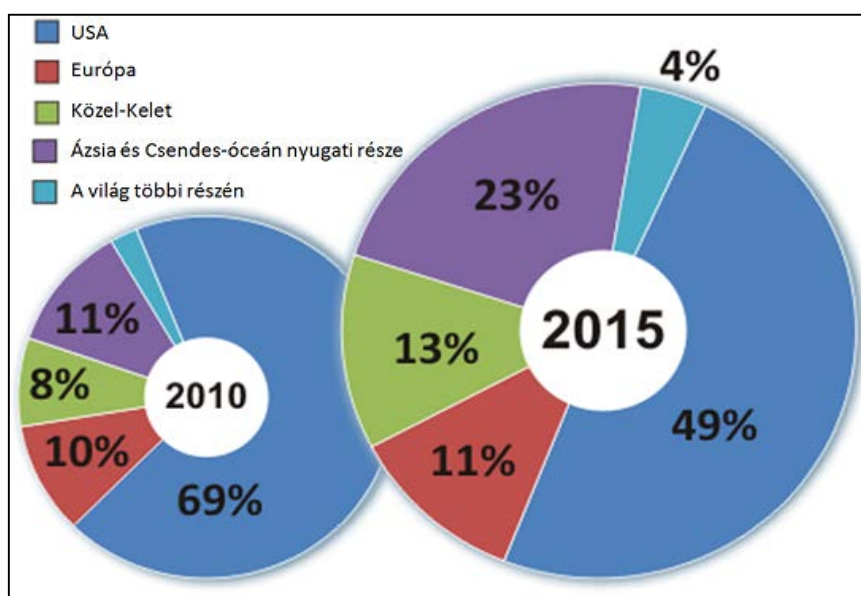
¹⁰⁴ Szerkesztette a szerző (MS Word) Forrás: <http://www.uvs->

[info.com/phocadownload/05_3a_2011/P151_Referenced-Unmanned-Aircraft-Systems.pdf](http://www.uvs-info.com/phocadownload/05_3a_2011/P151_Referenced-Unmanned-Aircraft-Systems.pdf) (2013.04.30)

Kategóriák	Megnevezés	Maximális felszálló tömeg (MTOM ¹⁰⁵)	Repülési magasság		Megjegyzés
I. osztály Merev szárnyú Forgó szárnyú A levegőnél könnyebb	Micro	<1,5/2 kg	<150 m AGL ¹⁰⁶	<500 m	Repülés a vizuálisan érzékelhető horizonthoz viszonyítva ¹⁰⁷
	A csoport	>1,5/2 kg < 7 kg			
	B csoport	>7 kg <25 kg			
	C csoport	>25 kg <150 kg			
II. osztály Merev szárnyú Forgó szárnyú A levegőnél könnyebb	Micro	<1,5/2 kg	>150 m AGL	>500 m	Repülés a horizonton túl
	A csoport	>1,5/2 kg < 7 kg			
	B csoport	>7 kg <25 kg			
	C csoport	>25 kg <150 kg			

2.3. táblázat Könnyű RPA – Nemzeti hatóságok besorolásai alapján¹⁰⁸

Az előző három táblázatban található osztályozás túl általános, csak a repülési jellemzőkre helyezi a hangsúlyt, nem ad elegendő információt az alkalmazással kapcsolatban. Az UAS-ek egyéb tulajdonságainak ismerete fontos a küldetések megtervezéséhez. Hozzá kell tenni, hogy a rendszerek kialakításukban, paramétereikben, alkalmazási elveikben sokfélék lehetnek, különböző képességeket hordoznak, így nehéz őket egységes rendező elvek szerint vizsgálni. Az 2.1. ábrán látható az UAV-k globális beszerzése, földrajzi régióként, valamint a 2010-es és 2015-ben várható százalékos megoszlása [11].

2.1. ábra Pilóta nélküli légi járművek százalékos megoszlása a világban¹⁰⁹¹⁰⁵ Maximum Take-Off Mass¹⁰⁶ Above Ground Level – földfelszín felett¹⁰⁷ Egy előre elhelyezett megfigyelő segítségével¹⁰⁸ Szerkesztette a szerző (MS Word) – Forrás: Peter van Blyenburgh: Light RPAS Page: 19http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/06_van-Blyenburgh_L-RPAS-EuroApproach_120414_V1_b.pdf (2013.05.13.)¹⁰⁹ Forrás: Papp István: Pilóta nélküli légi jármű típusok jellemzése. Repüléstudományi Közlemények 2013. Szolnok, 2013/2 szám. pp. (53-68) HU ISSN 1789-770X http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-04-Papp_Istvan.pdf (2015.06.15)

2.2.1 Pilóta nélküli légi járművek jellemzése, felosztásuk

Az UAV-k szerkezeti felépítése, működése általában közel azonos az ember által vezetett merev és forgószárnyas repülőgépekkel, különbség csak többnyire a méretekben és az irányításukban van. Utóbbi rádió-távvezérléssel (ilyenkor a fedélzeti többszörös vevő és a megfelelő fedélzeti elektronika biztosítja a szervók részére a kormányzáshoz szükséges – földről kapott – elektromos jeleket) és/vagy programvezérléssel (robotpilóta segítségével) történhet. A napjainkban rendszerben álló modern UAV-eket ezen túlmenően a navigációs feladatok nagy pontosságú végrehajtása érdekében fedélzeti számítógéppel, GPS, INS rendszerekkel is ellátják.

Az UAV-k számos egyéb szempont szerint is csoportosíthatók, melyek alapján rendszerezhetők, egymással összehasonlíthatók. Ilyenek lehetnek például:

A felosztásuk alapja:

- felépítés (merev, forgószárnyas és hibrid eszközök);
- felhasználás módja (egyszeri és többszöri);
- meghajtás módja (dugattyús, gázturbinás és elektromotoros);
- irányítás módja (távirányítású, programvezérelt és kombinált vezérlésű);
- indítás módja (földi- és légi indítású);
- visszatérés módja (leszállással, ejtőernyővel, elfogó hálóval);
- repülési jellemzők (sebesség, magasság, hatósugár, repülési időtartam szerint);
- rendeltetés (alkalmazás) alapján.

Az UAV-eket rendszerint nem lehet értékelni csak egyetlen repülési, vagy műszaki jellemzőjük alapján, a mélyebb megismerésükhöz a részletes analízis elengedhetetlen, és csak ezek után kerülhet sor a felhasználó oldaláról a szintetizált végkövetkeztetések levonására. A 2.2. ábrán az UAV-k nemzetközi elterjedését láthatjuk 2011 decemberéig.



2.2. ábrán Az UAV-k nemzetközi elterjedése 2011 decemberéig (76 ország) [12][13]

Megjegyzés: A sötétebb színnel jelzett országok rendelkeznek UAV-kal.¹¹⁰

A 2.4 táblázat segítségével például az ismert robotrepülőgép típusok a 2.2. és 2.3 táblázatban megismert szempontok szerinti besorolása tanulmányozható.

¹¹⁰ Forrás: <http://dronewarsuk.files.wordpress.com/2012/09/world-drone-map2.jpg> (2013.05.15)

Megnevezés	Rövidítés	Típusok
HARCÁSZATI UAV-K		
Nano	η	Black Hornet, Hummingbird, DelFly I, Nanos
Micro (MAV)	μ	iSTAR, MITE, Cyclope, Dragon Slayer, SmartPlanes, Novadem, Elytre - Sirehna, Mikado, EADS, Nighthawk, Remanta - ONERA, Wasp III, Ari, Irkut- 2M, MD4-200, Carolo P50, Carolo C40, IZI, Swiper, Gator, Ku-Buzz, Black Widow, MicroStar, Microbat, FanCopter, QuattroCopter, Mosquito, Hornet
Mini	MINI	SensorCopter, Copter 1, Tracker, Skylark I, HoverEye, Colugo, M60, Puma, Skorpio, Aladin, I-Copter II, Dragon Eye, Raven, Javelin, BackPack, Desert Hawk, Pointer, RoboCopter, RPH2, YH300SL, R-Max
Kis hatótávolságú	CR	RMaxII, Luna, CamCopter, CR, Skylark II, SkyBlade II, Silver Fox, X-Vision, BQM-147A, SurveyCopter, MinO, SkyTote, SpyThere, Mini-Vanguard
Rövid-hatótávolságú	SR	Vulture MK II, S-100, Szojka III, Fulmar, GoldenEye 50, Phoenix, Pcsela-1, Crecerelle, Sentry, Crecerelle EW, Sniper, Finder, Pioneer, Dragon Warrior, Sender, Mirach 26, RPG III, Neptune, Aerostar
Közepes-hatótávolságú	MR	Shadow 200, Shadow 400, Sperwer, Ranger, Fire Scout, KZO, Hunter, Eagle Eye, Orka, Ezycopter, Night Intruder, Seeker I, Hermes 180, Searcher I, Hetel-M
Közepes-hatótávolságú magnövelt repülési időtartamú	MRE	Watchkeeper, Sperwer B, E-Hunter, Seeker II, Falco, Shadow 600, Searcher II, Hermes 450S, Dragonfly
Kis repülési magasságú áthatóló	LADP	Carapas, CL-289, Nibbio, Mirach 150, Surveyor 600
Kis repülési magasságú hosszú repülési időtar- tamú	LALE	ScanEagle, Aerosonde Mk II, Aerosonde Mk III, Libellule
Közepes repülési ma- gasságú hosszú repülési időtartamú	MALE	Predator A, Eagle 1, Altus, Hermes 1500, Heron, I GNAT, A 160T, Bateleur, Heron TP, Altair, Global Observer, Predator B, Snark
STRATÉGIAI UAV-K		
Nagy magasságú hosz- szú időtartamú	HALE	EuroHawk, Global Hawk, Theseus, Helios
Pilóta nélküli harci légijármű	UCAV	Corax, Sharc, Filur, Sky-X, nEUROn, X-45A, X-46A, X-47A, X-47B, Barracuda, Taranis, Skat
SPECIÁLIS FELADATÚ UAV-K		
Harci	LETH	Taifun, LOCAAS, Harpy
Zavaró	DEC	Flyrt, Chukar, Nulka, ITALD

2.4. táblázat Az egyes kategóriákba tartozó UAV-k jellegzetesebb típusai¹¹¹

¹¹¹ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján: http://vk.com/doc-14389374_18050493?dl=28aabb49a7217e1962 (2013.05.16)
[http://www.easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Events/2008/February/1-Overview%20of%20the%20UAV%20Industry%20\(UVS\).pdf](http://www.easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Events/2008/February/1-Overview%20of%20the%20UAV%20Industry%20(UVS).pdf) (2013.05.16.)

2.3 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK SÁRKÁNYSZERKEZETI MEGOLDÁSAI

A pilóta nélküli légi járművek sárkányszerkezeti megoldásai többnyire megegyeznek a pilóták által vezetettekkel. Esetenként természetesen tapasztalhatók érdemi különbségek, szerkezeti egyszerűsítések is, mint például a fedélzeten tartózkodó hajózó személyzet hiánya, a speciális rendeltetésből, le- és felszállási módozatokból (kézből, kézbe, hálóba stb.), geometriai méretekből, a tervezett rendeltetészerű felhasználások számából (pl. csak egyszer!) stb. adódóan. A levegőben tartózkodáshoz szükséges dinamikus felhajtóerő létrehozásának módja szerint megkülönböztethető:

- merevszárnyas;
- forgószárnyas;
- hibrid kialakítású.

A mai UAV-k kb. 80%-ka hagyományos, merevszárnyas szerkezeti felépítésű, ami valószínűleg egyszerűségének és hatékonyságának köszönhető. Vezérlése kevésbé bonyolult, mint a forgószárnyú eszközöké, nagyobb repülési sebesség, magasság és időtartam is érhető el velük [1].

Napjaink merevszárnyú UAV-i általában kis méreteken, mű- és különböző kompozit anyagok felhasználásával, valamint a Stealth-technológia széleskörű alkalmazásával készülnek.

A merevszárnyas UAV-k rendkívül változatos sárkányszerkezettel épülnek, amelyet alapvetően a végrehajtandó feladatok, a terhelhetőség és a meghatározott repülési tulajdonságok határoznak meg. Megtalálható közöttük a szárny felülnézeti alaprajza szerinti egyenes, a nyílazott, a delta szárny, a szárny-törzs-vezérsík konfigurációja alapján hagyományos, kacsas, illetve csupaszárny elrendezés, a szárny és törzs összekapcsolási helyének megfelelően alsó-, közép- és felsőszárnyú megoldás. A döntően egytörzsű légi járművek mellett, esetenként kéttörzsűvel is találkozhatunk (2.3. ábra).

Osztályozásuknál további szempont lehet még [2]:

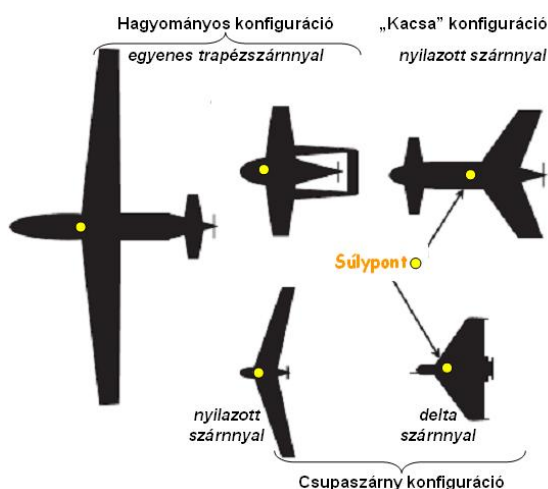
- a szárnyak száma és elhelyezkedése;
- a törzs kialakítása;
- a vezérsíkok száma és elhelyezkedése;
- a futómű kialakítása.

A fel és leszállás módja szerint három csoportba sorolhatók:

- vízszintesen felszálló (Horizontal Take Off and Landing – HTOL);
- függőlegesen felszálló (Vertical Take Off and Landing – VTOL);
- és ezek kombinációja.

2.3.1 Vízszintesen felszálló (HTOL) repülőgépek

A HTOL repülőgépek meghajtására szolgáló légcsovar, vonó-, vagy toló kialakítású lehet. Mindkét megoldásnak egyaránt vannak előnyei és hátrányai. Az utóbbi szélesebb körű elterjedését az indokolja, hogy a többségében felderítő feladatú repülőeszközök törzsében, így egyszerűbben és praktikusabban (zavarásmentesen) elhelyezhetőek az előre, oldalra és/vagy lefelé kitekintést biztosító optikai valamint infra kamerák [14].



2.3. ábra A toló légszárnyas HTOL repülőgépek a szárny felülnézeti alaprajza és konfigurációja szerint¹¹²
 A 2.3. ábrán látható kialakítások közül két elkészült és széleskörben alkalmazott konstrukciót mutat be a 2.4 és 2.5 kép, melyek néhány fontosabb harcászati-műszaki jellemzője a 2.5. táblázat segítségével ismerhető meg.

2.4. kép Observer¹¹³2.5. kép Phoenix¹¹⁴

	Observer	Phoenix
Össztömeg	36 kg	177 kg
Szárny fesztáv	2,42 m	5,5 m
Szárny felület	1,73 m ²	3,48 m ²
Motor teljesítmény	5,25 kW	19 kW
Utazó sebesség	125 km/h	158 km/h
Hatótávolság	25 km	50 km
Repülési időtartam	2 óra	4 óra

2.5. táblázat Az Observer és a Phoenix paramétereit¹¹⁵

2.3.1.1 Hagyományos szárny-törzs-vezérsík konfiguráció

A repülőgépek törzsén a vezérsíkok szárny mögött történő (un. hagyományos) elrendezése messze a leggyakoribb konfigurációs megoldás robotrepülőgépek esetében is. A kívánt hosszstabilitási tulajdonságok, valamint a szárny flatter-mentes működés biztosítására a súlypont a felhajtó erőt termelő szárny AC¹¹⁶-tengelye előtti elhelyezésével biztosítható.

¹¹² Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 3.7

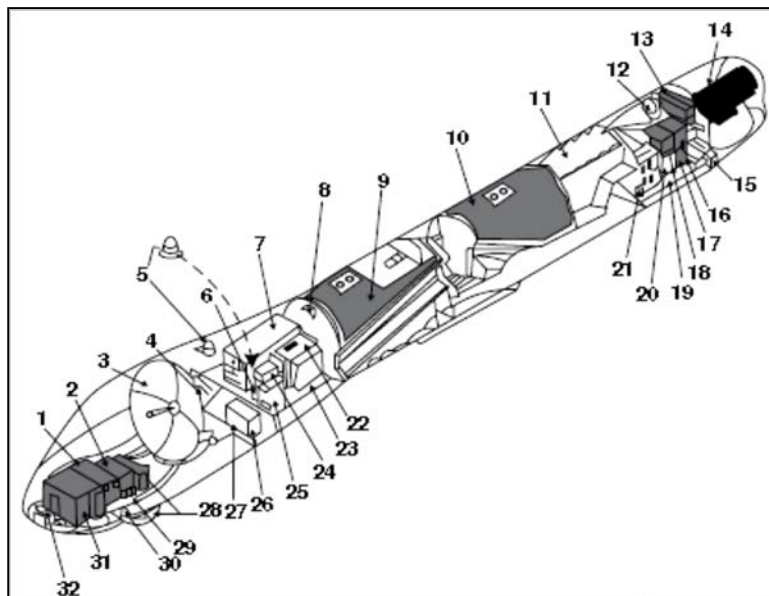
¹¹³ Forrás: <http://www.flightglobal.com/assets/getAsset.aspx?ItemID=13517> (2013.05.30)

¹¹⁴ Forrás: <http://www.airforce-technology.com/projects/phoenix-uav/images/phoenix8.jpg> (2013.05.30)

¹¹⁵ Szerkesztette a szerző (MS Word), Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.17

¹¹⁶ AC – aerodinamikai centrum

Rendszerint a törzsben helyezik el a hasznos teher nagy részét. A közepes és nagy magasságon repülő, nagy hatótávolságú (MALE; HALE) robotrepülőgépek törzsének belső tereit – a 2.6. ábrán is látható módon – általában alaposan kihasználják [14].



2.6. kép Egy MALE UAV törzsében elhelyezett berendezések¹¹⁷

1 – SAR – szintetikus apertúrájú radar antennája; 2 – Inerciális/GPS navigációs rendszer; 3 – Ku sávú műholdas kommunikációs rendszer; 4 – Videó felvevő rendszer; 5 – GPS antenna (bal és jobb); 6 – IFF – barát/ellenség felismerő; 7 – Ku sávú műholdas kommunikációs rendszer érzékelő processzora; 8 – C-sávú felső körsugárzó antenna; 9 – Első üzemanyagtartály; 10 – Hátsó üzemanyagtartály; 11 – Kisegítő rendszer; 12 – Kisegítő hűtőventillátor; 13 – Olajhűtő; 14 – Motor; 15 – Farok szervo (bal, jobb); 16 – Akkumulátorok; 17 – Tápegység; 18 – Akkumulátorok; 19 – Hátsó szerelő híd; 20 – Másodlagos vezérlő modul; 21 – SAR – processzor és villamos szerelvényei; 22 – Elsődleges vezérlő modul; 23 – Első avionika; 24 – Adó/vevő; 25 – Repülési helyzet-, paraméter érzékelők; 26 – Videó átalakító (kódoló); 27 – Jégtelenítő vezérlése; 28 – Elektrooptikai/infra kameraforgató rendszer; 29 – Első hasznos teher szerelőkeret; 30 – Jegesedés érzékelő; 31 – SAR adó/vevő; 32 – Orrkamera szerelvénye.

Kettős farokrészű törzskialakítást, több kis- és közepes hatótávolságú robotrepülőgép konstrukciónál alkalmaznak, mivel ez biztosítja a tolólégcsavar védelmét, amelynek megfűtésében a vezérsíkokon elhelyezett kormánylapok is hatékonyabban működnek már guruláskor és kis repülési sebességeken is. Ennek az elrendezésnek további előnye, hogy a súlyponthoz közeli motornak viszonylag kicsi a precessziós nyomatéka [14]. Ilyen repülőgépek láthatóak a 2.7. és 2.8. képeken, illetve tanulmányozható néhány jellemző adatuk a 2.6. táblázat segítségével.



2.7. kép Az IAI Malat – Hunter Heavy Tactical¹¹⁸



2.8. kép Denel Aerospace – Seeker

¹¹⁷ Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 6.8

¹¹⁸ Forrás: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/05/Hunter.jpg> (2013.05.27)

	Hunter Heavy Tactical	Seeker II.
Össztömeg	885 kg	117 kg
Motor teljesítmény	2 x 50 kW	19 kW
Utazó sebesség	200 km/h	220 km/h
Hasznos teher	100 kg	50 kg
Hatótávolság	250 km	250 km
Repülési időtartam	21 óra	10 óra

2.6. táblázat A Hunter és a Seeker II. összehasonlítása¹¹⁹

2.3.1.2 Canard elrendezés

A canard, azaz „kacsá” konfigurációjú repülőgépek jellemzője a szárny előtt elhelyezett vízszintes vezérsík, amely – ellentétben a hagyományos irányfelület elrendezéssel –, fel és leszálláskor is részt vesz a felhajtó erő termelésében, így ezek megvalósításához rövidebb úthossz, vagy alacsonyabb sebesség elégséges.

2.9. kép Az E.M.I.T. Blue Horizon¹²⁰

Az elkészült robotrepülőgépek között egyelőre kevesebb a canard elrendezésű konstrukció, ezek egyike az E.M.I.T. Blue Horizon típusa, amely a 2.9. ábrán látható, illetve tanulmányozható néhány jellemző adata a 2.7. táblázat segítségével.

Össztömeg	180 kg
Szárny fesztáv	6 m
Törzs hossz	3,2 m
Motor teljesítmény	29 kW
Maximális sebesség	240 km/h
Hasznos tömeg	37 kg
Szolgálati magasság	8000 m
Repülési időtartam	17 óra (130 km/h)

2.7. táblázat Az E.M.I.T. Blue Horizon típusú UAV¹²¹

¹¹⁹ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján. Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.11, Hunter – Unmanned Vehicles (UAV) Specifications & Data Sheet. <http://www.unmanned.co.uk/autonomous-unmanned-vehicles/uav-data-specifications-fact-sheets/hunter-specifications/> (2013.05.27)

¹²⁰ Forrás: http://2.bp.blogspot.com/_En-sxfOkXP8/Sfab3c_0KbI/AAAAAAAAAuE/pyVWJB-uEHo/s400/Blue+Horizon-EmitUAV.bmp (2013.04.30)

¹²¹ Szerkesztette a szerző (MS Word) Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 3.8

2.3.1.3 Csupaszárny repülőgépek

A vízszintes vezérsík nélküli repülőgépek szárnyán, a csűrő kormánylapok mellé a magasságiakat is beépíthetik. Ez a megoldás a hosszstabilitást ugyan csökkenti, de speciális, (pl. „S”) profilú szárny alkalmazásával, ennek mértéke elfogadható határok között tartható.

Rendszerint, a csupaszárny kialakítás oka a homlokellenállás csökkentésének igénye, melyre egyik jellemző példa a Boeing-Insitu Scan Eagle robotrepülőgép (2.10. kép és 2.8. táblázat). A karcsú, nagy fesztávolságú szárny jó vitorlázó képességet biztosít. A szárnyvégeken elhelyezett winglet-ek, függőleges irányfelületként is működnek.



2.10. kép A Boeing-Insitu Scan Eagle¹²²

Össztömeg	18 kg
Szárny fesztáv	3,1 m
Szárny felület	0,62 m ²
Motor teljesítmény	1,1 kW
Max sebesség	120 km/h
Utazó sebesség	90 km/h
Repülési időtartam	15 óra

2.8. táblázat A Boeing-Insitu Scan Eagle adatai¹²³

A repülőgép másik különleges konstrukciós megoldása a leszállási eljárása, amihez nincs szükség repülőtérré, csupán egy kb. 10 m-es kötelet kell felfüggeszteni (pl. daru gémjére), amit a leszálló repülőgép „eltalál” a szárny belépőélével.

A kötélt végigfut a szárny belépőélén, az annak végén rögzített kampóig, amelyik rázár. Ezt követően a repülőgép a kötélre lassan leengedhető a földre. Néhány jellemzően kis hatótávolságú UAV műszaki adatait láthatjuk a 2.9. táblázatban.

¹²² Forrás: <http://www.boeing.com/history/boeing/images/scaneagle.jpg> (2013.05.15)

¹²³ Szerkesztette a szerző (MS Word) Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.18

	Pioneer	Phoenix	Observer	Scan Eagle	Sprite A	Sprite B	R Max
Összes tömeg [kg]	203	209	36	18	36	36	-
Szárny fesztáv [m]	5,11	5,5	2,42	3,10	1,60	1,60	3,11
Szárny felület [m ²]	3,05	3,48	1,75	0,62	-	-	-
FSZ ¹²⁴ lapát felület [m ²]	-	-	-	-	0,2	0,2	-
Szárny terhelés [N/m ²]	653	589	204	258	-	-	-
FSZ lapát terhelés [N/m ²]	-	-	-	-	1766	1766	-
Hajtómű teljesítmény [kW]	20	19	5,25	1,1	5,25×2	5,25×2	15,4
Fel- és leszállási sebesség [km/h]	127*	110*	65*	80*	-	-	-
Felszállási felhajtóerő tényező C _L	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	-
Maximális sebesség [km/h]	158	158	130	120	126	216*	-
Gazdaságos sebesség [km/h]	130*	-	72*	-	72	100*	-
Optimális sebesség [km/h]	150*	-	85*	-	108	153*	-

2.9. táblázat Néhány jellemzően kis hatótávolságú UAV műszaki adata¹²⁵

* Tervezett

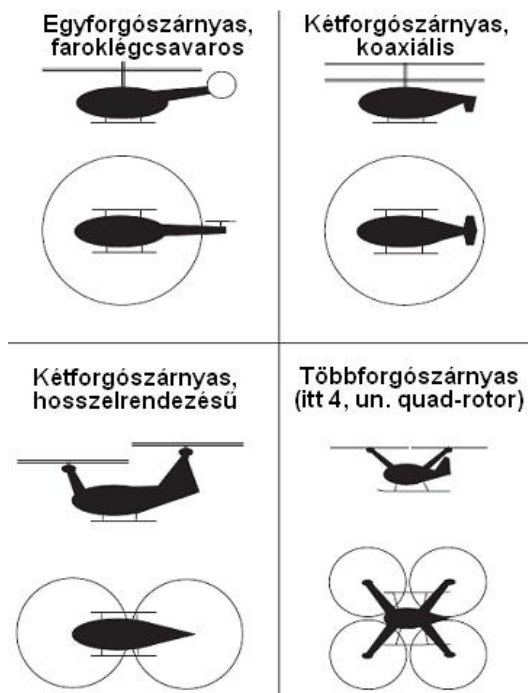
2.3.1.4 Delta-szárny alkalmazása¹²⁶

A delta-szárnyú elrendezés, mint az Observer UAV-nál (2.4 kép), masszív sárkányszerkezettel rendelkezik a törzsalatti csúszótalpra, vagy ejtőernyővel történő leszálláshoz is. Az ilyen szárnyal felszerelt UAV-hoz is gyakran a kacsza elrendezésű vízszintes vezérsíkot és tololégsavart alkalmaznak. E szerkezeti megoldás jellegzetes „nehézsúlyú” képviselője a Sagem Sperwer B (2.12. kép) közepes hatótávolságú harcászati robotrepülőgépe, melyet görög és kanadai katonai alkalmazók jelentős számban üzemeltetnek, Afganisztánban is bevetették. Az ELINT¹²⁷, COMINT¹²⁸, ELOP¹²⁹ konténer szállításán kívül, különböző precíziós csapásmérő eszközök célba juttatására is alkalmas [14].

2.12. kép A Sagem SPERWER B felfegyverzett UAV¹³⁰¹²⁴ FSz – Forgószárny¹²⁵ Szerkesztette a szerző (MS Word) Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.21¹²⁶ Megjegyzés: pilóta vezette repülőgépek esetében 15°-os szárnynyilazási szögig egyenes szárnyról, e fölött – az alaprajztól függően – nyilazott, vagy deltaszárnyról beszélünk. Az UAV-kal foglalkozó szakirodalomban ez a pontos megkülönböztetés nem tapasztalható.¹²⁷ ELectronic INTelligence (ELINT) – elektronikus hírszerzés¹²⁸ COMmunications INTelligence (COMINT) – távközlési hírszerzés¹²⁹ Electro-optics (ELOP) – elektro-optikai¹³⁰ Forrás: <http://defense-update.com/images/sperwer-b.jpg> (2013.04.30)

2.3.2 Függőlegesen felszálló (VTOL) repülőgépek

A személyszállító helikopterekhez hasonlóan, az UAV-knak is különböző forgószárny számú és elrendezésű szerkezeti kialakítása ismeretes (2.13. ábra).



2.52. ábra VTOL repülőgépek forgószárny-elrendezései¹³¹

2.3.2.1 Egy forgószárnyas, faroklégcsavaros

A mechanikusan meghajtott forgószárny reakciónyomatéka a forgásával ellentétes irányba próbálja a törzset elfordítani, amit a faroklégcsavar vonóerejének nyomatéka kompenzál. Utóbbi meghajtására általában a hajtómű teljesítményének ~10%-a szükséges, vezérlése viszonylag bonyolult, emellett a faroklégcsavar fokozottan sérülékeny, könnyen ütközhet a talajjal fel- és leszálláskor. E szerkezeti megoldás néhány jellegzetes megvalósított típusa a 2.14.–2.19. képeken, illetve ezek fontosabb műszaki adatai a 2.10. táblázatban láthatóak.



2.14. kép Fire Scout MQ-8B¹³²



2.15. kép Scheibel CamCopter S100¹³³

¹³¹ Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 3.9

¹³² Forrás: <http://chivethebrigade.files.wordpress.com/2013/03/mq-8b-fire-scout-uav-920-25.jpg> (2013.06.01)

¹³³ Forrás: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2000/08/camcopter-s100.jpg> (2013.06.01)

2.16. kép NEO S-350¹³⁴2.17. kép Skeldar V-200¹³⁵2.18. kép A BOEING A 160T Hummingbird¹³⁶2.19. kép EADS Orka 1200¹³⁷

	Northrop Grumman Fire Scout MQ-8B	Scheibel CamCopter S100	NEO S-350	Skeldar V-200	BOEING A 160T Hummingbird	EADS Orka 1200
Össz. tömeg	1429 kg	200 kg	175 kg	200 kg	2948 kg	680 kg
Forgószárny átmérő	8,4 m	3,4 m	3,5 m	5,1 m	10,9 m	7,2 m
Motor teljesítmény	313 kW	40,4 kW	30 kW	43 kW	426,7 kW	99 kW
Utazó sebesség	204 km/h	220 km/h	120 km/h	130 km/h	258 km/h	180 km/h
Hasznos teher	242 kg	50 kg	35 kg	30 kg	450 kg	180 kg
Hatótávolság	204 km	150 km	100 km	100 km	4630 km	185 km
Repülési időtartam	8 óra	6 óra	5 óra	4-5 óra	24 óra	8 óra

2.10. táblázat A Fire Scout MQ-8B, a CamCopter S100, a NEO S-350 és a Skeldar V-200, BOEING A 160T, Orka 1200 adatai¹³⁸ [15][16][17][18][19][20][21]

2.3.2.2 Kétforgószárnyas hosszalrendezésű (Tandem rotoros) UAV-k

A nagy emelési képesség (10 000–15 000 kg tartományban) biztosítható két – ellentétes irányba forgó – forgószárnyal is, aminek egyik lehetséges megoldása az ún. „tandem” elrendezés. Bár igen kedvező e kialakítás hosszirányú kiegyensúlyozatlanságára való nagyfokú érzéketlensége miatt, de robotrepülőgépeket (egyelőre) nem építettek e változatban [14].

2.3.2.3 Koaxiális elrendezésű, kétforgószárnyas helikopterek

Pilóta vezette helikopterek esetében – döntően az orosz Kamov tervezőiroda által létrehozott konstrukciónál (2.20.a. kép) – elterjedt, bevált megoldás, a forgószárnyak koaxiális elrendezése. Elő-

¹³⁴ Forrás: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/helicopter-type-vtol-civilian-uav-101653-3566753.jpg (2013.06.02)

¹³⁵ Forrás: <http://www.naval-technology.com/projects/7202/images/143486/large/1-image.jpg> (2013.06.02)

¹³⁶ Forrás: http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_UAV_A160T_1k_Test_Payload_Ig.jpg (2013.06.02)

¹³⁷ Forrás: <http://www.meretmarine.com/objets/34348.jpg> (2013.06.02)

¹³⁸ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [15][16][17][18][19][20][21][22][23]

nyük, hogy a reakciónyomaték kompenzálása az ellentétes irányban működő forgószárnyakkal megoldott (nem igényel faroklégcsavart). Hátrányuk a vezérlés viszonylagos bonyolultsága. Kisméretű modell helikopterek és UAV-k esetében – különösen elektromos motorral történő meghajtáskor – ez is egyszerűen és az elvárható pontossággal megoldható, mivel a rendszerint csuklónélküli, kétlapátos forgószárnyak vonóerejének nagysága megbízhatóan vezérelhető a fordulatszámuk változtatásával. A kevés lapátszámból adódó, külső zavarásra való fokozott érzékenység is jól kezelhető – a Bell-vezérlésre némileg emlékeztető – giroszkópikus hatású röpsúlyok alkalmazásával (2.20.b. kép).



2.20. a-b kép Koaxiális rotorú VTOL repülőgépek¹³⁹

Néhány, már megépült konstrukció és azok fontosabb adatai ismerhetők meg a 2.20.–2.24. ábrákon, valamint a 2.11.–2.12. táblázatok segítségével.



2.21. kép Az ML Aviation Sprite¹⁴⁰



2.22. kép Infotron IT180¹⁴¹

	Az ML Aviation Sprite	Infotron IT180-5 EL	Infotron IT180-5 TH
Össz. tömeg	36 kg	17 kg	19 kg
Rotor átmérő	1,6 m	1,8 m	1,8 m
Motor teljesítmény	2 × 5,25 kW	Elektromos	üzemanyag-meghajtású
Maximális sebesség	126 km/h	90 km/h	90 km/h
Utazó sebesség	0–60 km/h	–	–
Hasznos teher	–	3 kg	5 kg
Hatótávolság	–	5 km	10 km
Repülési időtartam	3 óra	30 perc	1,5 óra

2.7. táblázat Az ML Aviation Sprite¹⁴² és az Infotron IT180-5¹⁴³ kishatótávolságú VTOL robotrepülőgépei¹⁴⁴

¹³⁹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Ka-52_at_MAKS-2009.jpg;

http://static.rcgroups.net/forums/attachments/1/3/9/3/9/1/a2213777-143-AXE_CX_MICRO.jpg?d=1228786534 (2013.06.02)

¹⁴⁰ <http://users.breathe.com/prhooper/sprite.jpg> (2013.06.09)

¹⁴¹ http://www.unmannedsystemstechnology.com/wp-content/uploads/2012/06/IT180_OTAN1.jpg (2013.06.02)

¹⁴² Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, John W & Sons Ltd. 2010. Figure 4.19

¹⁴³ Forrás: Unmanned Aerial Radiation Measurement

2.23. kép Swiss UAV AG., „KOAX X-240”¹⁴⁷2.24. kép Beijing Seagull¹⁴⁵2.25. kép EADS SHARC¹⁴⁶

	KOAX X-240 [26]	Beijing Seagull [28]	EADS SHARC [27]
Össz. tömeg	45 kg	300 kg	200 kg
Rotor átmérő	2,4 m	5 m	3,2 m
Motor teljesítmény	8 kW	45 kW	30 kW
Utazó sebesség	75 km/h	100 km/h	160 km/h
Hasznos teher	8 kg	70 kg	60 kg
Repülési időtartam	1,5 óra	4 óra	4 óra
Hatósugár	25 km	–	–

2.8. táblázat A KOAX X-240, Beijing Seagull és az EADS SHARC adatai¹⁴⁸

Az orosz forrásból nemrégiben napvilágra került összehasonlítások szerint, a koaxiális forgószárny elrendezés energiafelhasználás szempontjából, függőleges emelkedés esetén és függés-kor a leghatékonyabb.

2.3.2.4 Több forgószárnyas (Quad rotoros) VTOL repülőgépek

Az utóbbi idők talán legnépszerűbb játéka a „Quad rotor” (2.26.–2.27. képek), amelynél a térbeli helyzetváltoztatás (dőlés, függőleges tengely körüli elfordulás), a két-két egymással szemben forgó forgószárny fordulatszámának – különböző kombinációban történő – változtatásával, a kívánt pontossággal, gyakorlatilag késleltetés-mentesen biztosított.

Az „igazi” helikopterhez képest nagy előny, hogy a repülőszerkezet kormányzásakor nem a forgószárnylapátok beállítási szögének állításával változtatják a vonóerő nagyságát és irányát, így az azt megvalósító bonyolult rudazat rendszerre, valamint a hozzákapcsolódó vezérlő automatára sincs szükség. A fordulatszám gyors változtatására különösen alkalmas „outruner” – külső mágneses, kefe nélküli – motorok vezérlésére a GYRO-stabilizált fedélzeti elektronika szolgál. Enélkül, emberi beavatkozással, szinte lehetetlen a négy forgószárny fordulatszámát egy időben változtatva, a kívánt manővert végrehajtani. (A 60-as években ennek hiányában volt sikertelen a hasonló eljárás kivitelezése.)

E szerkezeti kialakítás hátránya, hogy – a többi konstrukcióhoz képest – széllekedésekre érzékenyebb, válaszreakciója lassabb, valamint a forgószárnyak bármelyikének működésképtelenné válásakor a szerkezet irányíthatatlanul azonnal lezuhan [14].

Solution [http://www.imsrad.com/PDF/IMS_Unmanned_Aerial_Radiation_Solution_datasheet_en_\(Infotron\).pdf](http://www.imsrad.com/PDF/IMS_Unmanned_Aerial_Radiation_Solution_datasheet_en_(Infotron).pdf) (2015.06.15); <http://www.infotron.fr/OUR-PRODUCTS> (2015.06.15)

¹⁴⁴ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [24][25]

¹⁴⁵ Forrás: <http://www.sinodefence.com/airforce/uav/vtuav1.jpg> (2013.06.02)

¹⁴⁶ Forrás: http://www.fsd.rwth-aachen.de/English/Research/SHARC2_2.jpg (2013.06.02)

¹⁴⁷ Forrás: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/helicopter-type-vtol-civilian-uav-101653-3567013.jpg (2013.06.02)

¹⁴⁸ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [26][27][28]



2.26. kép AirRobot AR100B¹⁴⁹



2.27. kép Kínai gyártmányú F50 UAV¹⁵⁰

Az utóbbi időben megjelent 6–8 forgószárnyas modellek is (2.28.–2.29. képek), e hiányosságok megszüntetésére próbálnak megoldással szolgálni – a biztonságos leszállás érdekében, a megbí-
básodott rotor szerepének átvételét a közeli „szomszéd” automatikusan végrehajtja.



2.28. kép Hatrotoros VTOL mini-UAV
ZALA 421–21¹⁵¹



2.29. kép NuvAero nyolcrotoros VTOL UAV
„MovieCopter 8”¹⁵²

2.3.3. Hibrid hajtások

A függőleges fel- és leszállásra a helikopterek a legalkalmasabbak, de az utazó sebességük nem haladja meg a 270 km/h-t – a hátrafelé haladó lapát-fél átesése miatt. A nagy távolságú repülésekhez nagyobb utazó repülési sebességet célszerűbb alkalmazni, amihez kedvezőbb az olyan légi jármű, amely egyesíti a VTOL és HTOL előnyeit.

2.3.3.1 Rotor konvertálás





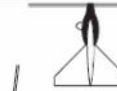



A rotor elfordítása a VTOL helyzetből a HTOL pozícióba, és az emelőből vonóerőt „konvertálni” ez a kézenfekvő megoldás. A légszavart a motorral fordul el az egyik változatnál (tilt rotor) (2.30. kép és 2.13. táblázat), a szárny – motorral, légszavarral együtt – a másikonál (tilt wing) [29] (2.32. kép). A 2.30. kép a hibrid repülőgépek különböző típusait szemlélteti.

¹⁴⁹ Forrás: <http://www.airrobot-uk.com/images/pictures/AR100B-hovering.jpg> (2013.05.26)

¹⁵⁰ Forrás: <http://tommytoy.typepad.com/.a/6a0133f3a4072c970b0154349fecff970c-800wi> (2013.05.26)

¹⁵¹ Forrás: http://zala.aero/im/article/1300181227-zala%20421-21_.jpg (2013.05.26)

¹⁵² Forrás: <http://rcuav.com/wp-content/uploads/moviecopter-5D1.jpg> (2013.05.26)

Repülési üzemmód	Elfordítható légcsavar	Elfordítható szárny + légcsavar
Felszállás, emelkedés		
Vízszintes repülés		
	Elfordítható repülőgéptörzs	Elfordítható csőlégcsavar kormánylapokkal
Felszállás, emelkedés		
Vízszintes repülés		

2.30. ábra Hibrid repülőgépek elrendezései¹⁵³

A motorok üzemanyag és kenőrendszerének alkalmasnak kell lenni arra, hogy a 90°-os elfordításukkor is megbízhatóan működjenek. Mindkettőre van példa a pilótás és robotrepülőgépes megoldások között. Közös jellemzőjük, hogy a fajlagos teherbírásuk kisebb, mint a hasonló helikopteré, az áruk pedig jóval meghaladja a hasonló, „egyfunkciós” társaikét.



2.31. kép Bell Aerosystem Eagle Eye¹⁵⁴

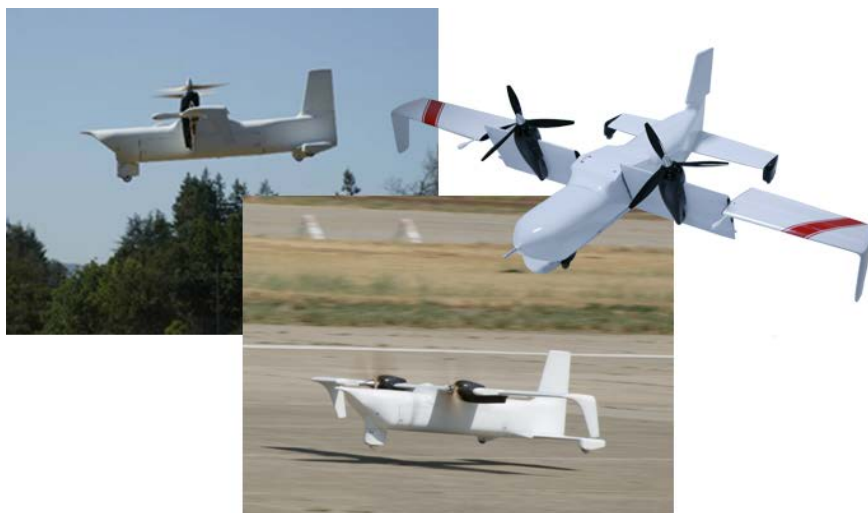
Össz. tömeg	1023 kg
Rotor átmérő (2)	2,9 m
Motor teljesítmény	480 kW
Maximális sebesség	400 km/h
Hatótávolság	200 km
Repülési időtartam	8 óra

2.13. táblázat A Bell Aerosystem Eagle Eye robotrepülőgép adatai¹⁵⁵

¹⁵³ Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 3.11

¹⁵⁴ Forrás: http://uavss.org/UAVSS/UAS_Abbreviations_and_Lexicon_files/eagle%20eye.jpg (2015.06.15)

¹⁵⁵ Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.14



2.32. kép Az Acuity Technologies A-10¹⁵⁶

2.3.3.2 „Konvertibilis” repülőgép

A teljes repülőgép is konvertálható VTOL/HTOL/VTOL üzemmódra, mint a pilótás változatban. Egy ConvAir XFY-1 Pogo 5500 lóerős motorjával – ellentétesen forgó légcsavarokkal az 50-es években végül is bemutatásra került, de sem a sebessége sem a fel/leszállása nem nyerte el a megrendelők tetszését.

A robotrepülőgépek ha nem is könnyen, de megbirkóznak ezzel a feladattal. A felszálláshoz a hajtómű maximális teljesítményére van szükség – a vízszintes repüléshez ennek töredékére. A legnagyobb kihívást jelenti az átmeneti repülési üzemmód megfelelő szabályzása – ahol még az emelő erővektorra szükség van, a vízszintes repülés sebessége pedig kevés a felhajtó erő termeléséhez. Ekkor „megmerül” a gép – ha nincs megfelelő tartaléka.

Egy új fejlesztés az MLB Company V Bat-ja [30] (2.33. kép), amely a felszállás és a horizontális repülés átmenetében is jól teljesít. A robotrepülőgép 157 cm³-es kétütemű motorja az 5 órás időtartamú repülésre elegendő üzemanyaggal, az 5 kg hasznos terhet – a Cloud Cap TASE 300 stabilizált optoelektronikai felderítő konténerét –, akár 800 km-es útvonalat bejárva tudja szállítani. A fel- és leszállást mindössze 6×6 m-es területre automatikusan végre tudja hajtani [31].



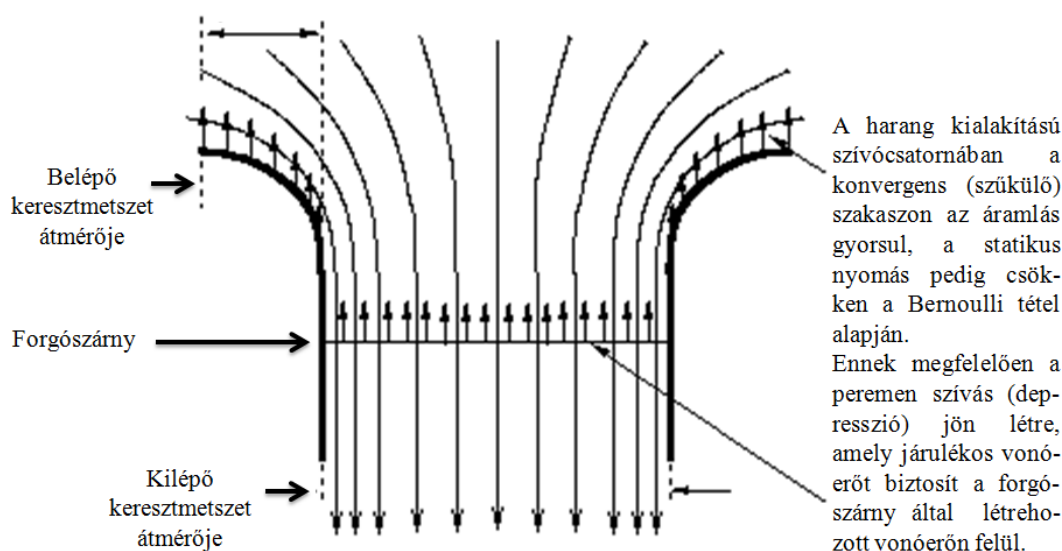
2.33. kép Az emelkedő és a vízszintesen repülő MLB V Bat¹⁵⁷

¹⁵⁶ Forrás: <http://www.acuitytx.com/images/AT-10%20Composite.png> (2015.06.15)

¹⁵⁷ Forrás: http://spyplanes.com/wp-content/uploads/2011/03/vbat_31.jpg, http://spyplanes.com/wp-content/uploads/2011/03/vbat_24.jpg (2013.06.09)

2.3.3.3 „Ducted Fan” típusú VTOL repülőgépek

A „Ducted Fan” valójában egy csőlégsavar, melynek lapátvégi veszteségei elhanyagolhatóak a szabadban forgó légsavazhoz képest. A gyűrűbe beépített áramláterelő lapokkal javítható a szerkezet kormányozhatósága és stabilitása.



2.34. kép A Honeywell T-Hawk MAV és a Fenstar MAV felépítése¹⁵⁸¹⁵⁹¹⁶⁰¹⁶¹

A Ducted Fan – típusú VTOL robotrepülőgépek (2.34. kép egyre nagyobb számban jelennek meg a katonai alkalmazók eszköztárában. Ennek oka az egyszerű: akár jármű fedélzetéről történő indítás, a dinamikus manőverező képesség és a már egyre jobban automatizált „hazatérés”. A viszonylag kisméretű légszatórna miatt a Ducted Fan elég zajos működésű, mindemellett jól ellen tud állni a turbulens légáramlatoknak.

Az irányításra légtérrelők szolgálnak, amelyek lehetnek a légszatórnán belül, vagy kívül. A Fenstar MAV (2.34. kép ez utóbbira példa, amely még a „Coanda effektust” – azaz a felülethez hajló légáramlat – kedvező tulajdonságait is kihasználja a hatékony manőverezés érdekében.

2.3.3.4 Gázturbinás hajtóművek

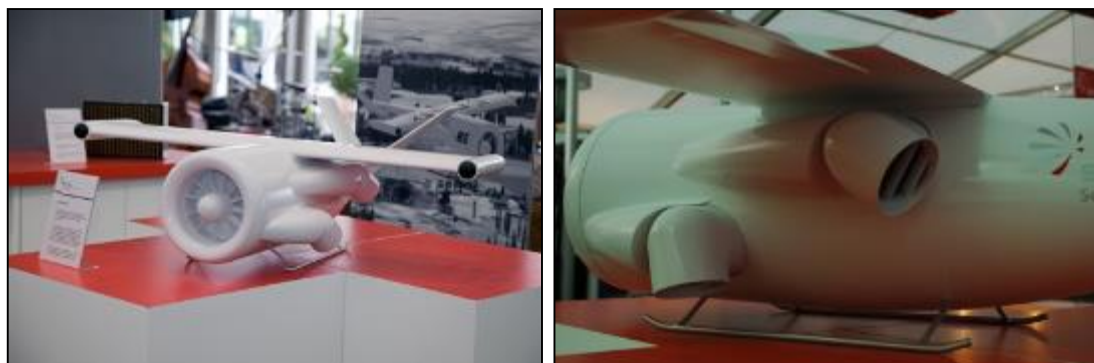
A „Harrier”-hez hasonló meghajtás a robotrepülőgépek között még nem terjedt el – habár elvi akadálya nincs a működésüknek –, néhány kísérleti példány, mint a Selex Damsely (2.35. kép) kivételével még nincs az UAV kínálatban képviselőjük [32].

¹⁵⁸ Forrás: http://airandspace.si.edu/webimages/640/4192_640.jpg (2013.05.26)

¹⁵⁹ Forrás: <http://www.suasnews.com/wp-content/uploads/2010/08/T-Hawk-MAV1.jpg> (2013.05.26)

¹⁶⁰ Forrás: <http://www.laesieworks.com/ifo/lib/GFS-pict/GFS-projects-09.jpg> (2013.05.27)

¹⁶¹ Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 27.6



2.35. kép Damselgy¹⁶²

2.4 FELHASZNÁLÁS CÉLJA

A felhasználás célja szerint megkülönböztetünk egyszeri és többszöri felhasználású eszközöket.

2.4.1 Egyszeri felhasználású eszközök

Ez az eszközcsoport még két kisebb csoportra osztható az alkalmazás oldaláról, mégpedig:

- csapásmérő UAV-k;
- célrepülőtestek.

2.4.1.1 Csapásmérő UAV-k

Ebbe a kategóriába az UAV-k tartoznak, melyek képesek céljukat önállóan felderíteni, azonosítani és megsemmisíteni. Főbb fajtái a rádiolokátor elleni DAR-ok¹⁶³ és más támadó UAV-k. Az előzőeket általában szélessávú lokátor keresővel, az utóbbiakat kettős feladatú érzékelővel szerelik fel, hogy biztosítsák a cél felderítését és követését, valamint a hőforrásra történő önrávezetést. Útvonalrepülés, vagy a meghatározott körzetben történő őrjáratozásuk során, képesek a célok önálló felderítésére, és azok földi vagy fedélzeti azonosítása után a megsemmisítésükre.



2.36. kép Taifun¹⁶⁴

¹⁶² Forrás: <http://www.ontomax.com/images/robotics/quadrovector/05.jpg> (2015.06.15)
http://i130.photobucket.com/albums/p260/Rob_album_2006/UAV3.jpg (2013.05.25)

¹⁶³ DAR – Dron Anti Radar (radar elleni dron)

¹⁶⁴ Forrás: <http://defense-update.com/images/taifun.jpg> (2015.06.15)

Ehhez az UAV-k rendelkeznek egy igen korszerű, fejlett memóriájú célfelismerő rendszerrel. A célok különbözősége miatt fegyverzetük is variálható, így lehetőség van repesz, romboló, de a „keményebb” célok (harcokocsik) elleni kumulatív harci rész alkalmazására is. A támadó UAV-k közül a legismertebb egy közös, európai konzorcium által kifejlesztett Taifun (2.36. kép) típus, melyet a német szárazföldi haderőnem felkérésére hoztak létre [2].

A Taifun pilóta nélküli csapásmérő repülőeszköz intelligens fegyverrendszerét a brémai Rheinmetall¹⁶⁵ fejlesztette ki. Az eszköz képes a célok önálló felderítésére, osztályozására, azonosítására és támadására [33]. Miután a Bundeswehr számára a „Taifun” harci UAV fejlesztését befejezték (többek között az elavult koncepció, a műszaki problémák és a költségek miatt), a rendszert a Rheinmetall módosította. Eredetileg erős páncélos kötelékek elleni fegyverként, automata rendszerként gondolták alkalmazni, azonban végül TARES¹⁶⁶ (harcászati felderítő és csapásmérő) eszközként fejlesztették ki.



2.37. kép TARES (Taifun)¹⁶⁷

A TARES (2.37. kép) tehát harci felderítő, és egyben csapásmérő eszköz is, repülési ideje 4 óra, hatótávolsága 200 km. A földi állomás kezelőjének a helyhez kötött és mozgásban lévő célokról az adatközlő berendezésen keresztül nemcsak radarfelvételeket, hanem nagyfelbontású infravörös képeket is közvetít, 600 km távolsáig. Ehhez a rendszer egy hőkamerát használ, amit a képalkotó radar egészíti ki. Ezen túlmenően egy nagy teljesítményű adatcsatorna segítségével a radar az infravörös képeket továbbítja az UAV-tól a földi ellenőrző-irányító állomáshoz. Első sikeres repülését 2004. decemberében hajtotta végre [34][35].

2.4.1.2 Célrepülőtestek, célrepülőgépek

A különböző haderőnemek légvédelmi rakéta és tüzér, valamint repülőcsapatok kiképzési, illetve éleslövészeti gyakorlatainak a célok imitálására használt eszközök. Koncz Miklós a következő meghatározást alkalmazta „A célrepülőgépek (TUAV – Target Unmanned Air Vehicle) olyan speciális eszközökkel ellátott repülőgépek, amelyek valódi célpontokat imitálnak (támadó repülőgépek, helikopterek, levegő-föld rakéták stb.), így lehetővé teszik különféle fegyverrendszerek kipróbálását, beüzemelését, paramétereinek meghatározását, azt üzemeltető és kiszolgáló személyzet begyakoroltatását, katonai gyakorlatok végrehajtását, úgy hogy az ne veszélyeztessen élő erőket, és minimálisra csökkentse a végrehajtás költségeit.” [36].

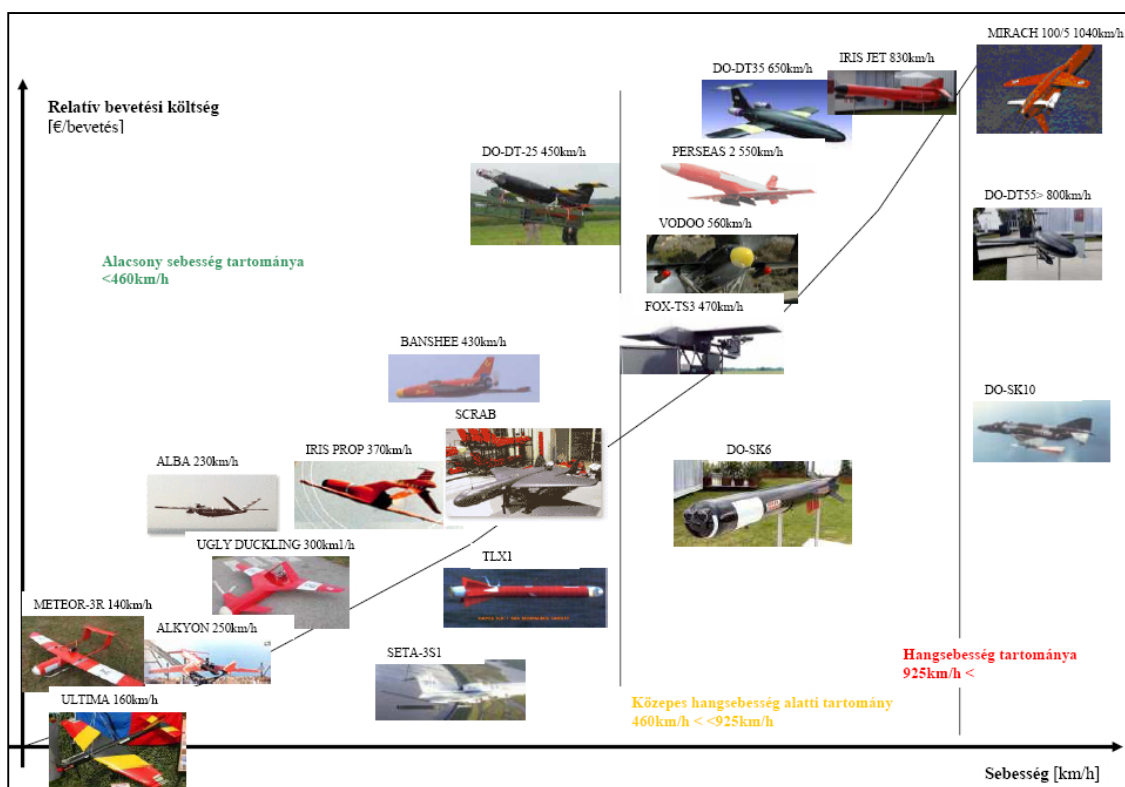
¹⁶⁵ Korábban STN ATLAS Elektronikának hívták a vállalatot, amelynél az UAV-t fejlesztették. Átszervezés keretében – a BAE rendszer és a Rheinmetall AG szétválása után –, a továbbiakban már a Rheinmetall foglalkozott a KZO repülő eszközzel és a „Taifun” harci UAV-k fejlesztésével.

¹⁶⁶ TARES – Tactical Advanced Recce and Strike – Korszerű harcászati felderítő és csapásmérő eszköz

¹⁶⁷ Forrás: http://www.army-technology.com/projects/taifun/images/taifun_1.jpg, http://www.army-technology.com/projects/taifun/images/taifun_5.jpg (2013.05.28)

A gyártásuk során két fontos követelményt kell betartani. Egyrészt, hogy nagy hűséggel imitálják azt a repülőeszközt, amelyet „megtettesítenek” (hozzávetőleges aerodinamikai forma, illetve repülési paramétereket) másrészt a megsemmisülés miatt alacsony legyen az áruk [2] (2.38. ábra).

Ezen eszközök fejlődése, fejlesztése során általában két fejlődési irányt lehet találni és ez általánosan jellemző a felhasználó ország gazdasági helyzetére is. Gazdaságilag kevésbé fejlett országok gyakran fejlesztenek egyszerű, saját célanyagokat (pl. Aero-Target Bt. Meteor-3R) a meglehetősen drágán vásárolt fegyverrendszereikhez. Gazdag országokban sokszor egyes repülőgépgyártók specializálódnak ezek gyártására, akiknek a termékskálája igen széles, az egyszerű, egyszer használható célanyagoktól a bonyolult szuperszonikus célokig. A célrepülőgépek két csoportját szokták megkülönböztetni: a közvetlen találatra szánt (direct kill), ezért így is tervezett, és a többszöri felhasználásra szánt (ezért drágább és több fedélzeti elektronikát hordozó) repülőket [36].



2.38. ábra Célrepülőgép osztályozása sebesség és működtetési költség alapján¹⁶⁸

2.4.2 Többszöri felhasználású eszközök

Ide tartozik az előzőeken kívül az UAV-k családjába tartozó valamennyi repülőeszköz. Többszöri felhasználhatóságukkal a gazdaságosságuk, megtérülési költség tényezőjük kedvező.

A gyártók természetesen törekszenek az olyan technikai megoldásokra, amelyek biztosítják az UAV-k lehető legkisebb valószínűségű megsemmisülését, mind saját, mind az ellenség légvédelmi rendszerében történő repülésük során. Ezen kívül olyan földi- és fedélzeti navigációs eszközökre van szükségük, amelyekkel megoldható a repülőtestek pontos visszavezetése (visszarepülése) és a lehető legkisebb veszteséggel járó leszállása (leszállítása).

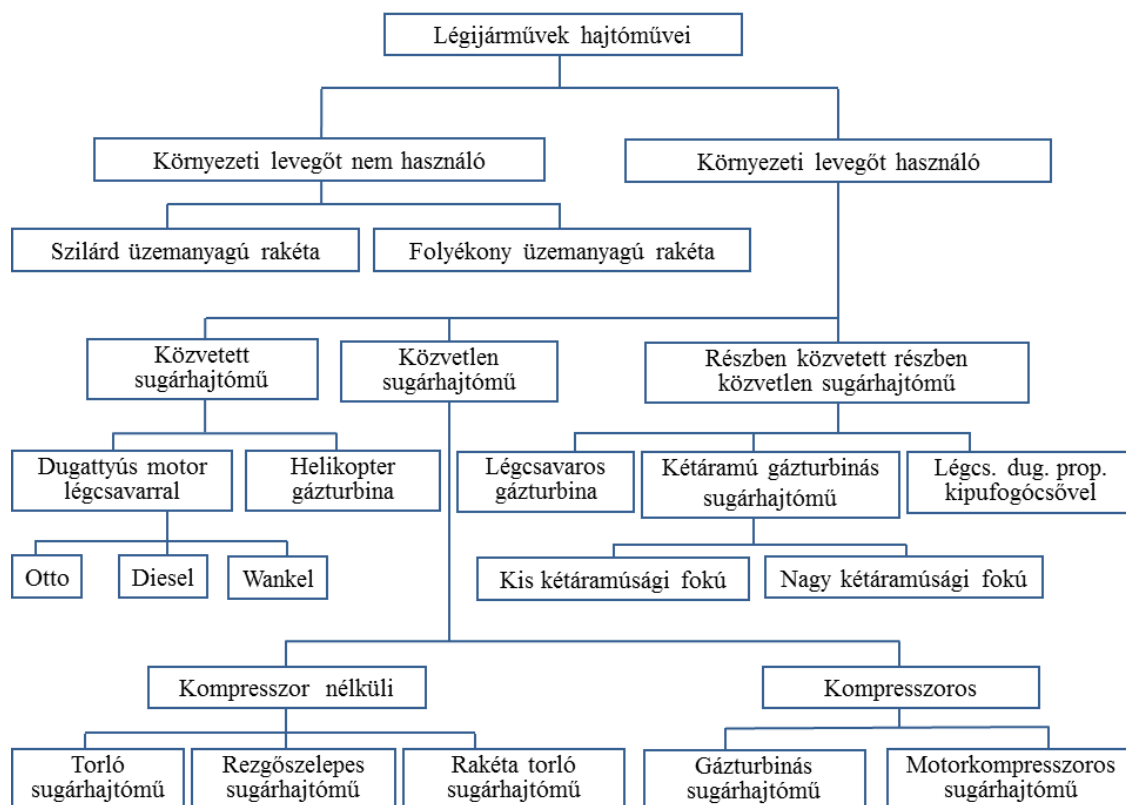
¹⁶⁸ Koncz Miklós Tamás: Célrepülőgépek nemzetközi összehasonlítása.
http://hadmernok.hu/kulonszamok/robothadviseles6/koncz_2.jpg (2013.05.28)

2.5 MEGHAJTÁS

A vonó(toló)erő létrehozása szempontjából is osztályozhatóak a légitűrhajók hajtóművei, amit a 2.39. ábrán láthatunk. A szakterminológiában valamennyi propulziós elven működő légitűrhajó meghajtását két alapvető részegységre bonthatjuk, úgymint erőgép és munkagép. Az erőgép tulajdonképpen egy hőerőgépet jelent, amely a jól ismert klasszikus körfolyamatokat, Otto, Diesel, Humphrey (Brayton), valósítja meg. A munkagép a hajtómű azon szerkezeti egysége, amely a toló(vonó)erő létrehozását biztosítja.

Ez praktikusán a propulziós rendszereknél azt jelenti, hogy valamilyen közeget a rendszer felgyorsít. A felgyorsításhoz szükséges erő reakcióereje Newton III. törvénye alapján biztosítja a toló(vonó)erőt. Ilyen szempontból a légitűrhajók hajtóművei három kategóriába sorolhatók (lásd a 2.39. ábra):

- közvetett sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg ebben a környező levegő;
- közvetlen sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg a hőerőgép munkaközege;
- részben közvetett, részben közvetlen sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg részben a környező levegő, részben a hőerőgép munkaközege [37].



2.39. ábra Légitűrhajók hajtóműveinek felosztása¹⁶⁹

Az UAV-k hajtóművei jellegüket és technikai megoldásaikat tekintve rendkívül változatos képet mutatnak. Az 2.14. táblázat az alkalmazott hajtóművek szerint csoportosítja őket.

¹⁶⁹ Varga Béla: Gázturbínás hajtóművek teljesítmény és hatásfok növekedésének műszaki technológiai háttere, valamint ezek hatása a katonai helikopterek korszerűsítésére, Doktori (PhD) értekezés. Budapest, 2013. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2013/varga_bela.pdf (2013.10.16) 28. oldal

Csillag-motoros	Kétáramú gázturbinás sugárhajtómű	Kétütemű belsőégésű	Dugattyús	Légcsavaros gázturbinás	Elektromos	Húzó-toló hajtóműves	Légcsavaros
Outrider	Global Hawk	Pioneer	Predator	Predator B	Dragon Eye	Hunter	LEWK
Shadow	DarkStar	RPO Midget	Neptune		FPASS		Sperwer
Shadow 600	Phoenix		Dragon Drone		Dragon Warrior		
Cypher	X-45A		Finder		Pointer		
	X-50		A 160T		Raven		
	Fire Scout		GNAT		Luna		
			Creccerelle		Javelin		
			Seeker				
			Brevel				
			Snow Goose				
			Silver Fox				
			Heron				

2.14. táblázat UAV-kon alkalmazott hajtómű típusok¹⁷⁰

A meghajtási módok evolúciós folyamatában a legfiatalabb az elektromos meghajtás és a legöregebb a dugattyús, belsőégésű motoros meghajtás.

2.5.1 Dugattyús motorral hajtott UAV-k

Többnyire egy, vagy többhengeres, kettő (2.40. kép) vagy négyütemű, vonó, illetve toló légcsavarral (kettő vagy többlapátos) felszerelt repülő eszközök

A gyártók előnyben részesítik a benzin-, vagy gázolin és levegő keverékkel üzemelő, kétütemű léghűtéses motorokat UAV-ikhez. Ezek az erőforrások kis súlyúak, de emellett teljesítmény jellemzőik alapján megfelelnek az elvárt követelményeknek. Csendesek, üzembiztosak, meghibásodásuk és élettartam jellemzőik jók, és kevés kiegészítő berendezés szükséges működésükhöz.



2.40. kép Kétütemű kéthengeres dugattyús motorú RQ-2B Pioneer¹⁷¹

¹⁷⁰ Szerkesztette a szerző (MS Word), Forrás: Dr. Maziar Arjomandi: Classification of Unmanned Aerial Vehicles http://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles (2015.06.22.)

¹⁷¹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/RQ-2B_pioneer_uav.jpg/800px-RQ-2B_pioneer_uav.jpg (2013.05.21)

A leggyakrabban kettő, ritkábban többlapátos légsavarral történik a vonó ill. tolóerő létrehozása. Általában a tolólégsavaros megoldást helyezik előtérbe, mivel ezen a szerkezetek orr részébe a felderítő, híradó, illetve eltktonikai harceszközök vannak elhelyezve.

Természetesen mind a motorok, mind a légsavarok gyártásánál a legmodernebb anyagok beépítésére törekszenek. Különböző kerámiákkal és könnyűfémötvözetekkel igen jó csúsási és kopási tulajdonságokkal rendelkező szerkezeti elemeket, csapágyakat, hajtókarokat, dugattyúkat készítenek, ezáltal növelve az élettartamot és csökkentve a motor-zajt, így az akusztikus felderítés lehetőségét is.

Nem nagy számban, de megtalálható egyes UAV-k erőforrásaként turbódízel és négyütemű benzinmotor is [2].

2.5.2 Gázturbinás UAV-k

A gázturbinás hajtóművek a propulzió létrehozásának módjától függően lehetnek [38]:

- sugárhajtóművek¹⁷²:
 - egyáramú sugárhajtóművek;
 - kétáramú sugárhajtóművek¹⁷³;
- turbólégsavaros hajtóművek¹⁷⁴;
- légsavar-ventillátoros hajtóművek.

Ezek a hajtóművek általában a nagyobb méretekkel (3–5 esetleg 9–10 m-es hossz és fesztávolsággal) rendelkező UAV-k meghajtására szolgálnak.

Leggyakoribb feladatuk a nagysebességgel (0,8 M vagy több), illetve nagymagasságon és sztratoszférában végrehajtott hadműveleti-hadászati felderítés zavarás biztosítása. Ezen eszközök elsődlegesen fontos műszaki-repülési jellemzője a minél kisebb hatásos visszaverő felület, valamint a hajtómű kis fajlagos tüzelőanyag fogyasztása és a minimális hő (infra) kibocsátási tényező.

2.5.3 Elektromos UAV-k

Az akkumulátorok és elektromotorok hatásfokának jelentős növekedésével és tömegének számottevő csökkenésével ez a meghajtási mód egyre inkább kiszorítja a korábbi technológiákat. A 90-es években az elektromos repülőgép meghajtásának kevésbé látták realitását, míg manapság már szinte minden robbanómotoros rádió-távírányítású légijárműnek megjelent az elektromotoros modifikációja, ezzel kiszorítva a korábbi megoldásokat [39].

A légsavarral hajtott UAV-kat kis magasságon (a közeli harcászati mélységű felderítésre használják). A 300–500 W teljesítményű, lítium vagy nikkell-kadmium telepekkel üzemelő berendezések képesek 1–1,5 óráig a levegőben tartózkodni és ezalatt 50–70 km hosszú útvonalat végigrepülni. Mivel csendes és kis méretű eszközök, a felderítésük szinte lehetetlen. Általában 8 mm-es sztereo audio-video felderítő készlettel szerelik fel, melynek adatait 2–2 adatcsatornán, 8–10 km-ig képesek zavarmentesen továbbítani a földi irányító-ellenőrző állomásra.

Ezeket csekély súlyuk miatt kézből indítják és kismagasságú, csökkentett sebességű bejövétel utáni „puha” landolással hasra szállítják. Az USA szárazföldi csapatai sikeresen alkalmazták az ilyen eszközöket Panamában és Nicaraguában végrehajtott akcióikban [2].

¹⁷² turbojet

¹⁷³ turbofan

¹⁷⁴ turboprop

2.6 IRÁNYÍTÁS

Az irányítás szempontjából megkülönböztetünk: távirányítású, programvezérelt és kombinált vezérlésű UAV-kat.

2.6.1 Távirányítású UAV-k

Az UAV-k egyik nagy csoportját a távirányítású repülőgépek¹⁷⁵ alkotják. Jellemzőjük, hogy repülésük a felszállástól a leszállásig emberi beavatkozással, távirányítással történik.

Ez a módszer akkor alkalmazható, ha az RPV vizuálisan látható, vagy ha rádiólokációs eszközökkel megfigyelhető és biztonságosan követhető, valamint a repülési paramétereiről megbízható adatok állnak az operátor rendelkezésére.

Ennek megfelelően, ezeknek a rendszereknek rendelkezniük kell földi ellenőrző¹⁷⁶ (GCS) és adattovábbító¹⁷⁷ (RCT) állomással. Ezeket általában külön-külön, gépjárműre szerelt kabinokba telepítik.

A GCS egy több munkahelyes (2–3) egység, melyből az RPV és a fedélzetén elhelyezett berendezések irányítását és vezérlését végzik, valamint a megszerzett információkat elsődlegesen feldolgozzák és a felhasználók felé továbbítják. A kezelőállomány munkájának megkönnyítésére a munkafolyamatok automatizáltak.

Az aleggység parancsnoka (váltásparancsnoka) felelős a feladat végrehajtásának megtervezéséért, megszervezéséért, a kapott adatok pontos, időbeni, és meghatározott helyre történő továbbításáért. Közvetlenül ellenőrizheti beosztottai munkáját.

A váltás többi tagja közül az egyik a repülőeszköz irányítását (repülési paraméterek betartása, megváltoztatása stb.) és/vagy a navigációs feladatok ellátását illetve a fedélzeti berendezéseket vezérlését végzi.

Az RCT tulajdonképpen egy híradó, adattovábbító alközpont. Rajta keresztül jutnak ki az RPV fedélzetére és jönnek vissza a GCS-re a különböző irányítási parancsok, repülési felderítési információk és magának az RPV-nek a helyzetadatai.

Ennek megfelelően a készletébe különböző rádió adó-vevő berendezések, antennarendszerek és adatcsatornák tartoznak.

A hibamentes távvezérléshez igen megbízható, kétoldalú, zavarmentes adatvonalak szükségesek. A zavarmentességet az adott, illetve a vett jelek digitalizálásával, tömörítéssel, történő képfeldolgozással, szűknyalábú, irányított, nagyfrekvenciás adattovábbítással valósítják meg. A rendszer kiegészülhet mozgó vevőegységekkel¹⁷⁸ (MRU), melyeket különböző vezetési szinteken alkalmazhatnak az UAV felderítési adatainak vételére és megjelenítésére [2].

2.6.2 Programvezérlésű UAV-k

Jellegzetességük – az előbbiekkal szemben –, hogy repülésüket az útvonal teljes szakaszán feladatuknak megfelelően a fedélzeti számítógép memóriájában meglévő program alapján hajtják végre. Utóbbiban szerepel valamennyi alapadat, mely szükséges a drón megfelelő útvonalon, megfelelő profillal végrehajtott repüléséhez, beleértve a fedélzeti berendezések üzemelését is. Az eszközök teljes repülésük ideje alatt megfigyelhetők ugyanúgy, mint más transzponderrel felszerelt UAV-k.

¹⁷⁵ Továbbiakban; RPV – Remotely Piloted Vehicle

¹⁷⁶ GCS – Ground Control Station

¹⁷⁷ RCT – Remote Communication Terminal

¹⁷⁸ MRU – Mobile Receiving Units

A repülés pontos végrehajtása érdekében különböző fedélzeti, kis magasságú navigációs – valamint terepazonosító rendszerrel vannak ellátva, melyek a felszállás után automatikusan aktivizálódnak. Ezek az eszközök többnyire felderítő és harctéri megfigyelői feladatokat láthatnak el, de az UAV-k között is találhatunk különböző típusú csapásmérő eszközöket.

Az ide tartozó harctéri felderítő eszközök egyik legismertebb gyártmánya a kanadai CANADAIR vállalat CL–289 típusú (2.41 kép) rendszere¹⁷⁹ [40], melyet jelenleg a német és a francia hadsereg rendszeresített. A CL–289 egy hadtest szintű felderítő eszköz, mely képes fotó és/vagy infravörös szenzorokkal nappali, illetve éjszakai, valós idejű felderítési adatokkal ellátni a maximum 70 km-re települt GCS-t [2].



2.41. kép CL–289^{180,181}

2.6.3 Kombinált vezérlésű UAV-k

Ez az eszközcsoport az előbbi két irányítási megoldás kombinációja. Nem túlságosan elterjedtek, bár a meglévő eszközök igen hatékonynak bizonyultak eddigi használatuk során. Ennek a hibrid rendszernek egyik képviselője a THOMSON vállalat által a Belga Haderő részére kifejlesztett és gyártott Epervier nevű eszköze, melynek feladata a harcmező felderítése. A berendezést úgy alkalmazzák, hogy az UAV-t távvezérléssel a GCS maximális hatótávolságáig irányítják a földről. Ott még kap egy utolsó parancsot, a programozott üzemmódra való átállásra. Általában innen kezdődik a konkrét feladat-végrehajtás, esetünkben a harcmező, vagy elektronikai felderítés.

Az eszköz azonosítja helyzetét, esetleg korrigálja azt a földi tereptárgyak alapján, majd végig repüli a programozott útvonalat, mialatt végrehajtja feladatát, majd visszatér az irányítási zónájába, ahol meghatározott helyen (utolsó program parancsként) visszaáll rádió-távírányításra [2].

A rendszer előnye, hogy a hatótávolsága nem függ a földi ellenőrző állomás technikai paramétereitől. Ezen túl a repülés, a kritikus szakaszokon (fel-leszállás) emberi beavatkozással történhet, ami egyfajta biztonságot ad a rendszernek a programozott vezérlésével szemben.

2.7 AZ UAV-K INDÍTÁSA

Egy távirányítású repülőgép legnagyobb biztonsággal a földről, saját energiaforrásról táplált meghajtással indítható. Ilyen feltételek mellett, az irányítást végző személy számára minden szükséges paraméter befolyásolható, és csak ritkán léphetnek fel váratlan, tőle független körülmények. Természetesen különböző okok miatt ezek a feltételek nem mindig biztosíthatók [39].

¹⁷⁹ A CL–289 AN–USD 502 PNR-komplexumról részletesebben a [40] irodalom 81–87 oldalán található.

¹⁸⁰ Forrás: http://www.army-technology.com/projects/cl289/images/cl289_9.jpg (2013.06.03.)

¹⁸¹ Forrás: <http://www.spyworld-actu.com/IMG/cl289.jpg> (2013.06.03.)

Az UAV-n alkalmazott indítási és leszállítási módokat döntően az alábbiak befolyásolják [40]:

- a sárkányszerkezet kialakítása;
- felszálló tömegének nagysága;
- az alkalmazási körülményei.

Utóbbihoz tartozhatnak például: ha nincs futómű, vagy nem elég az alkalmazott saját hajtómű teljesítménye a szükséges felszálló sebesség eléréséhez, nagy a felszálló tömeg, nagy a felületi terhelés, esetleg nincs megfelelő minőségű sík terület a felszálláshoz, illetve a légszűrő (ha van) forgássíkja vagy a szárny/törzs alá felerősített berendezések, eszközök eléri a talajt. Ezeknek a problémáknak az áthidalására számos megoldás létezik [39].

Az UAV-nak az alábbi három indítási módja a leggyakoribb:

- a) futóművel rendelkező HTOL típusok, ahol a fel- és leszállópálya rendelkezésre áll;
- b) katapultáló vagy rakéta-meghajtásúak, amelyek nem rendelkeznek függőleges felszállási képességgel és ahol a működési körülmények vagy a terep nem teszi lehetővé a megfelelő hosszúságú fel- és leszállópálya kialakítását;
- c) függőleges fel-és leszállásúak (VTOL) [41].

A felsorolás nem tartalmazza azon eszközöket, amelyeket más légi járművek a levegőben indítanak, vagyis a légi indításúakat. Tehát az indítás helyszíne alapján megkülönböztetünk: földi- és légi indítású UAV-kat. A továbbiakban e felosztás szerint vizsgáljuk meg az UAV-k indítását.

2.7.1 Földi indítású UAV-k

A felhasználók egyik fontos elvárása, hogy a repülőeszközök legyenek képesek minél rövidebb távolságon a felszállást végrehajtani. A merevszárnyúak közül a kis súlykategóriába tartozókat (max. 10 kg) általában kézből, emberi erővel indítják például RQ-11 Raven, Aladin, Tracker, Skylark I LE (2.42.–2.45. képek).

Ennek a hátránya, hogy legalább két embert igényel, mert a gép levegőbe jutásának pillanatában, illetve az azt követő pár másodpercben, nem áll irányítás alatt. Továbbá az eldobás technikáját is be kell gyakorolni [42]. Egyértelmű előnye viszont, hogy bárhol, ahová emberek el tudnak gyalogolni, indítható.



2.42. kép RQ-11 Raven¹⁸²



2.43. kép Aladin

A másik módja a levegőbe juttatásnak az indítókatapult alkalmazása. Ehhez rendszerint egy hordozható merev fém állványt használnak. A cél, a felszálláshoz szükséges kinetikus energia átadása a repülőnek.

¹⁸² Forrás: http://4.bp.blogspot.com/_V4Euc_tMUdU/TCF0bjPG-OI/AAAAAAAAAPA/f21CtdNa3NY/s1600/Raven.jpg (2013.05.31)

A közepes (10–150 kg) tömegű UAV-kat leggyakrabban ilyen katapult berendezésről indítják el, amely lehet:

- elasztikus (gumiköteles) – Desert Hawk (2.46. kép), Dragon Eye (2.47. kép);
- pneumatikus és hidraulikus – Crecerelle, BQM–147A, Fox AT–1, Observer, Phoenix, Ranger, Shadow 200, Sperwer, Ugglan, Hermes 450, Aerosonde Mk 4.7 (2.48–2.55. képek) és
- rakétaindítású (kémiai) (2.56–2.57 képek)

meghajtású.



2.44. kép Tracker mini-UAV¹⁸³



2.45. kép Skylark I LE mini-UAV¹⁸⁴

A gumis katapultnál a szükséges kinetikus energiát a gumi előfeszítésével állítják elő. Ez a felszállítási módszer rendkívül egyszerű és olcsó, de nagyobb tömegű robotrepülőgépek levegőbe juttatásához nem szolgáltat kielégítő teljesítményt. A gumi előfeszítése történhet kézzel, emberi erővel, vagy csörlő segítségével.



2.46. kép Desert Hawk¹⁸⁵



2.47. kép Dragon Eye¹⁸⁶

Az indítókatapultos megoldás több előnnyel is jár a hagyományos kerékről történő felszállással szemben. Az ún. utazó hajtómű lehet kisebb teljesítményű is, mivel a kezdeti kinetikus energiát a már említett, külső segédberendezésekkel hozzák létre. Ez lehet egy kompresszor, amit adott esetben az indítóállványt szállító gépjármű hajt meg, vagy elektromotoros meghajtású, ami az autó akkumulátoráról is üzemeltethető. A kisebb teljesítményű hajtómű általában kisebb saját tömeget is eredményez, amivel a robotrepülőgépek hasznos terhelésének szabadítunk fel helyet.

¹⁸³ Tracker UAV http://www.cassidian.com/documents/10157/85809/Tracker_555.jpg (2013.05.31)

¹⁸⁴ Forrás: http://defense-update.com/images/New_Skylark.jpg (2013.05.31)

¹⁸⁵ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/USAF_Desert_Hawk_launch.jpg (2013.05.31)

¹⁸⁶ Forrás: <http://www.aero-news.net/images/content/military/2005/AeroVironment-DragonEye-NOLA-0905-002b.jpg> (2013.05.31)



2.48. kép BQM-147A¹⁸⁷



2.49. kép Fox AT-1¹⁸⁸



2.50. kép AAI Corporation Aerosonde Mk 4.7¹⁸⁹



2.51. kép Crecerelle



2.52. kép Sperwer¹⁹⁰



2.53. kép Hermes 450¹⁹¹



2.54. kép Northrop Grumman BAT¹⁹²



2.55. kép Scan Eagle¹⁹³

¹⁸⁷ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/bqm-147a.jpg> (2013.05.31)

¹⁸⁸ Forrás: http://3.bp.blogspot.com/_En-sxfOkXP8/ShDq_8nh8OI/AAAAAAAAABKw/kiNr_OKchqY/s400/Fox+UAV+France.jpg (2013.05.31)

¹⁸⁹ Forrás: http://www.uavglobal.com/wp-content/gallery/aerosonde-mk-4-7/aerosonde_launch_w_payload.jpg (2013.05.30)

¹⁹⁰ Forrás: http://www.satnews.com/images_upload/292593691/Sagem_Sperwer.jpg (2013.05.30)

¹⁹¹ Forrás: http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/hermes_450/hermes_450_12.jpg (2013.05.30)

¹⁹² Forrás: <http://www.xconomy.com/san-diego/2009/08/11/northrop-grumman-takes-center-stage-at-unmanned-technologies-confab/attachment/bat-flight-testing-on-el-centro-range/> (2013.05.30)

¹⁹³ Forrás: http://www.strategypage.com/gallery/images/scan_eagle.jpg (2013.05.30)

Indítókataapult alkalmazásánál nem kell ideiglenes felszállópályát előkészíteni, vagy arra alkalmas terepszakaszt kijelölni. Így a robotrepülőgépek felszállási helye csak az indítókataapultot szállító jármű terepjáró képességeitől függ, vagy ha kisebb méretű az indítóállvány, akár egy hátizsákban is elfér, majd a helyszínen összeszerelhető [2][40][42]. A módszer hátrányként említhető azonban, hogy a fejlesztési és gyártási költségeket jelentősen megnöveli az indítókataapult (indítóállvány) előállítás, valamint a széliránytól függ a felszállási irányuk, illetve egy bizonyos felszálló tömeg felett nem célszerű az alkalmazása.



2.56. kép Karrar UAV¹⁹⁴

Létezik azonban ebben a tömeg kategóriában is olyan eszköz, amelyet segédhajtómű (indítógyorsító rakéta) segítségével indítanak el.



2.57. kép RQ-5A Hunter¹⁹⁵

A rakétaindítás előnye, hogy bármilyen helyzetből (széliránytól függetlenül) képesek felszállni, illetve a rakétán kívül nem igényel külső energiaforrást – mint például a kompresszor – és nagy a teljesítmény-tömeg aránya. Lehetővé teszi az úgynevezett „zéró katabultus” indítást, ahol egy igen nagy (közel függőleges) szögben indítják a robotrepülőgépeket, így lehetővé válik a szűk, kis helyről való indítás. Ez történhet egy hajóról, vagy akár egy erdő tisztásáról. A rakéta, kiégése után, leválik a robotrepülőgép törzséről, majd a gép a saját utazóhajtóművével repül tovább.

Hátránya, hogy az indítást a hang-, hő-, por- és a fényhatás miatt könnyű felderíteni illetve a szállítás és üzemeltetés veszélyes, valamint a rakéták tárolása is fokozott kockázatot jelent [2]. Kedvező megoldás az izraeli fejlesztésű MALAT Ranger, ami mind pneumatikus indítóállványról, mind rakétaindítással pályára állítható, ami szélesebb körben használhatóvá teszi.

¹⁹⁴ Forrás: http://defense-update.com/Images_new3/karrar_recce.jpg (2013.05.30)

¹⁹⁵ Forrás: http://www.airforce-technology.com/projects/rq5a-hunter-uav/images/hunter_4.jpg (2013.05.30)

A nagy felszálló tömeggel rendelkező robotrepülőgépek – ide sorolható a 6781 kg szerkezeti tömegű Global Hawk (2.58. kép) [43], vagy az 1980 kg szerkezeti tömegű RQ-3 DarkStar (2.59. kép) [44] – indítása, és leszállítása a hagyományos módon kerékről, és kemény burkolatú pályáról történik, melynek hossza meghaladhatja az 1500 métert is.



2.58. kép RQ-4A/B Global Hawk¹⁹⁶ 2.59. kép Lockheed Martin RQ-3 DarkStar

Közepes felszálló tömegű robotrepülőgépeknél az indítás történhet ugyanúgy kerékről, de a fel- és leszállópálya lehet egy sima füves terület, vagy dögölt, tömör, elegyengetett földút is. Ezt a megoldást csak abban az esetben használják, ha a hajtómű teljesítménye elegendő a felszálláshoz. Ezt a módszert alkalmazzák több közepes felszálló tömegű robotrepülőgépeknél, például a 450 kg-os Hermes 450-nél [45] (2.53. kép), vagy a 136 kg tömegű RQ-6 Outrider-nél (2.60. kép) [46][47]. Ezeknél a gépeknél a fel- és leszállópálya hossza 100–200 métertől, 600–700 méterig terjedhet, ami mérete miatt akár közúton is kijelölhető.



2.60. kép Outrider¹⁹⁷

2.7.2 Légi indítású UAV-k

Az UAV-k általában földi indításúak, de néhány konstrukció közülük repülőgép vagy helikopter fedélzetéről is startolhat.

Ezek kivétel nélkül programozottan hajtják végre repülésüket. Ennek magyarázata, hogy ezeket az eszközök közepes és nagy hatótávolságú felderítésre fejlesztették ki, melyet nagy repülési magasságon és sebességgel hajtanak végre. Ez – a nagy távolság miatt – nem valósítható meg

¹⁹⁶ Forrás: http://www.airforce-technology.com/projects/rq4-global-hawk-uav/images/2_global_hawk.jpg (2013.05.31)

¹⁹⁷ Forrás: http://www.fas.org/irp/program/collect/outrider_16.jpg (2013.05.21)

rádió-távírányítással. A megszerzett adatokat visszaérkezésük után lehet csak feldolgozni, ami azt eredményezheti, hogy azok már akkorra aktualitásukat veszítik, ellentétben azokkal a rendszerekkel, amelyek a felderítési információkat azonnal átjuttatják a GCS-re.

Hasznos terhek közé rádió-, rádiótechnikai felderítő eszközök, éjjel-nappali fotó és TV kamerák, vegyi-sugár felderítő berendezések tartozhatnak [2].

Ezek közül először – harci körülmények között – a Teledyne Ryan Model 147 (AQM 34N) típusú eszközt (2.61. kép) az USA fegyveres erői alkalmazták Vietnámban. Ennek a típusnak a továbbfejlesztett változatát a Kínai hadseregben Wu Zhen 5 (WZ-5) export változatát Chang Hong [48] néven ismerhetjük.



2.61. kép A Teledyne AQM-34N drón légi indítása¹⁹⁸

2.8 VISSZATÉRÉS

A repülő szerkezetek egyik legkritikusabb repülési szakasza a leszállás. A szerkezeti sérülések nagy részét ezek helytelen végrehajtása során szenvedik el az UAV-k is [39].

Az UAV-k leszállása történhet: saját futóművére, ejtőernyővel és/vagy elfogó hálóval.

2.8.1 Leszállással visszatérő UAV-k

Ezek az eszközök a le- és felszállást távirányítással hajtják végre, hiszen a repülés egyik legbonyolultabb szakaszát, a leszállást jelenleg még teljes automatizálással nem minden UAV-n lehet megoldani. Az ilyen módon földet érő eszközök leszállási paramétereit a gyártók a megrendelő kívánságára úgy igyekeznek kialakítani, hogy a talajfogás helyétől minél rövidebb távolságon képes legyen megállni, és lehetőleg ne igényeljen speciálisan előkészített pályát. Mindenesetre a leszállóhely kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy az UAV vizuális felderítése után annak még valószínűleg több manővert is végre kell hajtania, míg a megfelelő helyen talajt nem ér. Ezeket az eszközöket a megrendelő kérésére különböző variációk szerint készíthetik el. Ennek megfelelően kialakításuk alapján lehetnek, hasra, kerékre, vagy csúszótalpra landoló eszközök. A legújabb fejlesztés egy rugóstalp megoldás, melynek az előnye a kerekes futóművel szemben, hogy előkészítetlen terepre történő érkezéskor is megóvja a szerkezetet a felborulástól. Ezt a kialakítást használja a Svájcban rendszeresített Ranger UAV is (2.64. kép).

¹⁹⁸ Forrás: http://farm8.static.flickr.com/7189/6870985235_2e7ff9a3b5.jpg (2013.05.31)



2.62. kép Kingfisher 2 UAV leszállása¹⁹⁹



2.63. kép Heron TP leszállása²⁰⁰

Kis és közepes tömegű repülőgépeknél az érkezés történhet csúszótalpra, ami egy füves, homokos, többé-kevésbé egyenes terepszakaszon is végrehajtható. A kerékre történő leszállásnál annak úthosszát alapvetően két módszerrel csökkentik. A kerekek fékezésével, illetve a repülőgép-hordozókon bevált elfogóhorog alkalmazásával. A robotrepülőgépek mind kerekes, mind csúszótalpas leszálló berendezéseinél hidraulikus rugóstagot használnak, a talajtól származó ütközési energia elnyelésére. Sok korszerű robotrepülőgépet (Heron, Heron TP, MALAT Ranger stb.) elláttak automatikus leszállást²⁰¹ biztosító rendszerrel (2.62–2.65 képek).



2.64. kép IAI/MALAT Ranger²⁰²



2.65. kép RQ-7 Shadow fékezőhorgos megállása²⁰³

2.8.2 Ejtőernyővel visszatérő UAV-k

Gyakori megoldás a visszatérésre, amit leginkább a kis-, és közepes tömeg kategóriájúaknál alkalmaznak. Ennél a visszatérési módszernél az UAV automatikusan (program alapján) vagy távirányítással, a kiválasztott leszálló terület fölé repül, ahol a meghatározott repülési paraméterek (irány, sebesség, magasság) beállítása után automatikusan, vagy parancsra kinyitja az ejtőernyőt és földet ér, és annak mérete biztosítja az UAV tömegének megfelelő biztonságos földetérést. A fedélzeti adatoknak és magának a repülő eszköznek a biztonsága érdekében az új típusú UAV-kon kiegészítő tartozékként a törzs alá felszerelnek, un. légszákókat is (2–3 db-ot), amelyek az ejtőernyő nyitásával egyidőben megfelelő nyomásúra fúvódnak fel, és ez által csökkentik a talajra érkezéskor fellépő ütődés hatását. Ez a kiegészítő tartozék megtalálható a Brevel-nél, a Nishant-nál, és a Sperwer, CL-289-nél is [2] (2.66–2.69. képek).

¹⁹⁹ Forrás: http://www.unmannedsystemstechnology.com/wp-content/uploads/2013/02/IMG_2080high.jpg (2013.05.31)

²⁰⁰ Forrás: http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/heron/heron_tp_4.jpg (2013.05.31)

²⁰¹ ATOL – automatic takeoff and landing system (Automatikus fel- és leszállító rendszer)

²⁰² Forrás: http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/ranger/ranger_2.jpg (2013.05.31)

²⁰³ Forrás: http://olive-drab.com/images/id_uav_rq7_02_700.jpg (2013.05.31)

2.66. kép Nishant UAV²⁰⁴2.67. kép SpyLite UAV²⁰⁵

Az ejtőernyős módszernél, a robotrepülőgépeket először átesés közeli sebességre lassítják a földet érési zóna közelében, ezt követően nyitják az ejtőernyőt. A földet érés előtti pillanatban felfúvódnak az energiaelnyelő légpárnák.

Az ejtőernyős leszállítási mód nagy előnye, hogy nem igényel kiépített leszállópályát, de alkalmazási területét behatárolja, az érkezés helyének pontatlansága. Így csak szárazföldön használható megfelelően, hajókon már kevésbé. Hátrányaihoz tartozik, a nagyobb mechanikai sérülés veszélye és a bonyolultabb technikai megvalósítása [42].

2.68. kép CL-289 felderítő UAV²⁰⁶2.69. kép Sperwer UAV sikeres leszállás követően²⁰⁷

2.8.3 Elfogóhálóval visszatérő UAV-k

Speciális leszállítási módja például a MALAT -nak a kifeszített fogóhálóba vezetés, ez csak aránylag kis felszállótömegnél használható, viszont lehetővé teszi a hajókon való alkalmazását, a leszállás kis helyigénye és a leszállási hely pontossága miatt.

Ez, az UAV vezérlő eszközétől pontos navigációt megkívánó eljárás, amely viszonylag kedvező (szélmentes) időjárási körülményeket feltételez (2.70–2.74. képek).

²⁰⁴ Forrás: http://4.bp.blogspot.com/_htvjsmtPrmc/Sd870-KHLEI/AAAAAAAAABUA/BHo_JkeQXLQ/s400/Recovery.jpg (2013.05.31)

²⁰⁵ Forrás: <http://www.airforce-technology.com/projects/8385/images/204353/large/31-image.jpg> (2013.05.31)

²⁰⁶ Forrás: http://www.army-technology.com/projects/cl289/images/cl289_4.jpg (2013.05.31)

²⁰⁷ Forrás: http://bespilotie.ru/wp-content/uploads/2011/12/AIR_UAV_Sperwer-A_Post-Mission_Kandahar_Ig.jpg (2013.05.31)



2.70. kép BAT-12²⁰⁸



2.71. kép Elfogó hálóval visszatérő Pioneer²⁰⁹



2.72. kép Elfogó hálóval visszatérő Luna²¹¹



2.73. kép Fulmar mini-UAV²¹⁰



2.74. kép A ScanEagle UAV visszatérése²¹²

Különlegességnek számít az orosz fejlesztésű Tu-243 Rejsz-D repülőeszköz, amely a földetérés előtti pillanatban, fékező pirotechnikai patronokkal csökkenti a mozgási energiáját [49].

²⁰⁸ Forrás: http://defense-update.com/Images_new3/bat_net.jpg (2013.05.31)

²⁰⁹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Iowa_drone.jpg (2013.05.31)

²¹⁰ Forrás: <http://www.aerovision-uav.com/videos.php#> (2013.05.31)

²¹¹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/LUNA_German_UAV.jpg (2013.05.31)

²¹² Forrás: <http://www.af.mil/shared/media/photodb/photos/100706-F-2120E-531.jpg> (2013.05.31)

<http://www.uavglobal.com/wp-content/gallery/scaneagle/5.jpg> (2013.05.31)

2.9 REPÜLÉSI JELLEMZŐK (ADATOK)

Repülési jellemzőik alapján az UAV-k: sebességük, magasságuk, hatósugaruk, repülési időtartamuk szerint is csoportosíthatóak.

Több paraméter is számításba vehető a rendszerezésnél, de az alábbiakban csak a különböző feladatok végrehajtásában elsődleges fontosságúakat vizsgáljuk, melyek természetesen egymással igen szoros kapcsolatban vannak.

2.9.1 Repülési sebesség

2.9.1.1 Kis sebességűek

Ebbe a kategóriába a 0–350 km/h repülési sebességű UAV-k tartoznak. A VTOL mindegyike, a hagyományos UAV-k közel 80%-ka e sebességhatáron belül bármilyen feladat végrehajtására alkalmas, amely különösen kedvező a terepfelderítésre, célfelderítésre és célmegjelölésre.

Hátránya viszont, hogy a kis sebesség miatt aránylag hosszú ideig tartózkodik egy adott földi telepítésű légvédelmi eszköz tűzhatásának körzetében. Levegőből történő megsemmisítésük elsősorban helikopterekkel vagy kis sebességű felfegyverzett repülőgépekkel történhet, mivel a nagy megközelítési sebesség miatt ez vadászrepülőgépekkel korlátozottan lehetséges [2].

2.9.1.2 Nagy sebességű UAV-k

Ebbe a kategóriába a 350–1000 km/h sebességhatárok között repülő eszközök tartoznak. Nem nagy számban, de léteznek ilyen típusok is. Leggyakoribb feladatuk a közepes és nagy magasságon végrehajtott harcászati, vagy hadműveleti felderítés. Többségükben programvezérlésű drónok, de akadnak ebben a kategóriában RPV-k is.

A nagy repülési sebesség eredményeként rövid idő alatt képesek nagy területről (általában valós idejű) felderítési adatot szolgáltatni, továbbá védettebbek a földi légvédelmi eszközök (elsősorban a légvédelmi tűzérség) tűzétől, mivel azok tűzhatáskörzete feletti magasságtartományban tevékenykednek. Ellenben eredményesen leküzdhetők földi telepítésű légvédelmi rakétaeszközökkel és vadászrepülőgépekkel [2].

2.9.2 Repülési magasság

Ez a csoportosítás nem a csúcsmagasság, hanem a feladat végrehajtás szempontjából az un. alkalmazási, magasság szerint történik. Magyarországon például, az állami célú repülésekben ezt az alábbiak szerint kategorizálják:

- földközeli repülések, amelyek
 - nagysebességű (460 km/ó; feletti sebesség) légi járműveknél a természetes vagy mesterséges akadályok feletti valóságos repülési magassága 1300 m AGL és alatt,
 - kissebességű (460 km/ó, és alatti sebesség) légi járműveknek a természetes vagy mesterséges akadályok feletti valóságos repülési magassága 100 m AGL és alatt;
- kismagasságú repülések, amelyek
 - a nagysebességű légi járművek repülése a földközeli magasság felső határától 900 m magasságig, vagy
 - a kissebességű légi járművek repülése a földközeli magasság felső határától 600 m magasságig;

- közepes magasságú repülésekre 600 m vagy 900 m magasságtól 4900 m magasságig;
- nagy magasságú repülésekre 4900 m magasságtól 12 500 m magasságig;
- sztratoszféra repülésekre 12 500 m magasságtól 40 000 m magasságig.

2.9.2.1 Földközeli és kis magasságon repülő UAV-k

E magassági tartományban általában a közeli harcászati mélységben tevékenykedő UAV-k repülnek. Ez biztosítja mind vizuális, mind rádiólokációs felderítéssel szembeni védelmet, ellenben korlátozza a belátható, felderíthető (áttekinthető) terület nagyságát, valamint lecsökkenti a lehetséges távirányítás hatótávolságát. Ezen okok miatt ebben a tartományban leggyakrabban drónokat alkalmaznak [2].

2.9.2.2 Közepes magasságon repülő UAV-k

Az UAV-k leggyakrabban ennek középső zónájában hajtják végre feladataikat, mivel ez kiválóan alkalmas vizuális felderítésre, rádióelektronikai zavarásra, rádiótranszlációra stb. Általában a rendszerben lévő légvédelmi gépágyúk és géppuskák, valamint a közeli hatótávolságú kézi légvédelmi rakéták maximális hatómagassága a 2500–3000 m. Így az ennél nagyobb magasságon repülő UAV-k az előbb említett eszközök tűzhatás körzetén már kívül vannak, a rádiólokációs felderítésük viszont kis méretük miatt alacsony valószínűséggel hajtható végre [2].

2.9.2.3 Nagy magasságon repülő UAV-k

Ebben a magasságtartományban ritkán alkalmazzák a pilóta nélküli repülő eszközöket. Itt olyan, – rendszerint programvezérlésű nagy hatótávolságú, hosszú repülési időtartamú feladatot végrehajtó – légi járművek vehetők számításba, melyeket speciális éjjel-nappali felderítő, valamint híradó eszközökkel láttak el, és képesek a valós idejű adatok továbbítására [2].

2.9.2.4 Sztratoszférában repülő UAV-k

A 12 000 m feletti repülési magasság tartozik ebbe a tartományba. Az itt repülő UAV-k, általában olyan, minden esetben programvezérlésű, légi indítású, torlósugar hajtóműves repülőeszközök, melyek hadműveleti szintű feladatokat oldhatnak meg [2].

2.9.3 Hatósugár

2.9.3.1 Rövid hatósugarú UAV-k

Ebbe a kategóriába a maximum 50 km hatósugarú eszközök tartoznak, benne elsősorban a haditengerészet VTOL és a könnyű kategóriájú UAV-i. Ezeket olyan harcászati egységek igénylik, mint a szárazföldi csapatok- a tengerészgyalogság századai, zászlóaljai, dandárjai, amelyeknek szükségük van a 30–50 km mélységű tevékenységi terület közvetlen megfigyelésére.

2.9.3.2 Kis hatósugarú UAV-k

Ezek az eszközök a szárazföldi csapatok tevékenységét hadosztály szinttől hadtest szintig támogatják, ugyanakkor rendszerben állnak a haditengerészet és a tengerészgyalogság erőinél.

Feladatuk az ellenség tevékenységének felderítése maximum 150 km mélységig. Ebbe a kategóriába tartozó eszközök a fedélzeti berendezések széles skáláját hordozzák, így képesek a felderítésen túl, híradó, és csapásmérő feladatok ellátására is.

2.9.3.3 Közepes hatósugarú UAV-k

A maximum 650 km hatósugarú légi vagy földi indítású UAV-k tartoznak ebbe a kategóriába. Felhasználhatóak célok felderítésére és azonosítására, és a csapások eredményességének a meghatározására bármilyen időjárási viszonyok között, éjjel és nappal, erősen oltalmazott terület felett is.

Számos különböző működő és fejlesztés alatt álló merevszárnyú és forgószárnyas konfiguráció van jelenleg a világ minden táján, és ezek a rendszerek nagyrészt felderítő és tűzérési tűztámogató, ellenőrzési feladatokat látnak el. A merevszárnyú repülőgépek ebben a kategóriában általában már kerek futóművel szállnak fel és le futópályákon vagy felszállópályákon. Kivételt képez a Ranger típus (2.64. kép), amelynél lehetőség van a földi rámpás felszállásra.

A függőleges fel- és leszállásra alkalmas légijármű típusok ebbe a kategóriába sorolhatók, melyek műveletei közé tartozik, az aknák felderítése. Megkülönböztetünk közepes hatótávolságú, valamint közepes magasságú hosszú időtartamú rendszereket.

A merev szárnyú kategória jellemző típusai:

- Hunter RQ-5A (IAI, Malat és a Northrop Grumman, USA);
- Seeker II (Denel Aerospace Systems, Dél-Afrika);
- Ranger (RUAG Aerospace, Svájc);
- Shadow 600 (AAI Corp., USA).

A Hunter, a fejlesztések során egy második motort kapott, melyet a repülőgép elejére építettek. Ezért a korábban, az orrban elhelyezett infravörös érzékelő és az optikai kamera rendszerek a forgatható toronyba kerültek.

Bár a „Hunter A” modellt még mindig széles körben használják a közepes hatótávolságú szerepe miatt, fejlődését jól mutatja az 2.15. táblázatban a B és E [51] modellek megnövekedett repülési időtartama és magassági képességei.

Hunter típusok	Teljes tömeg (kg)	Szárny fesztávolság (m)	Szárnyterhelés (N/m ²)	Repülési időtartam (óra)	Utazósebesség (km/h)	Repülési magasság (m)
RQ-5A	727	8,84	807	12	202	4600
MQ-5B	816	10,44	767	15	222	6100
MQ-5C E-Hunter	998	16,6	590	30	222	7620

2.15. táblázat A Hunter különböző típusainak összehasonlítása²¹³

A repülőgép hatósugarát ugyanakkor nem terjesztették ki, viszonylag lassú az utazósebessége és kommunikációs rendszer hatósugara is korlátozott (125 vagy 200 km), így egy második repülőgépet is szükséges alkalmazni rádióátjátszóként. A csapásmérő képesség terén azonban bővült a C modell, így már képes rakétákat és egyéb konténereket (pl. felderítő) szállítani a szárnyalatti tartókon [11][50].

A 2.75. és a 2.76. képeken a merev szárnyú UAV-k másik két tagja látható, néhány fontosabb adatát pedig a 2.16. táblázat tartalmazza.

²¹³ Szerkesztette a szerző (MS Word), Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. page 56



2.75. kép Ranger²¹⁴



2.76. kép Shadow 600²¹⁵

	Ranger	Shadow 600
Teljes tömeg	285 kg	266 kg
Motor teljesítmény	31,5 kW	39 kW
Sebesség	240 km/h	190 km/h
Hatósugár	180 km	200 km
Repülési időtartam	9 óra	14 óra
Hasznos teher	45 kg	41 kg

2.16. táblázat Ranger és a Shadow közepes-hatótávolságú UAV típusok²¹⁶

2.9.3.4 Nagy hatósugarú UAV-k

Több mint 650 km-es hatósugarú, általában légi indítású eszközök tartoznak ebbe a kategóriába. Ilyenek a TASS rendszerek (Target and Surveillance System – felderítő és megfigyelő rendszer), melyek elláthatnak ABV (atom-biológiai-vegyi) feladatokat is.

A legújabb fejlesztések között olyan nagy hatósugarú, több napig is levegőben tartózkodni tudó repülőeszköz is megtalálható, amely békeidőben megfigyelő és riasztó, míg háborúban nagyterületű harctéri felderítő feladatot látna el [2].

Az eredeti „Predator A” konstrukció megépítésének az volt a célja, hogy nagy hatótávolságú felderítő feladatokat hajtsen végre. A „Predator A” nem rendelkezett fegyverzettel, így hamar nyilvánvalóvá vált, hogy az UAV a felderítésen kívül további harc feladatok ellátására nem volt alkalmas. Egy azonnali beavatkozás végrehajtásához kellett kifejleszteni a „Predator B” típust, amely már két darab Hellfire rakétát is kapott és műveletek sora igazolta az átalakítás helyességét, sikerét Irakban és Pakisztánban. Ezután létrehoztak egy új modifikációt (Reaper néven), amely már négy darab Hellfire rakéta függesztésére és indítására is alkalmas (2.78 kép).

A Hellfire rakéta kínálta csapásmérési lehetőséget alapvetően a közepes-, valamint a nagy hatótávolságú, hosszú élettartamú merevszárnyú pilóta nélküli repülőgépekre tervezték. A fejlesztés jelenleg is folyik a forgószárnyas UAV-k átalakítására. A projekt neve Boeing/Frontier Systems Hummingbird. Az Egyesült Államok Különleges Műveleti Parancsnoksága (SOCOM²¹⁷) azt tervezi, hogy felügyeleti és harci alkalmazás céljából beszerez 20 darab olyan Hummingbird rendszert, amely 30 órás folyamatos repülésre képes [11].

²¹⁴ Forrás: http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/ranger/ranger_s_1.jpg (2013.05.21)

²¹⁵ Forrás: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/05/Shadow-600.jpg> (2013.05.21)

²¹⁶ Szerkesztette a szerző (MS Word), Forrás: Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.12

²¹⁷ SOCOM – Special Operations Command – Különleges Műveleti Parancsnokság

2.9.4 Repülési időtartam

2.9.4.1 Rövid repülési idejű UAV-k

Ebbe a kategóriába a maximum 1 óra repülési idejű eszközök tartoznak. Feladatuk a közeli harcászati mélységben lévő célok felderítése és azokról adatok szolgáltatása.

2.9.4.2 Közepes repülési idejű UAV-k

Ide az 1–6 órás időtartamú repülésre képes eszközök tartoznak. Az UAV-k nagy része ebbe a kategóriába tartozik, melyek rendszerint a közepes hatósugarú eszközök, de általában ilyen repülési időtartamúak a VTOL rendszerek is.

2.9.4.3 Hosszú repülési idejű UAV-k

Ezek 6 órától több napig repülni képes UAV-k (lásd a 2.18. táblázatot), melyek igen sok felderítési adatot képesek folyamatosan továbbítani egy adott területről. Nagyon jól alkalmazhatóak a dandár illetve ennél magasabb szintű szervezetek felderítési adatokkal történő ellátására. Ezen csoport legjellemzőbb „tagjai” a Northrop Grumman Global Hawk, nagy magasságú, hosszú időtartamú UAV-ja és a General Atomics Predator, közepes magasságú, hosszú időtartamú légi járművek (2.77. és 2.78. képek).

Mindkét repülőgép hagyományos sárkányszerkezeti konfigurációval rendelkezik. A hajtóművet mindkét típuson a törzs hátsó részében helyezték el, a Global Hawk esetében a gázturbinát annak felső részén, a Predator B esetében pedig a légsavarral együtt, pontosan a végén.

Ezeknek az UAV-knak a feladata a nagy hatótávolságú felderítés, valamint műveleti hadszíntéren, harcászati alkalmazás. A hasznos teher elhelyezésénél fontos szempont, hogy annak működőképességét meg kell őriznie, a repülőgépek, esetenként 24 órát meghaladó repülési ideje alatt [11].



2.77. kép Global Hawk ²¹⁸



2.78. kép Predator B (MQ-9 Reaper)²¹⁹

²¹⁸ Forrás: <http://1.bp.blogspot.com/-QI8aRCkygPo/UHcKE1NSQyI/AAAAAAAAAsY/WzhIITb0G8c/s1600/Global-Hawk.jpg> (2013.06.02)

²¹⁹ Forrás: <http://media.dma.mil/2009/Mar/17/2000608254/-1/-1/0/090127-F-7383P-001.JPG> (2015.06.22)

	Northrop Grumman Global Hawk (Block 40)	General Atomics Predator B (MQ-9 Reaper)
Szárnyfesztávolság	39,9 m	20,1 m
Hossz	14,5 m	11 m
MTOM ²²⁰	14628 kg	4760 kg
Max. repülési időtartam	32+ óra	32 óra
Max. repülési magasság	18 300 m	15 240 m
Max. repülési sebesség	575 km/h	370 km/h
Hasznos teher	1360 kg	1700 kg
Hatótávolság	22 780 km	1850 km

2.17. táblázat Hosszú repülési időtartamú, nagy hatótávolságú légi járművek adatai²²¹ [52][53][54][55]

Típusok	Repülési időtartam
QinetiQ Zephyr Solar Electric (2010)	36 óra 22 perc
QinetiQ Zephyr Solar Electric (2008)	82 óra 37 perc
Boeing Condor	58 óra 11 perc
QinetiQ Zephyr Solar Electric (2007)	54 óra
IAI Heron	52 óra
AC Propulsion Solar Electric	48 óra 11 perc
MQ-1 Predator	40 óra 5 perc
GNAT-750	40 óra
TAM-5	38 óra 52 perc
Aerosonde	38 óra 48 perc
TAI Anka	24 óra

2.18. táblázat Hosszú repülési idejű UAV-k²²²

2.10 ÖSSZEFOGLALÓ

A robotrepülőgép nem szállít embert a fedélzetén, ezáltal több üzemanyagot és hasznos terhet vihet magával, ráadásul a hajózó személyzet mentését biztosító kabin vészelhagyó berendezések elhagyásával a repülőgép kisebb tömegű és homlok ellenállású lehet – ami szintén a hatótávolságot vagy a hasznos terhelhetőséget növeli.

Amennyiben van elegendő hosszúság fel/leszálló pálya akkor a merevszárnyú HTOL konstrukció a kedvező megoldás – különösen a MALE és HALE feladatokra.

A nagyon rövid pálya – akár a néhány négyzetméternyi szabad terület –, a VTOL eljárást teszi szükségessé, ami többnyire speciálisan erre a célra fejlesztett – helikopter típusú – robotrepülőgépekkel valósítható meg.

A hagyományos helikopterrel elérhető alacsony repülési sebességnek szigorú aerodinamikai törvények szabnak határt. Ezt meghaladni, a két eljárás kombinációjával valósítható meg. A dönthető légszár, -szárny, sőt az egész repülőgép biztosítja a helyből felszállást és a nagy sebességű vízszintes repülést.

²²⁰ MTOM – Maximum Take Off Mass – Maximális felszálló tömeg

²²¹ Szerkesztette a szerző (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [52][53][54][55]

²²² Szerkesztette a szerző (MS Word), Forrás: Growth Opportunity in Global UAV Market Published: March 2011 <http://www.lucintel.com/LucintelBrief/UAVMarketOpportunity.pdf> (2013.06.09)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Palik Máttyás: Pilóta nélküli légi jármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben PhD értekezés, Budapest, 2007. p. 20.
- [2] Dr. Békési Bertold, Dr. Palik Máttyás, Somosi Vilmos, Dr. Wüthl Tibor: Pilóta nélküli légi járművek: kategorizálás, fedélzeti hardver besorolás. Kutatási jelentés. Szolnok. 2012.09.27. Könyvtári nytsz.: E8489
- [3] Peter van Blyenburgh: UVS International 2010-2011 UAS Yearbook - UAS: The Global Perspective - 8th Edition - June 2010. pp. 87-97 (P087-097_UVS-International_PVB.pdf)
<http://ebookbrowse.com/gdoc.php?id=398357100&url=597304fc83834347da389607cab007a8>
(2013.05.20)
- [4] Peter van Blyenburgh: UAV Systems : Global Review Avionics'06 Conference Amsterdam, The Netherlands March 9, 2006. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-tFUpUmvD2kJ:caa.gov.il/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D818%26Itemid%3D+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu (2013.05.13)
- [5] UVS International 2011-2012 UAS Yearbook - UAS: The Global Perspective - 9th Edition - June 2011. Page 151. http://www.uvs-info.com/phocadownload/05_3a_2011/P151_Referenced-Unmanned-Aircraft-Systems.pdf (2013.04.30)
- [6] European Spatial Data Research. Printed by Gopher, Amsterdam, The Netherlands. Official Publication No 56. December 2009. Page 63.
<http://bono.hostireland.com/~eurosdr/publications/56.pdf> (2013.05.20)
- [7] About UAV: UAV Classification <http://www.uaver.com/about-2-5.html> (2013.05.20)
- [8] Maria de Fátima Bento: Unmanned Aerial Vehicles - An Overview: InsideGNSS January/February 2008. <http://www.insidegnss.com/auto/janfeb08-wp.pdf> (2013.04.13)
- [9] Therese Skrzypietz : Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions BIGS Policy Paper No. 1 / February 2012. http://www.microdrones.com/references/case-study/BIGS_PolicyPaper-No_1_Civil-Use-of-UAS_Bildschirmversion_sec.pdf (2013.06.09)
- [10] Rob MacKenzie: Environmental and Earth Science Using Next Generation Aerial Platforms July 2009. Page 7. <http://www.nerc.ac.uk/research/themes/technologies/events/documents/uav-study-report.pdf> (2013.06.09)
- [11] Papp István: Pilóta nélküli légi jármű típusok jellemzése. Repüléstudományi Közlemények 2013. Szolnok, 2013/2 szám. pp. (53-68) HU ISSN 1789-770X
http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-04-Papp_Istvan.pdf
(2015.06.22)
- [12] Mapping Drone Proliferation: UAVs in 76 Countries <http://www.globalresearch.ca/mapping-drone-proliferation-uavs-in-76-countries/5305191#GAOlist> (2013.05.15)
- [13] NONPROLIFERATION Agencies Could Improve Information Sharing and End-Use Monitoring on Unmanned Aerial Vehicle Exports. GAO July 2012. Page 10. <http://www.fas.org/irp/gao/gao-12-536.pdf> (2013.05.15)
- [14] Békési Bertold: UAV-k sárkányszerkezeti megoldásai Szolnoki Tudományos Közlemények XV. Szolnok, 2011. pp. 1-11. http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2011/cikkek/Bekesi_Bertold.pdf (2015.06.22)
- [15] Joakim Kasper Oestergaard: MQ-8 Fire Scout <http://www.bga-aeroweb.com/Defense/MQ-8-Fire-Scout.html> (2013.06.02)
- [16] На черном море успешно проведены морские испытания БЛА вертолетного Типа http://www.militaryparitet.com/teletype/data/ic_teletype/12855/ (2015.06.23)
- [17] SWISS UAV VTOL UAV systems <http://www.swiss-uav.com/fileadmin/Kundendaten/pdf/VTOL-Systems.pdf> (2013.06.02)
- [18] Skeldar UAS counter IED one step ahead.
http://www.saabgroup.com/PageFiles/37401/Skeldar%20V-200Land/8592%20SAAB_Skeldar_IED_DataSheet.pdf (2013.06.02)
- [19] Skeldar V-200 Maritime Unmanned Aerial Vehicle (UAV): <http://www.naval-technology.com/projects/skeldar-v-200-maritime-uav/> (2013.06.02)
-

- [20] A160 Hummingbird Unmanned Rotorcraft, United States of America <http://www.airforce-technology.com/projects/hummingbird/> (2013.06.02)
- [21] Unmanned Aerial Vehicles: Europe [2.7] EADS ORKA 1200 & SCORPIO http://www.vectorsite.net/twuave_2.html#m4 (2013.05.31)
- [22] UAS Engines: http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/195-197_Reference-Section_Engines.pdf (2013.05.20)
- [23] Norman Friedman: Unmanned Combat Air Systems A New Kind of Carie Aviation. Naval Institute Press. Annapolis, Maryland, 2010. p. 113, 212, 219.
- [24] Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 4.19
- [25] Drone helicopter IT 180-5 Infotron counter rotating rotors http://www.armyrecognition.com/france_french_army_military_equipment_uk/drone_helicopter_uav_it_180-5_infotron_counter_rotating_rotors_technical_data_sheet_description_uk.html (2013.06.02)
- [26] SWISS UAV VTOL UAV systems <http://www.swiss-uav.com/fileadmin/Kundendaten/pdf/VTOL-Systems.pdf> (2013.06.02)
- [27] Norman Friedman: Unmanned Combat Air Systems A New Kind of Carie Aviation. Naval Institute Press. Annapolis, Maryland, 2010. p. 122.
- [28] Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. Figure 27.5
- [29] Tilt wing unmanned aircraft: http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_tilt_wing.htm (2013.05.26)
- [30] Products: V Bat <http://spyplanes.com/products-v-bat/> (2013.06.09)
- [31] V-BAT UAV: <http://spyplanes.com/wp-content/uploads/2011/brochures/V-Bat%20brochure%202011.pdf> (2013.06.09)
- [32] Joris Janssen Lok: Selex Unveils Harrier-style UAV. <http://www.aviationweek.com/blogs.aspx?plckblogid=blog:27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7&plckpostid=blog:27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7post:c744cd37-461b-4287-af2d-2e5b32d4db84> (2013.05.25)
- [33] A Taifun pilótánélküli csapásmérő (UCAV) <http://atilamatyas.tripod.com/gukker2.htm> (2013.05.27.)
- [34] TARES Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV), Germany <http://www.army-technology.com/projects/taifun/> (2013.05.27.)
- [35] Dr. Lits Gábor: A felderítés korszerű, biztonságos eszközei – A pilóta nélküli légi járművek (UAV). Felderítő szemle, Budapest, 2007. 2. szám. pp. 59-71 ISSN 1588-242X
- [36] Koncz Miklós Tamás: Célrepülőgépek nemzetközi összehasonlítása. Robothadviselés 6. Tudományos szakmai konferencia 2006. november 22. Különszám http://hadmernok.hu/kulonszamok/robothadviseles6/koncz_rw6.html (2013.05.28)
- [37] Varga Béla: Katonai helikopter hajtóművek teljesítmény és határfok növekedésének műszaki technológiai háttere, valamint ezek hatása harcászati jellemzőikre. Doktori (PhD) értekezés tervezet. Budapest, 2013. 27-29. o. http://hkh.uni-nke.hu/downloads/tudomanyos_elet/kmdi/2013/Varga_Bela.pdf (2013.06.09)
- [38] Dr. Sánta Imre: Repülőgép hajtóművek elmélete I. (Gázturbinás hajtóművek) Előadásvázlat. Budapest, 2008. http://rht.bme.hu/letoltesek/Beneda%20Karoly%20anyagai/Tant%C3%A1lrgyak/KORH3132%20Rep%C3%BC1%C5%91g%C3%A9p%20Hajt%C3%B3m%C5%B1vek%20Elm%C3%A9lete%20I/HMUELM1_080529.pdf (2013.06.03)
- [39] Botta András: A magyar fejlesztésű felderítő UAV-k technikai adatainak, felhasználásának elemzése. Repüléstudományi Konferencia 2013. Szolnok. 2013/2 szám. pp. (774-789) HU ISSN 1789-770X http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-60_Botta_Andras.pdf (2013.05.28)
- [40] Haditechnikai füzetek 1. szám. Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet. 1999. 81-87 oldalon található <http://www.hmth.hu/htfuz/htfuz1.pdf> (2013.05.25)
- [41] Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. 173 page
-

- [42] Kosztolányi Tamás - Makkay Imre: Robotrepülőgépek indító-leszállító berendezései. Repüléstudományi Konferencia 2012. Szolnok. 2012/2 szám. pp. (918-926) HU ISSN 1789-770X
http://epa.oszk.hu/02600/02694/00059/pdf/EPA02694_rtk_2012_2_0918-0926.pdf (2013.05.28)
- [43] RQ-4 GLOBAL HAWK. <http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?id=13225> (2013.05.31)
- [44] Pascual Marqués: Aerodynamics and Stealth of the Low-observability RQ-3 DarkStar. International Journal of Unmanned DarkStar Aerodynamics & Stealth Systems Engineering (IJUSEng) 2013, Vol. 1, No. S3, 1-5
http://www.researchgate.net/publication/236840522_Aerodynamics_and_stealth_of_the_low-observability_RQ-3_DarkStar/file/e0b495194dd2f9a998.pdf (2013.05.31)
- [45] Hermes 450 http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/hermes_450/Hermes_450.html (2013.05.31)
- [46] Tactical UAV Outrider <https://www.fas.org/irp/agency/daro/uav96/page31.html> (2013.05.31)
- [47] RQ-6 Outrider <http://www.airwar.ru/enc/bpla/rq6.html> (2013.05.21)
- [48] WuZhen-5 Unmanned Reconnaissance Aerial Vehicle
<http://www.sinodefence.com/airforce/uav/wz5.asp> (2013.05.31)
- [49] BP-3 «Рейс», комплекс воздушной разведки с беспилотным летательным аппаратом Ту-143
<http://www.arms-expo.ru/049055055056124052052048048.html> (2013.05.31)
- [50] Reg Austin: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. 2010. page 55-57.
- [51] Hunter RQ-5A / MQ-5B/C UAV, United States of America <http://www.army-technology.com/projects/hunter/> (2013.06.02)
- [52] RQ-4 Block 40 Global Hawk
http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Documents/Datasheet_GH_Block_40.pdf (2013.06.02)
- [53] Staff Writer: The MQ-9 Reaper maintains a role of hunter-killer for the United States Air Force.
http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=468 (2013.06.02)
- [54] Altair / Predator B An Earth Science Aircraft for the 21st Century
<http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/FactSheets/FS-073-DFRC.html> (2013.06.02)
- [55] MQ-9 REAPER <http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?fsID=6405> (2013.06.02)

3

UAV FEDÉLZETI RENDSZEREK TERVEZÉSE „SYSTEM DESIGN/UAV ONBOARD SYSTEMS”

Ebben a fejezetben a pilóta nélküli repülőgépek fedélzeti berendezéseit tekintjük át. A berendezések bemutatása elsősorban rendszerszinten történik, de néhány helyen mélyebb betekintést is teszünk. Ennek elsődleges célja az, hogy megértsük a fedélzeti, repüléssel kapcsolatos rendszerek funkcióit, működését és rendszerbiztonságát. A rendszerelemekkel kapcsolatos elvárásokat hardver és algoritmus szemszögéből vizsgáljuk. Természetesen az egyes funkciók megvalósításának módja (hogy az hardveres, vagy szoftveres) a tervezőtől függ, ez indokolja azt, hogy az egyes algoritmusokat nem egy konkrét programnyelven implementált példaként, hanem folyamatot definiáló grafikus nyelvvel (SDL-GR) [1] illusztráljuk.

3.1 TERVEZÉS FONTOSABB PEREMFELTÉTELEI

A pilóta nélküli repülőeszközökkel szemben támasztott követelmények [10] kategóriánként meglehetősen eltérőek lehetnek, de – mint az ember vezette repülőeszközök esetében is – ezeknek megfelelően változnak a műszaki és üzemeltetési elvárások. Az UAV-k esetében figyelembe kell venni azt is, hogy köztük az ember vezette ultrakönnyű légitűrműveknél is vannak kisebb méretű repülőeszközök (pl. néhány kilogrammos, vagy akár egy kilogramm alatti felszálló tömeg). Ezt azért fontos, mert ha a kisméretű eszközök tekintetében műszakilag indokolatlanul túl magas elvárásokat fogalmazunk, akkor lehetetlenné válhat ezen UAV-k fejlesztése és üzemeltetése. Hazánkban és szinte a világon mindenhol (e könyv írásakor), a pilóta nélküli repülőeszközökre, és azok üzemeltetésére nincsenek kiforrott jogszabályok. Ennek figyelembevételével lehetséges egy – a 2. fejezetben bemutatottakon kívüli további²²³ – osztályozás is (3.1. táblázat):

UAV osztály	Maximális felszálló tömeg (TOW)	Hatótávolság kategória	Tipikus feladatvégrehajtási sugár	Maximális repülési magasság
CLASS 0	25 kg alatt	rövid hatótávolságú	20 km alatt	300 m
CLASS 1	25–500 kg	rövid hatótávolságú	20–200 km	5000 m
CLASS 2	501–2000 kg	közepes hatótávolságú	200–1000 km	10 000 m
CLASS 3	2000 kg felett	hosszú hatótávolságú	1000 km felett	10 000 m felett

3.1. táblázat

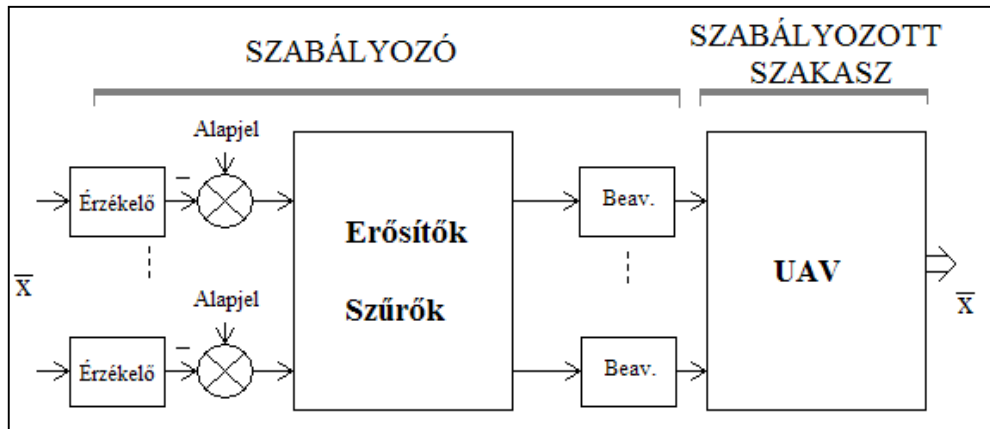
Gyakorlati megfontolások alapján logikus lehet a CLASS0 kategória további felbontása, például a következők szerint (3.2. táblázat):

CLASS 0 UAV osztály további bontása:	Maximális felszálló tömeg (TOW)
mikro UAV	1–25 kg
nano UAV	100 g–1 kg
piko UAV	100 g alatt

3.2. táblázat

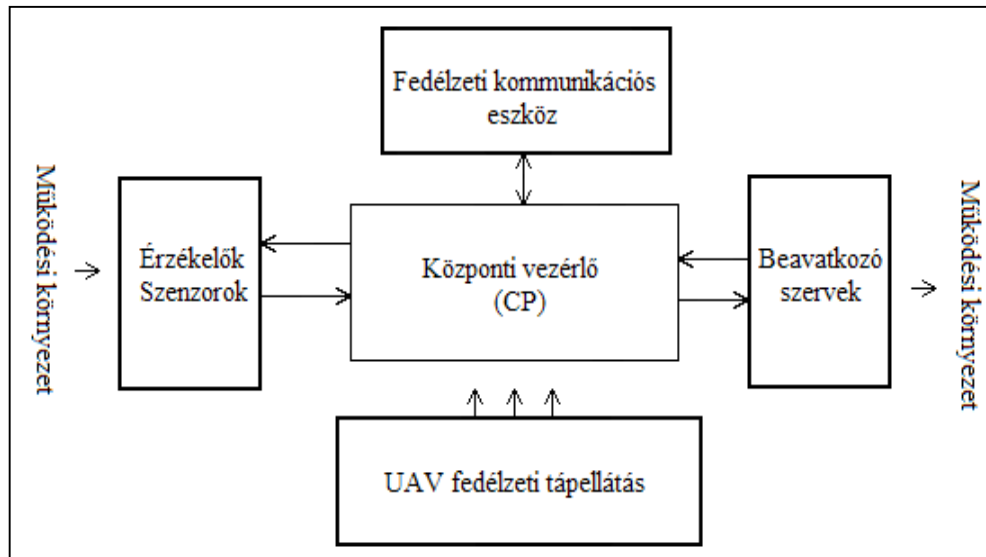
²²³ IABG – Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, Ottobrunn – Németország; 1961-ben alapított, jelenleg szimulációs és teszt centrum

tóságot definiálja. Szabályozástechnikai szempontból az 1. ábránál szemléletesebb képet kapunk, ha az UAV-t szabályozott szakasz, és szabályozó egységként értelmezzük (3.2. ábra).



3.2. ábra Kisméretű UAV, szabályozott szakasz és szabályozó

A 3.3. ábra szerinti megvalósíthatósági rendszermodell ugyanakkor elsősorban nem a visszacsatolt rendszert szemlélteti, hanem azzal az egyes építőelemek kapcsolatát tárja elénk. Ezek kapcsolódása révén érthetővé válik a rendszer felépítése, és a fontosabb működési funkciók.



3.3. ábra Kisméretű UAV, hardver struktúra – megvalósíthatósági rendszermodell

A fenti rendszermodell megfelelő útmutatást ad az UAV fedélzeti rendszerek tárgyalásához. Az ábrából jól látható (bár az igen leegyszerűsített), hogy egyes komponensek teljes kiesése, a teljes rendszer működésképtelenségét okozza. Abban az esetben, ha egy működés megszűnik, – például meghibásodás miatt – a levegőben lévő UAV irányíthatatlanná válását eredményezi. Ezért az egyes blokkok teljes kiesésének matematikai valószínűségét extrém módon célszerű minimalizálni. Mindez redundáns építőelemek, olyan egymást kiváltó blokkokba történő beépítésével érhető el, amelyek kialakításának szempontrendszere meglehetősen összetett. A számos kritériumot, melyet a tervezőknek figyelembe kell venniük, sok esetben egymásnak ellentétes elvárásokat fogalmazznak meg. Ennek ellenére meg kell kísérelni azokat egymással összhangba hozva, harmonizáltan, együttesen alkalmazni. Néhány kritérium, elsősorban a CLASS 0 osztályra:

- érzékelők, szenzorok, központi vezérlő teljes kiesése nem megengedett;
- meghibásodás esetén csökkentett funkcionalitás elfogadható;
- bizonyos egységek meghibásodása esetén az egyes funkcionalitások átvehetők, átadhatók.

A fenti megállapítások némi magyarázatra szorulnak, illetve indoklásuk szükséges. A kritériumok megfogalmazásánál figyelembe kell vennünk azt, hogy a CLASS 0 esetén a felszálló tömeg 1 kilogramm alatti, vagy mindössze néhány kilogramm, így a fedélzetre beépíthető elemek, berendezések száma és tömege erősen korlátozott. Túlzott jogi szabályozás az UAV fejlesztését, gyártását vetheti vissza, míg a felületes, túlzottan nagyvonalú szabályrendszer miatt a repülés biztonsága romolhat.

A kritériumok összehangolásának úgy kell történnie, hogy a repülésbiztonság ne sérüljön. Felhasználás, és az adott UAV üzemeltetési szabályok alapján az eszköztől meghibásodása esetén nem várunk el teljes funkcionalitást. Ez azt jelenti (jelentheti), hogy az UAV a feladata folytatására ugyan nem képes, de le sem zuhan, alkalmas:

- kényszerleszállás végrehajtására;
- kezelői, manuális irányítás átvételre (például: földi kezelő VFR rádiós csatornán);
- bázisra történő visszatérésre;
- átmeneti biztonsági állapot kialakítására (például: adott magasságban körözés).

A fentiekből látható, illetve levezethető az, hogy például az autonóm repüléshez szükséges létfontosságú szenzor (például magasságmérő) meghibásodása esetén elfogadható biztonsági megoldást jelenthet a kommunikációs csatornán történő kezelői irányítás. Ez persze azt jelenti, hogy az ilyen eszköz kizárólag a kezelő láthatósági tartományán belül teljesíthet repülési feladatot. Azonban, ha ez a kezelő láthatósági tartományán kívüli is elvárás, akkor a hibakezelésről le kell mondanunk. Magasabb elvárások esetén egymást kiváltani képes párhuzamos építőelemekből kell felépülnie a működés szempontjából kritikus részegységnek.

Az UAV-k minden esetben a földi, kiszolgáló, felügyelő szegmenssel együtt értelmezhető, azok egymástól nem elválaszthatók. Az UAV és a földi szegmens kommunikációja rádiós csatornán valósul meg. Az átviteli mód minden esetben valamilyen digitális modulációs eljárással történik. Vivő jelnek általában egy harmonikus jelet választunk, melynek időfüggvénye [9]:

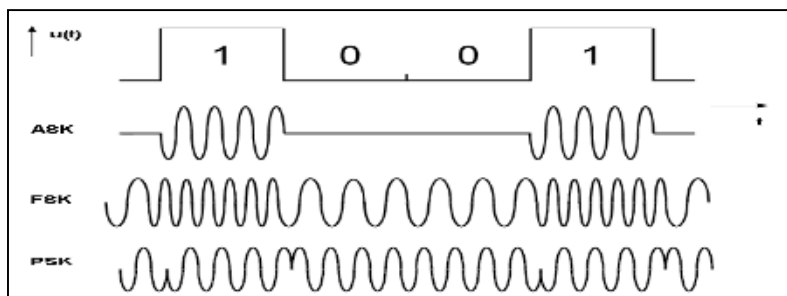
$$u_{\text{vivő}}(t) = U_{\text{vivő}} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_{\text{vivő}} \cdot t + \varphi_{\text{vivő}}) \quad (3.1)$$

Az átvinni kívánt digitális jel modulálja a vivőt, vagyis annak valamilyen fizikai jellemzőjét változtatja meg. Abban az esetben, ha a megváltoztatott vivő jellemző a vivő amplitúdója, akkor a modulációs eljárást ASK-nak (Amplitude Shift Keying) nevezzük, amit amplitúdó billentyűzésnek szokás fordítani.

FSK (Frequency Shift Keying) a modulációs eljárás neve, ha az információt a vivő frekvenciájának elhangolásával vesszük át, míg ha a vivő fázishelyzete hordozza az információt, akkor PSK-ről (Phase Shift Keying) beszélünk.

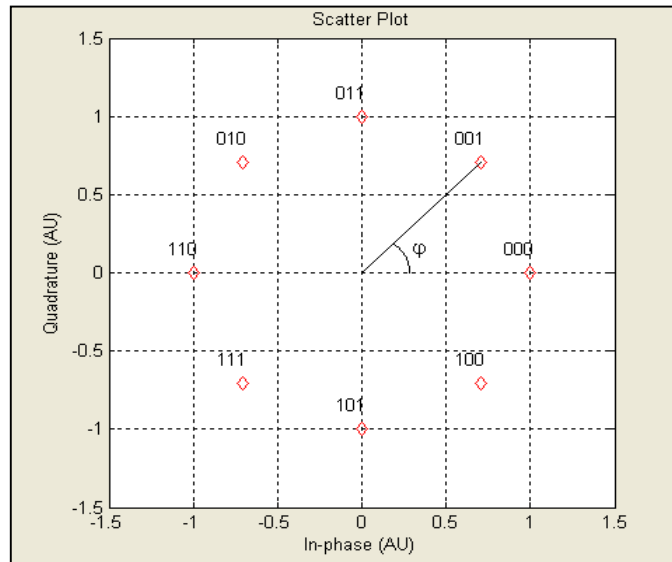
A PSK és az FSK eljárásokat gyűjtőnéven „szögmodulációknak” is szoktuk nevezni.

A 3.4. ábrán az idő függvényében látható az '1 0 0 1' jelfolyam különböző digitális modulációkkal:



3.4. ábra Példák a digitális modulációk során előálló időfüggvényekre

A fenti ábrán feltüntetett három moduláció esetében a legproblémásabb a PSK megjelenítése, sőt a több állapotú PSK esetén ez szinte teljesen lehetetlen, ezért a fázismodulációnál gyakran alkalmazzuk az úgynevezett konstellációs ábrát (3.5. ábra), melyen a vivő jel fázishelyzete φ könnyen szemléltethető egy vektorral. A hatékonyabb csatorna kihasználás miatt elterjedten alkalmazzuk a digitális QAM-et, mely eljárásban a vivő fázis- és amplitúdó változása egyaránt hordoz információt.



3.5. ábra PSK szimbólumok szemléltetése konstellációs ábrán²²⁴

Az UAV és a földi szegmens kommunikációja kétirányú, az adás és a vétel irány leggyakrabban frekvenciában szeparált. Az UAV státuszinformációkat és beavatkozó jeleket szállító csatornák digitális sávszélesség igénye nem túl magas, akár néhány kbit/s átviteli sebesség is elegendő, viszont fontos az, hogy az ilyen jellegű adatok továbbítása megbízható legyen. Videó jel alkalmazása esetén (például az UAV légi felvételeket küld a földi szegmensnek) nagyobbak az átviteli sebesség igények, de a csatorna megbízhatóság szempontjából az elvárások kisebbek a vezérlőjelek által támasztott átviteli elvárásokhoz képest.

A kommunikációs csatorna vivőfrekvencia megválasztása az UAV felhasználásától függ.

Nagy megbízhatósági igények esetén dedikált frekvenciasávok használata indokolt, általános, és főleg kis távolságú alkalmazások esetén az ISM²²⁵ sáv is megfelelő lehet.

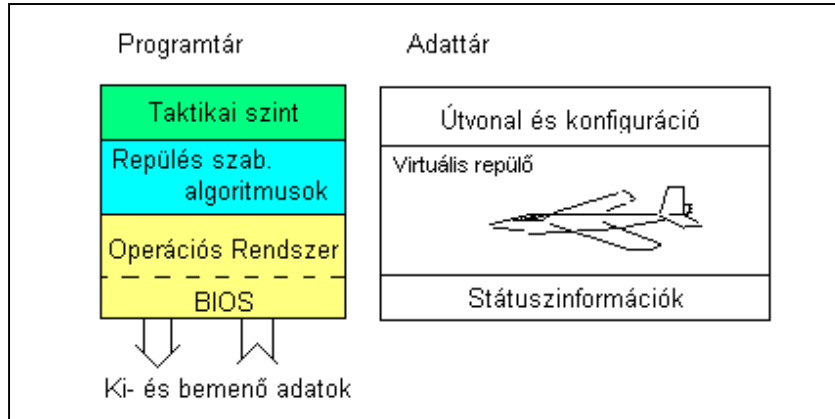
3.2 FEDÉLZETI MŰKÖDÉSIRÁNYÍTÓK (KÖZPONTI VEZÉRLŐK – CP) ÉS AZOK MŰKÖDÉSÉNEK FOLYTONOSSÁGA

A fedélzeti működésirányítók, – mint központi vezérlők – alkotják a fedélzeti rendszer magját, melyek működése közben az a tárolt program fut, melynek az a feladata, hogy – a szenzorokra beérkező adatok alapján, a feladat terv figyelembevételével – a beavatkozó szerveknek olyan utasításokat állítson elő, mely alapján az UAV stabil repülésre képes az előre meghatározott és definiált útvonalon. Természetesen ennek során figyelembe kell vennie a változó körülményeket (pl. széllekedések, turbulencia, a térinformatikai tervben rögzített, az UAV számára előre nem ismert akadályok /például alacsony magasságban repülés esetén adótoronyok, magas épületek stb.), és ezek hatásait a lehető legnagyobb mértékben kompenzálja.

²²⁴ Az ábra Matlab® szimulációval készült

²²⁵ ISM – Industrial Scientific and Medical; bizonyos műszaki feltételek betartása esetén a frekvenciasáv díjmentesen vehető igénybe.

A központi vezérlőt szinkron szekvenciális digitális áramkörökkel valósítjuk meg, ami a gyakorlatban egy digitális számítógép alkalmazását jelenti. A CLASS 0 esetén a méret és a tömeg korlátok miatt a központi vezérlő megvalósítása kisméretű beágyazott vezérlővel (Embedded Controller) történik (3.6. ábra). A stabil működéshez célszerű úgynevezett Harvard architektúrát választani, ahol a program- és az adattárolók egymástól fizikailag elkülönülnek.



3.6. ábra Kisméretű UAV beágyazott vezérlő modellje

A programtár működés közben csak olvasható (read-only). A fejlesztőmérnökök feladata, hogy itt implementálják a szenzoradatokat fogadó, és a beavatkozó szerveket utasító algoritmusokat (BIOS szint). Az egyes feladatok (task-ok) ütemezését, a szenzoradatokat szűrését, az adatok fűzőjét, operációs rendszer szinten szükséges megvalósítani. Szintén a programtárban realizálódnak a repülés szabályozó és az eseménykezelő döntések algoritmusai.

Az adattárban, mint írható és olvasható memóriában, tárolják a státuszinformációkat, ide töltheti az UAV operátor az útvonal konfigurációt. Itt történik meg az UAV virtuális leképezése is, amely azt jelenti, hogy a pillanatnyi repülési és helyzet adatokat is folyamatosan ide tárolják el. Digitális, mintavételes rendszerről lévén szó, a repülési adatok frissítése mintavételi időközönként történik.

A futtatandó feladatok (task-ok) ütemezésére célszerű a mikrovezérlő időzítő (TIMER) és a megszakítás (INTERRUPT) rendszerét használni. A TIMER eszköz nem más, mint egy fix órajellel léptetett számláló, amely ha elér egy kívánt értéket, akkor a processzor felé programmegszakítási igényt generál. A konkrét kialakítást a chip gyártója dönti el, a TIMER perifériák működés módjának beállítása az adott chip SFR²²⁶-jében adható meg.

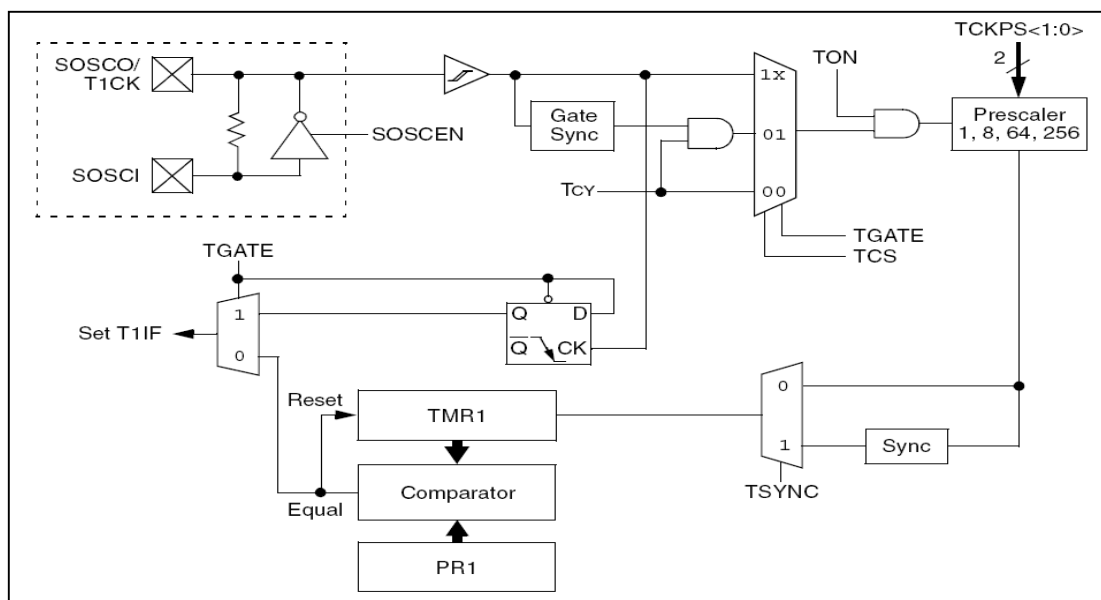
A 3.7. ábrán a dsPIC33 család egy belső TIMER modulját és annak működése tekinthető át [2].

A működés áttekintéséhez induljunk ki a következő feltételezésekből:

- a TIMER1 előosztó bemenetére (az ábrán a „Prescaler”) 10 MHz frekvenciájú órajel jut az engedélyező ÉS (AND) kapun keresztül;
- 1ms időközönként kívánunk ütemezni egy TASK-ot!
- A fenti kiinduló adatok alapján egy olyan programozható frekvenciaosztót kell konfigurálni, mely a 10 MHz órajelből 1000 Hz gyakorisággal generál megszakításkérést. Az előosztó működését állítsuk 1-re, ami azt jelenti, hogy nincs előosztás (ez a TCKPS<1:0> bitek '00'-ba állításával érhető el). Ekkor a TMR1 16 bites regisztert inkrementáló órajel 10MHz lesz, vagyis a TMR1 binárisan a 10 MHz ütemben felfelé fog számolni egészen addig, míg a PR1-ben korábban eltárolt értéket el nem éri. Abban az

²²⁶ SFR – Special Function Register – Speciális funkciójú regiszter, mely az adott mikrovezérlő, vagy jelfeldolgozó processzor belső perifériájának működését definiálja. Gyártótól és chip típustól függően az egyes SFR-ek elnevezése és funkciója más és más.

esetben, ha a PR1 regiszterbe 10000 decimális számnak megfelelő bináris számot ('0010 0111 0001 0000' ami hexadecimális ábrázolásban: 0x2710) töltünk, és azt feltételezzük, hogy a TMR1 felfelé számlálás a TMT1 törölt állapotától kezdődött, akkor a két regiszter egyezése 1ms idő múltán következik be. A kettő regiszter tartalmának azonoságát az összehasonlító áramkör (Comparator) fogja jelezni „Equal” vezérlőjellel. A két regiszterben található adat egyezősége két eseményt fog kiváltani, törlődik a TMR1, és logikai '1' szintre vált a T1IF jelzőbit (Flag).



3.7. ábra dsPIC TIMER1 periféria²²⁷

A TMR1 törlését követően a TMR1-re jutó órajel ismét inkrementálni fogja a regisztert, vagyis felfelé fog számolni újra, míg a TMR1 és PR1 egyezőség ismét be nem következik. Ez a működés automatizmusként folytatódik, vagyis 1 ms időközönként logikai '1' értékre állítódik a T1IF bit. A T1IF bit logikai '1'-be váltása programmegszakítás esemény triggerként jelentkezik, amely kérés, ha elfogadásra kerül, akkor a programvezérlés az ehhez a megszakításhoz rendelt megszakítás-lekezelő szubrutinra adódik. Utóbbiba ágyazhatóak az UAV olyan algoritmusait megvalósító programokat, melyek futtatása 1ms időközönként szükséges. Az itt elvégzett feladatokat 1 ms időközönként futtatott, timer ütemezett TASK-oknak nevezzük. Természetesen az UAV központi vezérlőjében kiemelt fontossággal bír a megszakításrendszer beállítás, a prioritási szintek tervezése és definiálása, amire itt most nem térünk ki.

Kiemelt jelentőségű az UAV központi vezérlőjének működésfolytonossága. A modern chip gyártástechnológia a meghibásodást napjainkban nagymértékben minimalizálja. A chip élettartama jelentősen növelhető akkor, ha azt nem a gyártó által meghatározott maximum paraméterek határán üzemeltetjük. Ez azt jelenti, hogy a megadott tápfeszültség tartomány középtékén tápláljuk, az órajel frekvenciáját ne a maximumra válasszuk meg, és az egyes kimenetek terhelésénél is kerüljük a katalógusban megadott maximális értékeket. A működtetést, hőmérséklet tartomány tekintetében ipari (Industrial), vagy katonai (MIL), esetleg a gépjármű technikában (automotive) alkalmazott, és ilyen típusmegjelöléssel jelölt vezérlőket alkalmazzunk.

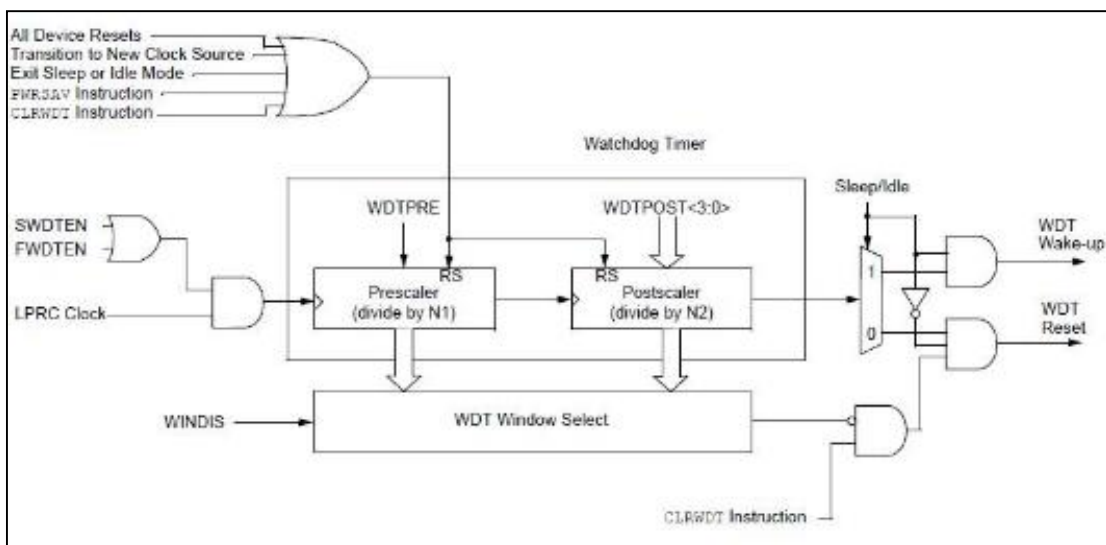
A központi vezérlő működésének kiesését nemcsak a mikrovezérlő, vagy jelfeldolgozó proceszor chip meghibásodása okozhatja. Működési zavart okozhatnak a nyomtatott áramköri lapok (PCB) hibái, és az azon előforduló forrasztási hiányosságok is. Ez kellő gyártási fegyelemmel és

²²⁷ Forrás: www.microchip.com

gondos konstrukciós tervezéssel minimalizálható. A mechanikai rázkódások a forrasztások hajszálrepedését okozhatják, melyek kontakthibaként jelentkezhetnek, ezért fontos, hogy a nagyobb tömegű alkatrészeket mechanikailag ne csak a forrasztások rögzítsék, hanem például ragasztóanyaggal is kapcsolódjanak a PCB-hez. A nyomtatott áramköri lapok rugalmas, mechanikai rezgéscsillapító rögzítése is csökkentheti ezeknek a hibáknak az előfordulását.

Működés kiesést okozhatnak az intenzív elektromos zajok és zavarok is. Nagyfeszültségű zavarok egy UAV esetében előfordulhatnak közeli, nagyfeszültségű távvezetésektől, és akár az UAV-től néhány kilométerre előforduló villámcsapástól is. A rendszer zavarállóságát szintén konstrukciós tervezéssel javíthatjuk, a földelő rendszer és az árnyékolások gondos kialakításával. A gondos zavarállóság tervezés ellenére a nagyfeszültségű tranziensek eredményeképp előfordulhat, hogy a központi vezérlő írható/olvasható memória tartalma megváltozik. A Harvard architektúra miatt a működtető programban változás ugyan nem léphet fel, de a hibás, megváltozott, RAM-ban tárolt paraméterek miatt a központi vezérlő hibás döntéseket hozhat. A RAM-ban található a veremtár is (stack), amely tartalmának sérülése „eltévedt” programfutást eredményezhet. A hibás döntések sorozata az UAV zuhanását eredményezheti.

Az ilyen jellegű program kiakadások esetén a rendszer újraindítása segíthet. Most az UAV-n persze nincs olyan „reset” gombunk, mint az asztali számítógépünkön, így a vészhelyzetbeli program újraindítását némiképp automatizálnunk kell. A beágyazott rendszereknél gyakran és elterjedten alkalmazott „Watch-Dog” megoldás lehet a segítségünkre. A „Watch-Dog” áramkör nem más, mint egy újraindítható időzítész, monostabil multivibrátor. Abban az esetben, ha a monostabil multivibrátor időzítése elmarad, és annak időzítése lejár, akkor az egy újraindító „RESET” jelet generál a processzor számára. Hibátlanul futó programkód esetén bizonyos időközönként egy olyan számlára kell adni a vezérlést, amely előidézzi a „Watch-Dog” áramkör időzítés újraindítását. Az újraindítás leggyakrabban egy portláb logikai szintjének megváltoztatásával történik. A „Watch-Dog” áramkörök akár külön chip-be is kerülhetnek, melyet a CP processzorához illesztünk, de több processzorba be is építik ezt a funkciót. Ez utóbbi esetben a hardver kialakítás olyan, hogy az a processzor működésétől gondosan szeparált. A „Watch-Dog” többnyire analóg áramköri megoldásokon (RC oszcillátor) alapul azért, hogy a külső behatások nehogyan megghiúsítsák a működését. Ez persze nem zárja ki azt, hogy digitális megoldásokat is tartalmazzon, például digitális osztót. Egy ilyen megoldást láthatunk a 3.8. ábrán.



3.8. ábra dsPIC „WatchDog” felépítése²²⁸

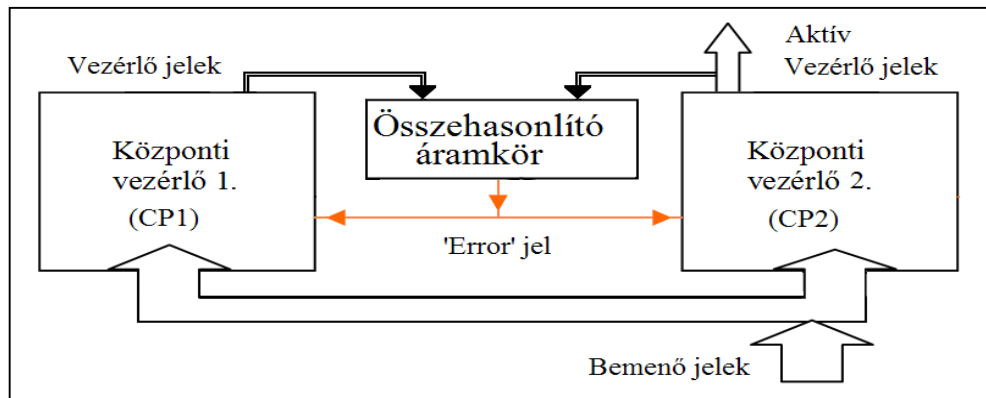
²²⁸ Forrás: www.microchip.com

A fenti megoldás a dsPIC33 digitális jelfeldolgozó controller „Watch-Dog” kialakítása. Az áramkör az órajelet egy analóg RC oszcillátorból kapja (LPRC Clock). A „Watch-Dog” áramkört engedélyező, illetve tiltó bitek pedig a konfigurációs memóriában kaptak helyet, melyek, a csak olvasható memóriában (ROM) találhatóak, így azok tartalmának megváltoztatása kizárólag programletöltés módban lehetséges.

Az igazán nagy megbízhatóságú központi vezérlő áramkör úgynevezett redundáns CP struktúrákkal alakíthatók ki. Erre vonatkozóan több, a gyakorlatban elterjedt megoldás létezik:

- melegtartalékolás;
- terhelés megosztás;
- többség döntés.

A melegtartalékolt rendszerekben legalább két egyenértékű vezérlőáramkör található (3.9. ábra). Mindkét vezérlő ugyanazt a bemenő információt fogadja és mindkét eszközben azonos program fut, így hibamentes működés esetén mindkét eszköz ugyanazon döntések sorozatát hozza. Az egyik eszközt élesnek (aktívnek) nevezzük ki, vagyis az „éles” eszköz vezérlő jelei irányítják a folyamatot. A másik eszköz (melegtartalék – hot standby) vezérlő jelei csupán ellenőrzési céllal jelennek meg a rendszerben. Meghibásodás esetén a vezérlő jelekben eltérést fedezünk fel, mely hatására tesztekkel kell kiszűrni azt, hogy mely eszköz hibásodott meg. Az aktív eszköz szerepét annak melegtartaléka képes átvenni.

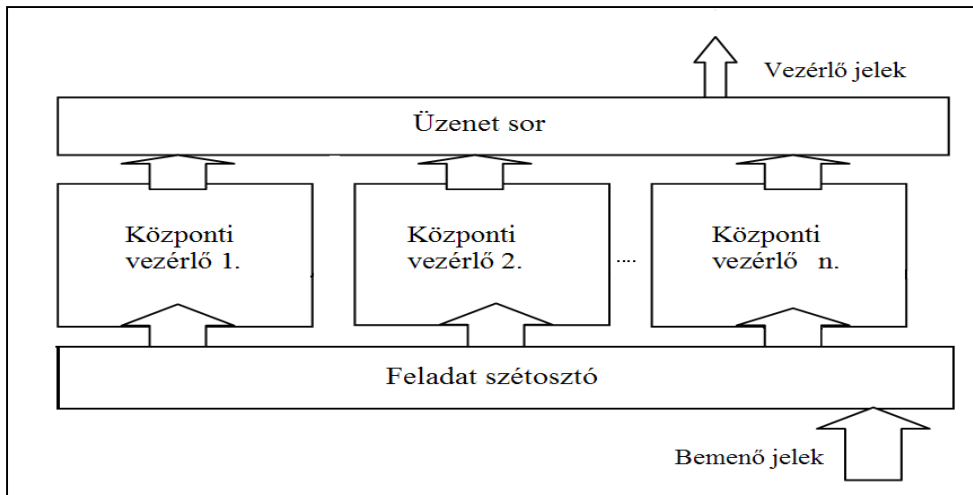


3.9. ábra Melegtartalékolt központi vezérlő rendszerstruktúrája

Eltérő vezérlő jelek esetén az összehasonlító áramkör (komparátor) jelzi a hibát mindkét vezérlőnek. A hiba jelzés hatására először azt feltételezzük, hogy a tartalék áramkör hibásodott meg. Ezt azért tehetjük meg, mivel az aktív és a tartalék hardver és szoftver teljes mértékben azonos, így azok egyenlő eséllyel hibásodnak meg, vagyis hiba esetén 50–50% annak a valószínűsége, hogy az aktív-, vagy a melegtartalék vezérlőben állt elő hiba.

A fenti feltételezés alapján a melegtartalék CP-ben tesztrutinokat futtatunk (memóriatesztek, aritmetikai- és logikai tesztek stb.), mely alapján az esetleges hiba nagy valószínűséggel kimutatható. Abban az esetben, ha a lefuttatott tesztek negatív eredménnyel zárulnak, vagyis hibamentességet mutatnak, akkor a továbbiakban azt kell feltételeznünk, hogy az aktív vezérlő hibásodott meg. Ekkor, a már tesztelt, az eddig melegtartalékként üzemelő CP-t nevezzük ki aktívnek és a berendezést a továbbiakban már ez a vezérlő fogja irányítani.

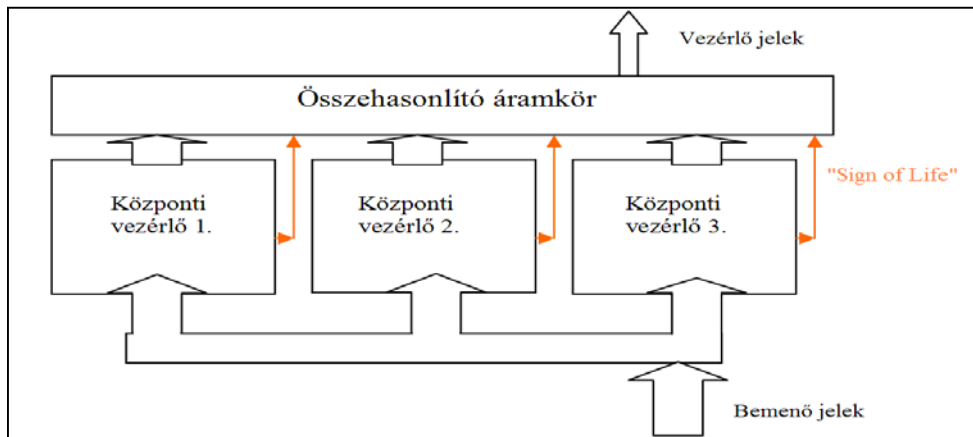
A terhelésmegosztásban működő processzor struktúrák (3.10. ábra) esetén minimum kettő, vagy annál több, általában egymással egyenértékű vezérlő dolgozik, így egy eszköz meghibásodása esetén a rendszer feladatmegoldó sebessége ugyan csökken, de az működőképes marad.



3.10. ábra Terhelésmegosztásos vezérlő struktúra

A rendszer leggyengébb pontjának ebben a struktúrában is a közös áramkörök tekinthetők. Jelen felépítésben a közös áramkörök jelentős intelligenciával és tároló képességgel rendelkeznek, mely növeli a meghibásodás kockázatát.

A többség döntés elve alapján működő vezérlőkben (3.11. ábra) legalább három, funkcionálisan egyenértékű vezérlő hozza meg döntését. Mindegyik vezérlőáramkör ugyanazon bemenő jeleket fogadja, így hibamentes esetben természetesen mind ugyanazt a döntést hozza. A struktúrából eredően a központi vezérlő áramköröknek csakis funkciójuk tekintetében kell megegyezniük. Az egyes vezérlők hardver kialakítása, valamint a rajtuk futtatott szoftver származhat más gyártótól, fejlesztőtől. A struktúrából eredő hibátűrése jobb az előző két struktúrához mérten, ugyanis a működés során az esetleg előforduló rejtett szoftverhibák hatása is nagy valószínűséggel kiküszöbölésre kerülhet. A többség döntés alapelve első ránézésre rosszabb hardver-megbízhatóságot számolhatunk, ha azt feltételezzük, hogy legalább két központi vezérlőnek kell működőképesnek lennie a helyes működéshez.



3.11. ábra. Többség döntés elvén működő struktúra

Az előzőleg ismertetett három redundáns struktúra elterjedten alkalmazott a repülésben, úrkutatásban, de a kisméretű repülő eszközök esetén használatuk a méret és tömegkorlátok miatt sok esetben nem lehetséges.

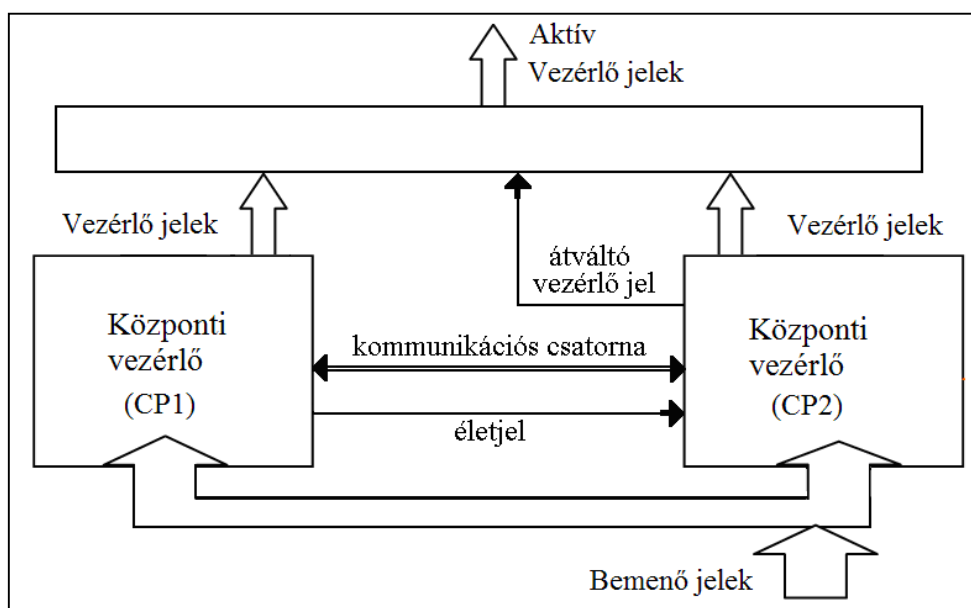
CLASS 0 osztály esetén lehetséges egy egyszerűbb, de mégis kielégítő biztonságot jelentő megoldás, mely abból indul ki, hogy a méret és a tömegkorlát meglehetősen magas elvárásokat támaszt, viszont ugyanakkor a kis tömegű UAV-k hatótávolsága is kicsi. Ez azt jelenti, hogy a földi kezelőszemélyzet viszonylag közel (maximum néhány kilométer, esetleg látó távolságon belül) van a feladatát teljesítő UAV-től.

Mindezek alapján a CLASS 0 UAV CP meghibásodás esetén nem feltétlenül várunk el teljes funkcionalitást. Természetesen a minimumkövetelmény alkalmazási területenként más és más lehet!

Nézzünk meg néhány műszaki megfontolást!

A gyakorlatban az a tapasztalat, ha a beágyazott vezérlő elektronikáját kellő tartalékkal tervezzük, és a chip-eket nem a maximum elektromos paraméterek közeli határértékeken járjuk, akkor a mikrovezérlő elektronika hardver meghibásodási valószínűsége nagyon csekély. A működés közbeni hibák, működésbizonytalanságok túlnyomó része szoftverhibákra vezethetők vissza. A felgyorsuló fejlődés, egyre kevesebb időt ad a végtesztelesekre, a programkódok pedig egyre komplexebbek és bonyolultabbak. Pár évvel ezelőtt a CP meghibásodások inkább hardver problémákra, napjainkban a CP-k működés kiesése inkább rejtett szoftverhibákra vezethetők vissza. Egy komplex rendszer teljes tesztelése rengeteg időt és energiát emészt fel (a fejlesztői munkaidőnek akár a tízszerese is szükséges lehet a tesztelésre), és a tervezők még ekkor sem lehetnek maximálisan biztosak a sikerben!

Mit tehetünk, egy kis méretű UAV, komplex hardvert és szoftvert tartalmazó központi vezérlőjével azért, hogy az a lehető legnagyobb biztonsággal működjön? Az ötlet egyszerű, az a melegtartalékolt rendszer működésén alapul, csak most a normál működési körülmények között egy sok funkcióval rendelkező, nagy komplexitású CP (3.12. ábrán CP1-nek jelölt blokk) a működésirányító, míg hibás állapot esetén a vezérlést egy kis funkcionalitású, kis komplexitású, és mindezen okból működés tesztelés szempontjából jól átlátható tartalék CP (3.12. ábrán CP2-nek jelölt blokk) veszi át. A tartalékolt CP-t hívhatjuk „vészhelyzeti” CP-nek, és funkciója lehet az, hogy egy adott magasságba viszi a meghibásodott UAV-t és ott köröztetni kezdi azt. Ezzel a megoldással időt nyerünk, és elérhetővé válik a nagy bonyolultságú CP újraindítása, tesztelése, vagy vészjelzés leadását követően a földi szegmens kezelő személyzetének, hogy átveheti az irányítást rádiós csatormán.



3.12. ábra Vészhelyzeti tartalék vezérlővel kiegészített struktúra

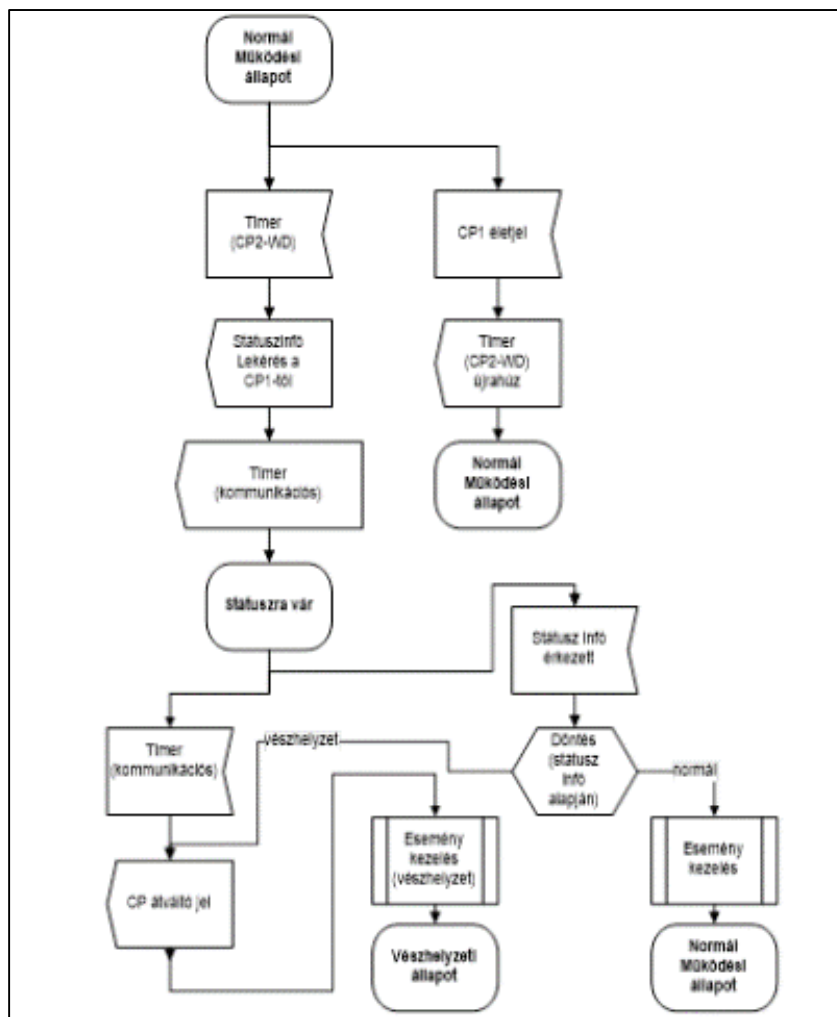
A vészhelyzeti CP funkciója lehet egy kényszerleszálló algoritmus futtatása is, vagy a meghajtó motorok lekapcsolása, majd ejtőernyő nyitás stb.

A normál működés során a nagyobb komplexitású, ezért több funkcióval rendelkező CP1 folyamatosan életjelet küld a vészhelyzeti CP2-nek, vagyis a struktúra most olyan, mintha a CP2 lenne a CP1 „Watch-dog” áramköre. A két működésirányító között kialakított kommunikációs csatorna, valamely általánosan használt soros kommunikációs eljárás lehet, például soros aszinkron – UART megoldás, vagy akár soros szinkron, például SPI.

Ez utóbbi esetben a kommunikációs „Master” a CP2, vagyis a „Slave-Select” jelet, valamint a kommunikációhoz szükséges szinkronizáló órajelet a CP2 állítja elő. A működés tehát a következő szerint történik:

- normál (hibamentes) körülmények esetén az aktív vezérlőjeleket a nagyobb bonyolultságú (CP1) vezérlő állítja elő, és folyamatosan „életjel”-et generál a vészhelyzeti (CP2) blokknak;
- meghibásodás, vagy átmeneti probléma esetén az „életjel” kimarad, és ezzel a vészhelyzeti blokk aktiválása megtörténik, mely nem feltétlenül jelenti a CP átváltást;
- életjel kimaradás esetén a CP2-nek lehetősége van a közvetlen kommunikációs csatornán státuszinformációkat lekérni a CP1-től, melyek, ha rendben megérkeznek, akkor ezek alapján lehet dönteni az átváltás szükségességéről;
- abban az esetben, ha a státuszinformáció lekérdezés teljesen sikertelen, az átváltást azonnal meg kell tenni, vagyis a CP2 lesz az aktív vezérlő, és vészhelyzeti állapotba lépünk.

A CP2 „szemszögből” a leegyszerűsített algoritmus a következő (3.13. ábra):



3.13. ábra CP2 vészhelyzet eseménykezelő algoritmus SDL ábrája

A fenti eseménykezelő algoritmusban két soft-timer található. Mindkét időzítés a vészhelyzet kezelésére kialakított vezérlőben (CP2-ben) fut. Az egyik szerepe az, hogy segítségével megállapítható legyen a normál működési körülmények között aktív vezérlő (CP1) kiesése. Ez az időzítő (timer) úgy működik, mint egy újraindítható monostabil multivibrátor. Az időzítését hozzá kell hangolni a CP1 „életjel” küldés ciklusához. A másik soft-timer, a két vezérlő közötti státuszinformáció lekérdezés kommunikációját hivatott védeni. Hiba esetén a CP1 kiesése lehet olyan mértékű, hogy a státusz kérésre nem tud válaszolni. Ekkor a válasz türelmi idő lejártával a CP2-nek

intézkednie kell a vezérlés mielőbbi átvételéről, és a rendszer ekkor vészhelyzeti állapotba kerül.

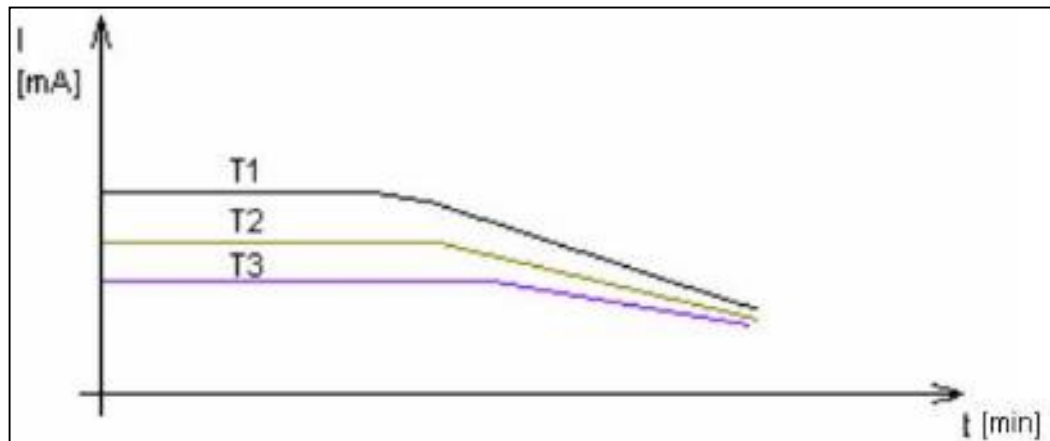
Természetesen a hibakezelő események futásáról az UAV földi szegmens operátorait tájékoztatni kell és további intézkedések is szükségesek lehetnek. Mindezen funkciók részletezése a 3.13. SDL ábrán nem történt meg, ezt ott csak az „esemény kezelés” feladat dobozzal jelöltük.

3.3 FEDÉLZETI TÁPELLÁTÁS

A fedélzeti eszközök működéséhez elektromos tápellátás szükséges, melyek közül létfontosságú a meghajtás, valamint a repülést szabályozó elektronikák táplálása, míg másodlagos lehet a hasznos teher, a „payload”-é. A fedélzeten rendelkezésre álló energiával takarékoskodni kell, de ami még ennél is fontosabb, pontosan nyilván kell tartani. Szükség esetén a létfontosságú fedélzeti eszközök folyamatos tápellátás biztosítása érdekében a másodlagos eszközök lekapcsolása is szükségessé válhat. A CLASS 0 osztályba sorolt UAV-k esetén nagy számban előfordulhat az elektromos hajtás alkalmazása. A szénkefe nélküli kisméretű elektromotorok (BLDC – Brushless DC) áramfelvétele akár 100 A érték körüli is lehet. A repülési stratégia megváltoztatásával energia megtakarításra is lehetőség nyílik (például repülési sebesség csökkentése, lassabb irányváltások, alacsonyabb repülési magasságra emelkedés stb.). Mindez jól jöhet akkor is, ha fogytán van a fedélzeten tárolt energia.

A CLASS 0 osztályú UAV-k esetén az elektromos energiát Lítium, vagy Nikkel alapú akkumulátorok biztosíthatják. Robbanómotoros meghajtás esetén lehetővé válhat a fedélzeti akkumulátorok töltése is. Az akkumulátor töltésénél különös figyelemmel kell eljárni. Természetesen a töltőáram beállítása, valamint a maximális kapocsfeszültség szabályozása tervezési feladat, de a töltési körülmények megváltozásai is kihatással lehetnek ezekre a paraméterekre.

A környezeti- és az akkumulátor cella hőmérséklet mérése az esetek többségében nem megkezdhető. A környezeti hőmérsékletmérést végző szenzor (elterjedten egy NTC), az UAV sárkány belsejében, esetleg magán a vezérlő panelon kaphat helyet (természetesen nem egy koncentráltan hőt termelő eszköz közelségében), hiszen jelen esetben a környezeti hőmérsékleten az elektronikát érő behatások lehetnek érdekesek. Az akkumulátor cella hőmérsékletét indikáló szenzor közvetlenül a cellára helyezve ad hasznos üzemeltetési információt.

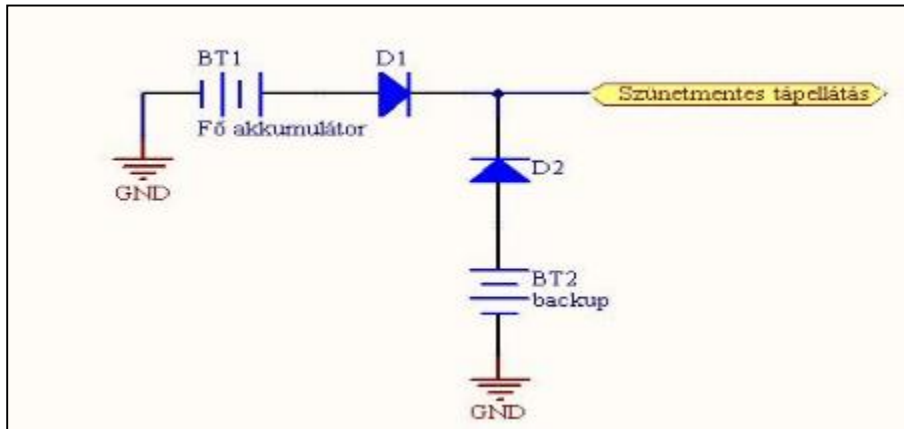


3.14. ábra Maximális töltőáram karakterisztikák a cellahőmérséklet függvényében

A 3.14. ábrán a T3 paraméter jelenti a legmagasabb cellahőmérsékletet, míg a T1 a legalacsonyabbat. Alacsonyabb cellahőmérséklet magasabb maximális töltőáramot enged meg, míg a hőmérséklet emelkedés az áram alacsonyabb értékű korlátozását vonja maga után.

Cella melegedés esetén szükségessé válhat az akkumulátor terhelésének csökkentése is. Elektromos hajtás esetén a BLDC motor teljesítményszabályozásával kímélhetjük az akkumulátort.

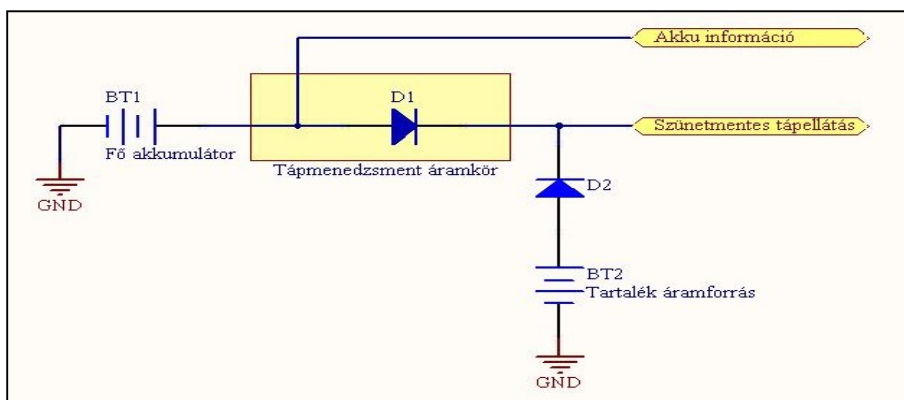
Beállítási, illetve konfigurációs paraméterek megőrzéséhez szükséges lehet úgynevezett „back-up” táplálás kialakítása (3.15. ábra). Ez elsősorban az UAV üzemeltetését könnyítheti meg, például akkor, ha az üzemeltetést végző szakember az akkumulátort lecseréli. A háttér telep segítségével a beállított paraméterek, konfigurációs beállítások, útvonalterv stb. nem vesznek el. A háttértelep megvalósítás történhet kisméretű gombellel, gomb akkumulátorral, vagy úgynevezett superkondenzátorral is. A „back-up” töltéstároló képességet úgy kell méretezni, hogy az írható-olvasható memóriában néhány percig, vagy esetleg néhány óráig, de maximum néhány napig megőrződjenek a tárolt információk.



3.15. ábra Konfigurációt őrző „back-up” áramkör kialakítás elve

A fent ismertetett elvi megoldás azt feltételezi, hogy a backup akkumulátor kapocsfeszültsége alacsonyabb a fő akkumulátor kapocsfeszültségénél, így normál működési körülmények között a D1 dióda nyitott, míg a D2 dióra lezárt állapotú, vagyis a tápáramot a BT1-nek jelölt akkumulátor biztosítja.

Az utóbbi években az akkumulátor technika hatalmasat fejlődött, az eszközök viszonylag kis méretben egyre nagyobb töltésmennyiség tárolására képesek. Mindez a nanotechnológia fejlődésének is köszönhető. A kis méretek és a nagy mennyiségű eltárolt töltés azonban veszélyeket is rejt. Nagy valószínűséggel fordulhatnak elő cella meghibásodások. Mindezek ismeretében vészhelyzeti, tartalékolt megoldásra is gondolniuk kell a tervezőknek. Jogos elvárás egy elektromos hajtású UAV-tól, hogy egy hirtelen és előre nem látható akkumulátor hiba miatt sem következhet be az eszköz lezuhanása. Az előzőekben tárgyalt, a memóriatartalom megőrzését lehetővé tevő megoldás analógiájára, tartalék, vészhelyzeti akkumulátor beépítés is szükségessé válhat. Természetesen ennek méretezése is felhasználás függő, de minimum elvárásnak tekinthető az, hogy egy ilyen tartalék akkumulátor segítségével kényszerleszállás legyen megvalósítható, vagy biztonsági ejtőernyő nyitására legyen elegendő energia a fedélzeten.



3.16. ábra Vészhelyzeti tartalék tápáramkör kialakítás elve

A vészhelyzeti tápáramkörnek most nem csak a konfiguráció megőrzés a feladata, hanem az írható-olvasható memória áramfelvételénél nagyobb igényű eszközök táplálása is szükséges. A központi vezérlő természetesen értesül a problémáról, és vészhelyzeti algoritmusok futtatásával kezeli az eseményt. Ahhoz, hogy ez megoldható legyen, folyamatosan monitorozni szükséges a központi akkumulátor állapotát, ami legegyszerűbb a kapocsfeszültség mérésével. A 3.16. ábrán jelzett dióda csak a leválasztás funkcionalitását jelzi. Ennek az áramköri funkciónak az akkumulátor bezárlatosodása esetén van jelentősége, hiszen a BT1 zárata lehetetlenné tenné a BT2 tartalék áramforrásról történő táplálását.

Az áramkörök és az érzékelő szenzorok tápfeszültségének stabilnak, zavaroktól, zajoktól mentesnek kell lenniük. Helyi zavarforrás lehet a rendszerben a légcsva, vagy forgószárny meghajtó motorja, és annak PWM vezérlése. Nagyfrekvenciás zavarok állhatnak elő a tápfeszültségen az órajel ütemezett digitális áramkörök (kontrollerek, digitális jelfeldolgozó processzorok), és a rádiós kommunikációs adók hatására is. A kisebb szintű zavarjelek elsősorban a szenzorok működését ronthatják, és pontatlanságot okozhatnak az A/D konverterek működésében. Nagyobb zavarok már a digitális áramkörök működési stabilitását is veszélyeztethetik (adatvesztés, program kiakadás). A tápfeszültség zavaroszűrését több technika együttes alkalmazásával érhetjük el. Áramköri tervezési szempontból az egyes fogyasztókhoz, integrált áramkörökhöz zavaroszűrő kondenzátorokat kell beépíteni. Gyakorlati tapasztalat alapján a PCB-n minden integrált áramkörhöz a betáplálási pontoknál 100 nF értékű kondenzátorok beépítése szükséges, de sokszor célszerű néhány pF kapacitású, kis induktív veszteséggel bíró nagyfrekvenciás zavaroktól védő kerámia kondenzátorok párhuzamos csatolása is. Nagyfrekvenciás zavarelválasztást a tápvezetőbe sorosan épített tekercsek biztosíthatják. Itt különösen szükséges arra figyelni, hogy a beépített induktív elem kis rézvesztéségi ellenállású legyen, valamint a rajta átfolyó áram ne okozzon számára károsodást.

Konstrukciós kialakítás is befolyásolja az elektromos táplálás zavarvédeltségét. Ügyelni kell arra, hogy a nyomtatott áramköri lapon a vezető fóliák vastagsága megfelelő legyen, ezért gyakran alkalmaznak az úgynevezett telifóliás PCB megoldásokat. A tápvezető fóliák kialakításánál figyelni kell arra, hogy ne hozzunk létre hurkokat. Zavarbeviteli forrás lehet egy földhurkos megoldás! A chip gyártók a katalóguslapjaikban gyakran közlést tesznek a javasolt elrendezést és a nyomtatott huzalozás kialakítást, az úgynevezett layout-ot.

3.4 SENZOROK, SENZOR ADATOK KEZELÉSE

Az UAV szenzorok a repülési jellemzők adatait mérő eszközök, melyek segítségével visszacsatolt szabályozókörök alakíthatók ki. Érzékelők segítségével mérhető a pilóta nélküli repülő eszköz sebessége, repülési helyzete, pozíciója, a repülés magassága, valamint ezek pillanatnyi változása is.

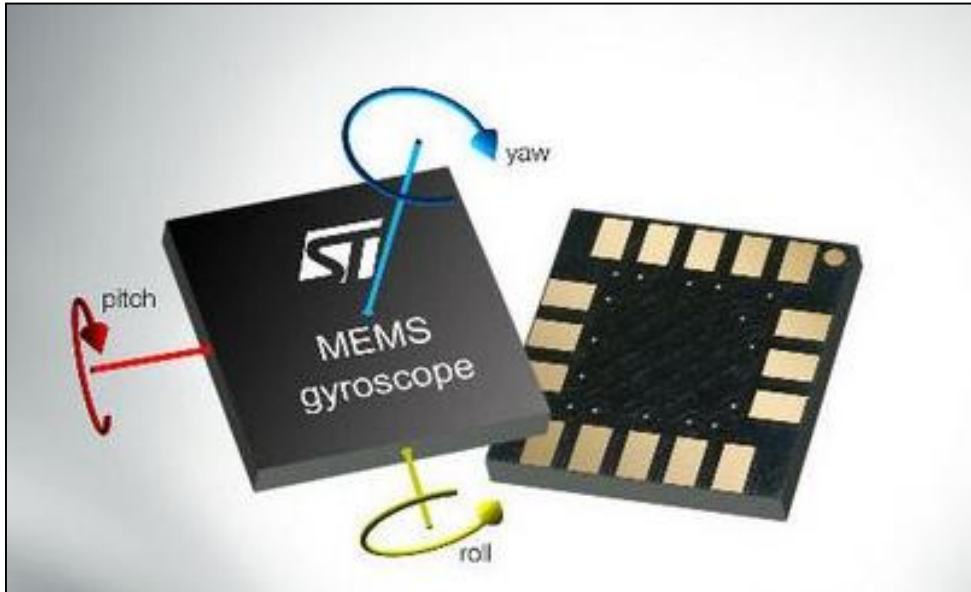
Kisméretű UAV-k esetében a következő szenzorok feltétlenül szükségesek ahhoz, hogy az eszköz autonóm repülésre legyen képes:

- magasságmérő;
- sebességmérő;
- gyorsulás mérő;
- pozíciómérő egy referenciához – giroszkóp;
- helyzet meghatározó eszköz (például műholdas navigációs vevő; mágneses iránytű);

A CLASS 0 UAV osztályban, a kisméretű, hatékony, de ugyanakkor megbízható működésű érzékelők jöhetnek számításba.

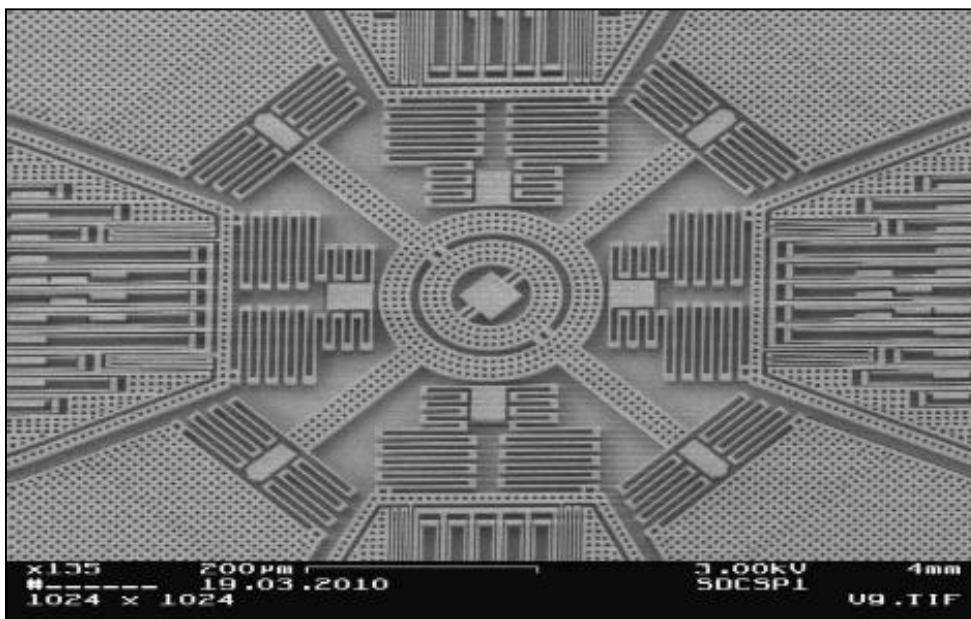
A chiptechnológiai és nanotechnológiai fejlesztések eredményeként megjelentek az úgynevezett MEMS (Microelectromechanical Systems) eszközök, melyek komponensei 1–100 μm építő-

elemekből állnak és úgynevezett fotolitográfiai eljárással készülnek (3.17. kép). E technológiával hatékonyan kialakíthatók gyorsulásérzékelők, és giroszkóp eszközhöz hasonló pozíció meghatározó szenzor is.



3.17. kép ST MEMS „giroszkóp” CHIP²²⁹

Belső felépítés tekintetében a 3.18. kép nyújthat tájékoztatást:

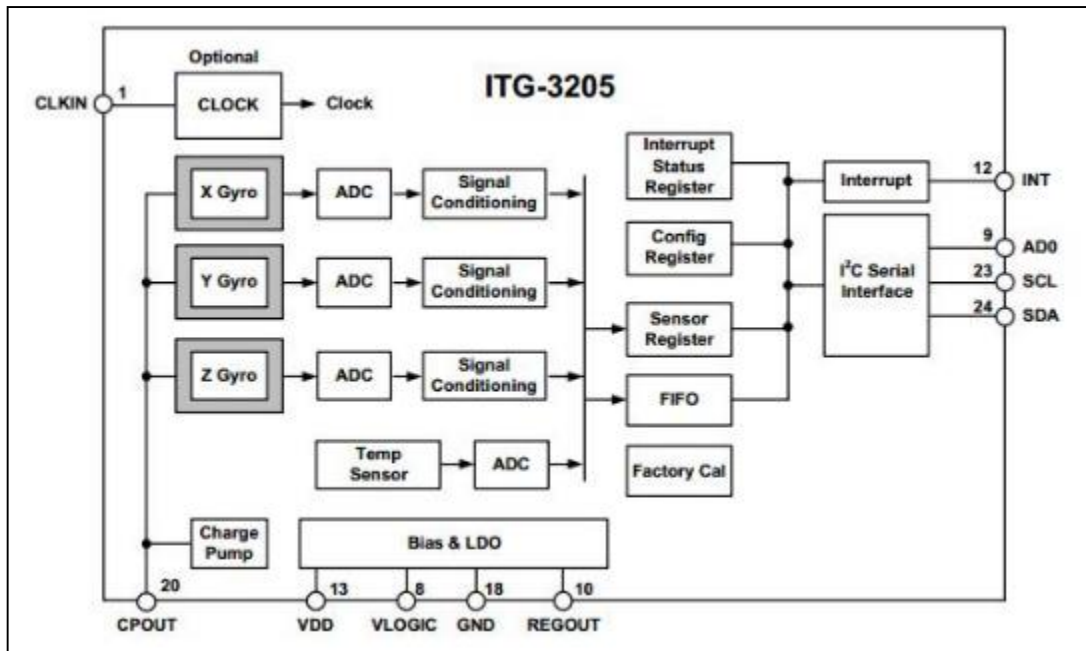


3.18. kép MEMS „giroszkóp” mechanikai érzékelő részlete nagyításban²³⁰

A MEMS eszközök mechanikai érzékelő része félvezető chip-pel integrált, így a mechanikailag kinyert adatok feldolgozása microchip-en belül feldolgozásra kerül. A rendszer tervezőjének nem kell mással foglalkoznia, mint a gyártó által definiált protokoll segítségével - általában valamilyen soros kommunikációs interfészen (UART, SPI, I2C) - kinyerni a mérési adatokat.

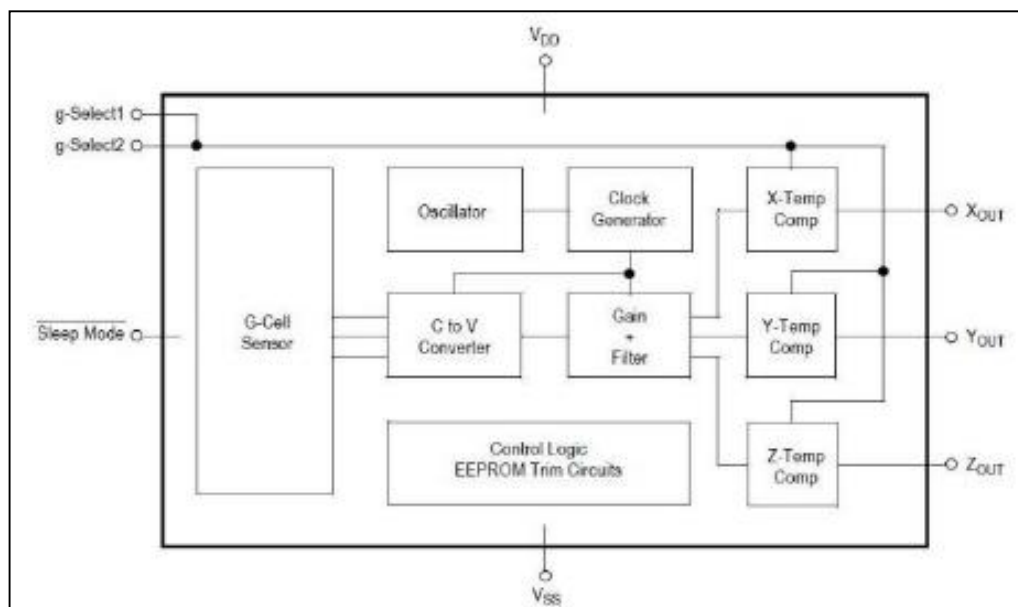
²²⁹ Forrás: <http://embeddedsystemnews.com>

²³⁰ Forrás: <http://www.i-micronews.com>

3.19. ábra ITG3205 MEMS „giroszkóp” chip belső felépítése²³¹

Az ITG 3205 szenzor (3.19. ábra) az X, Y és Z irány változásának adatait I2C interfészen (SCL órajel és SDA adatvezeték) képes átadni a feldolgozó processzornak. Mivel az I2C buszon „slave” eszközként definiált, ezért kialakítottak egy megszakításkérési mechanizmust is, mely jelezni képes (INT kimenetén) az I2C „master” eszköznek azt, hogy adatok állnak rendelkezésre, és kezdeményezheti azok kiolvasását.

Kisebb integráltsági fokú MEMS érzékelők esetén elképzelhető, hogy analóg feszültségjel feldolgozása szükséges. Egyszerű X–Y–Z irányú gyorsulásmérő áramköröket gyakran úgy alakítják ki, hogy az egyes irányokhoz tartozó gyorsulással arányos feszültség jelenik meg az adott kimeneten. Egy ilyen eszköz belső felépítését szemlélteti a 3.20. ábra:

3.20. ábra Az MMA7260QT MEMS gyorsulásérzékelő bloksémája²³²

²³¹ Forrás: <http://www.kamami.pl/dl/itg3205.pdf>

²³² Forrás: www.freescale.com

Ez esetben az UAV központi vezérlő A/D konverter bemeneteire kell csatlakoztatni az X_{OUT} , az Y_{OUT} és a Z_{OUT} kivezetéseket, és a szabályozó kör mintavételi ütemezésével összhangban szükséges az itt megjelenő feszültségeket digitális számmá konvertálni.

3.4.1 GPS vevő

Napjaink leghatékonyabb és legolcsóbb helymeghatározó rendszere a GPS²³³. A GPS rendszerek használata általános felhasználás esetén díjmentes. Helymeghatározás tekintetében a jelenleg használatos rendszerek pontossága kielégítő, a helyzet néhány méteres pontossággal meghatározható. A digitális térben az autonóm robot, mint 3D objektum ábrázolása, sok esetben egy pont, melynek aktuális helymeghatározása a digitális térben GPS-szel történhet.

A GPS helymeghatározás időmérésre visszavezetett távolságmérésen alapul. A rádióhullámok terjedési sebessége ismeretében a meghatározandó pont távolsága az adott mérőjelet szolgáltató műholdtól és így már számítható a térbeli helyzet pozíciója. [5][6].

Napjainkban, a kiskereskedelmi forgalomban számos, jó minőségű, kisméretű GPS vevő modul vásárolható, melyek az alkalmazott csúcstechnikának köszönhetően, olcsó tömegcikknek tekinthetők. A 3.21. ábrán a FALCOM JP7GPS vevő modul látható, melynek geometriai mérete 25,4×25,4×3 mm és a robotkutatások során nagy sikerrel alkalmazható [6].



3.21. kép GPS vevő modul

A modul SMD alkatrészként alkalmazható, tömege árnyékoló lemez nélkül körülbelül 2,5 g és széles működési hőmérséklettartományban (−40)–(+85) °C, teszi lehetővé a kisméretű pilóta nélküli repülőeszközökön történő alkalmazását. Beépítéskor ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy maximum 20 m/s sebességű rázkódást és 4g gyorsulást képes elviselni meghibásodás nélkül.

A GPS vevő modul által szolgáltatott koordináták pontossága 10 m, de DGPS esetben ez az érték 1–5 m-en belüli [6]. A objektum számított sebesség pontosság 0,1 m/s, míg differenciális módban ez 0,05 m/s-ra finomodik. A GPS vevő belső órája 1 μ s pontossággal szinkronizál.

Az interfészekon két elterjedt és általánosan alkalmazott protokollal történhet a kommunikáció:

- SiRF,
- NMEA (NMEA–0183 – National Marine Electronic Association).

A SiRF binárisan adja a pozíciót, sebességet, magasságot és státuszt. Az egyes mezőket a SPACE karakter (20h) választja el.

²³³ GPS – Global Positioning System (Globális Helymeghatározó Rendszer) az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által kifejlesztett ingyenesen hozzáférhető műholdas helymeghatározó rendszer.

Néhány fontos SiRF parancsot a 3.1. táblázat tartalmaz [6]:

SiRF parancskód HEX formátumban	Parancs neve	Parancs jelentése
80h	IDS – Initialize Data Source	Eszköz inicializálás
81h	Switch to NMEA protocol	NMEA protokoll üzemmódra váltás
84h	SW-Software Version	Szoftver verzió lekérdezés
85h	DGPS Source Control	Differenciális GPS üzemmód beállítás
86h	SMSP-Set Main Serial Port	Az 1-es soros kommunikációs port üzemmód beállítása (baudrate, adat és stop bitek száma, paritásbit)
97h	STP-Set Trickle Power Parameters	Szakaszos üzemmód paramétereinek beállítása

3.1. táblázat A FALCON JP7 modul néhány SiRF parancskódja

További fontos SiRF üzenetek a következő táblázatban láthatóak [6]:

SiRF üzenetkód HEX formátumban	Üzenet neve:	Üzenet jelentése:
02h	MND-Measured Navigation Data	Navigációs adatok
04h	MTD-Measured Tracking Data	Szatelit információk
06h	SW Version	Szoftver verzió
07h	CS-Clock Status	Óra státusz
11h	DC-Differential Correction	DGPS broadcast üzenet fogadása után küldött üzenetkód

3.2. táblázat A FALCON JP7 modul néhány SiRF üzenetkódja

Az NMEA protokoll a GGA, GLL, GSA, GSV, RMC és VTG üzenetformátumokat támogatja.

Az NMEA kimenő üzenetek összefoglalóját a 3.3. táblázat mutatja be [6]:

NMEA üzenet neve	Üzenet jelentése (tartalma)
GGA	A GGA üzenet idő és aktuális pozíció paramétereit tartalmazza.
GLL	Lattitude, longitude és UTC idő paramétert adja át.
GSA	Megadja a GPS vevő működési módját.
GSV	A GSV üzenet a „látszó” szatelitek azonosítóját (ID) adja meg, valamint a szatelitre vonatkozó egyéb paramétereit.
MSS	Jel-zaj viszony, jelerősség, frekvencia, bitsebesség paraméterek.
RMC	Idő, dátum, pozíció és sebesség paraméterek.
VTG	Földhöz viszonyított sebesség paraméter.

3.3. táblázat A FALCON JP7 modul néhány NMEA üzenetkódja

A pontos UAV működéshez további szenzorok és érzékelők fedélzetre történő beépítése, telepítése is szükséges lehet. Fontos információ lehet egy UAV esetében a beavatkozó szervek állapota, és azok működés közbeni kontrollja. Légsavart, vagy forgószárnyat hajtó elektromotor esetében célszerű az áramfelvétel monitorozása, ami relatív kisebb áramoknál egy sönt ellenálláson történő feszültségméréssel (A/D konverzióval) végezhetünk. Nagyobb áramfelvételek esetén a motor tápvezeték „lakatfogós” módszerével juthatunk információhoz. Hasznos mérési paraméter lehet a motor tényleges pillanatnyi fordulatszámának monitorozása is, mely impulzusadó eszközökkel vizsgálható.

3.4.2 Szenzorok működésbiztonsága

A szenzorok az UAV-k létfontosságú elemei, melyek meghibásodása, vagy akár átmeneti üzemzavara (például lefagyás, párosodás miatt) az eszköz üzembiztonságát veszélyezteti, esetleg elvesztését is okozhatja.

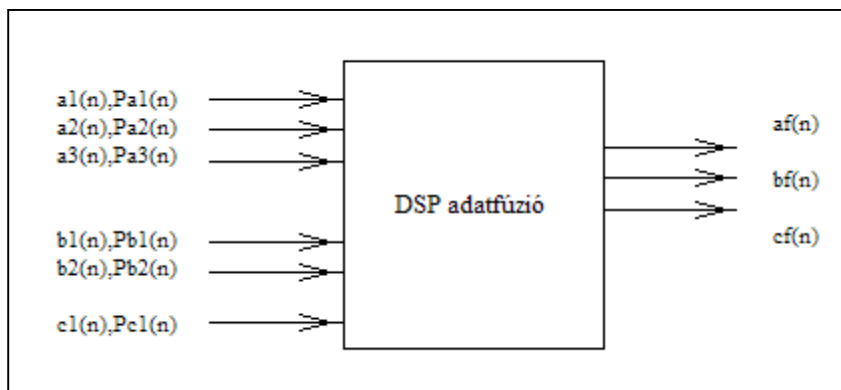
A létfontosságú szenzorok többszörözése javíthatja a működés biztonságát, de az azonos elven mérő eszközök a külső behatások miatt egyszerre válhatnak üzemképtelenné.

Létfontosságú kérdés az is, hogy egy szenzorról a lehető leghamarabb észrevegyük azt, hogy hibás mérési adatokat szolgáltat, valamint a pillanatnyi (zajból vagy zavarokból eredő) hibákat is ki kell zárni a rendszerből.

Az érzékelőktől származó információk, mérési adatok fúziójával a hibás mérési eredmények kiejthetők [11]. Az adatfúzió redundáns mérési adatok alapján végezhető el, vagyis bizonyos repülésbiztonságot jelentő fizikai jellemzők mérését végző szenzorokból az UAV fedélzetére többet kell telepíteni. Az adatfúzió alapját jelenti továbbá az egyes szenzorok által biztosított, első ránézésre fölöslegesen megjelenő, redundáns többletadatok felhasználása.

Az aktuális „X–Y–Z” koordináta értékek biztosítása mellett a fedélzeti helyzet meghatározó eszköz (például GPS vevő) magassági, sőt haladási sebesség adatokat is szolgáltat (igaz ez utóbbi nem a repülés közegéhez, a levegőhöz viszonyított, hanem a műholdak állásából számított). Abban az esetben, ha ezeket összevetjük az elsődleges sebesség-, és magasságmérő szenzor adataival, akkor ez jó ellenőrzési támpont. A különböző érzékelőktől kapott, azonos fizikai jellemzőkre vonatkozó nagy eltérések esetén, valószínűségi vizsgálattal dönthető el, hogy mely adatot fogadjuk el valósnak, érvényesnek.

Az előfeldolgozott, szűrt szenzoradatok fuzionálása hihetőség-vizsgálaton alapulhat. Azt a mérési eredményt, melynek hihetőségét minősítő számértéke jobb, mint egy másik, vele azonos paramétert szolgáltatóé, nagyobb súllyal vehető figyelembe. Méréskor, ha az adatfúziót végző áramkör nagy eltérést tapasztal, akkor a kevésbé hihető adatot eldobja és a továbbiakban a jobb jellemzőkkel rendelkezőt használja fel.



3.22. ábra UAV fedélzeti adatfúziós modell

A 3.22. ábrán látható adatfúziós modellben az azonos fizikai jellemzőket azonos betűk, míg ezek indexszámai, a mérési adat sorszámát (például szenzor sorszámot) jelölik. Az „n” pedig minden esetben mintasorszámot jelöl. Minden szenzortól a megérkezett n-edik adat a modell szerint előfeldolgozáson már átesett, így a mérési adathoz egy digitális szám formájában egy hihetőségi mérőszám tartozik. Például a Pa1(n) jelentése az, hogy az első, „a” mennyiséget mérő szenzortól érkező n-edik adat P valószínűséggel tekinthető egy előre definiált hibahatáron belülinek.

A kimeneti adatok már az adatfúzió eredményeképpen előálló fúziós adatok. A 3.22. ábrán bemutatott példában, mely szerint a „c” fizikai mennyiség csak egy szenzortól származott, a kimeneten viszont ennek a fizikai mennyiségnek is előállhat egy nagyobb megbízhatóságúnak tekinthető komponense. Ez úgy lehetséges, hogy az egyes fizikai mennyiségekből származtathatók (kalkulálhatók) más fizikai mennyiségek is, jelen esetben a „c” mennyiség. E szerint lehetőség nyílik a $c1(n)$ adatfúzióra a többi fizikai jellemzőből származtatott „c”-vel.

A 3.22. ábrán felvázolt fúziós modell további megvalósíthatósági kérdéseket is felvet. Például miként kezelhető az az eset, amikor egy szenzoron nem végezhető hihetőségi vizsgálat, vagy azt a szenzor belsejébe integrált jelprocesszor már megtette, így a $P(n)$ adat nem áll rendelkezésre?

A DSP adatfúziós modellben - mint szinkron szekvenciális digitális hálózat bemenetére - nem szinkronizáltan érkeznek a mérési adatok, sőt az egyes szenzorok mintavételi frekvenciája is eltérő.

Az előző problémák megoldására a fúziós modell változatlanul használható, mert abban az esetben, ha nem áll rendelkezésünkre az adott n -edik eredményhez tartozó $P(n)$, akkor a szenzor megbízhatósága és a gyártó által garantált pontossági adata alapján a fúziós áramkör tervezésekor nekünk kell a $P(n)$ -ek egy konstans értéket adni, ami ekkor már természetesen n -től független.

Az adatfúziós áramkör bemenetére érkező adatok szinkronizálása a gyakorlatban szintén egyszerűen megoldható feladat. Ezek fogadására egy-egy memóriaterületen kialakított üzenet pufferre van szükségünk, így az egymáshoz képest aszinkron módon megérkező mérési eredmények a felhasználáskor (puffer kiolvasáskor) válnak szinkronozottá. Ez a módszer az egymástól jelentősebben eltérő mintavételi frekvenciával dolgozó szenzor adatok decimációját is megoldja. Valójában a ritkábban érkező adatok interpolálási feladatát is meg lehet így kerülni, de ekkor célszerűbb egy becslési algoritmus beiktatása.

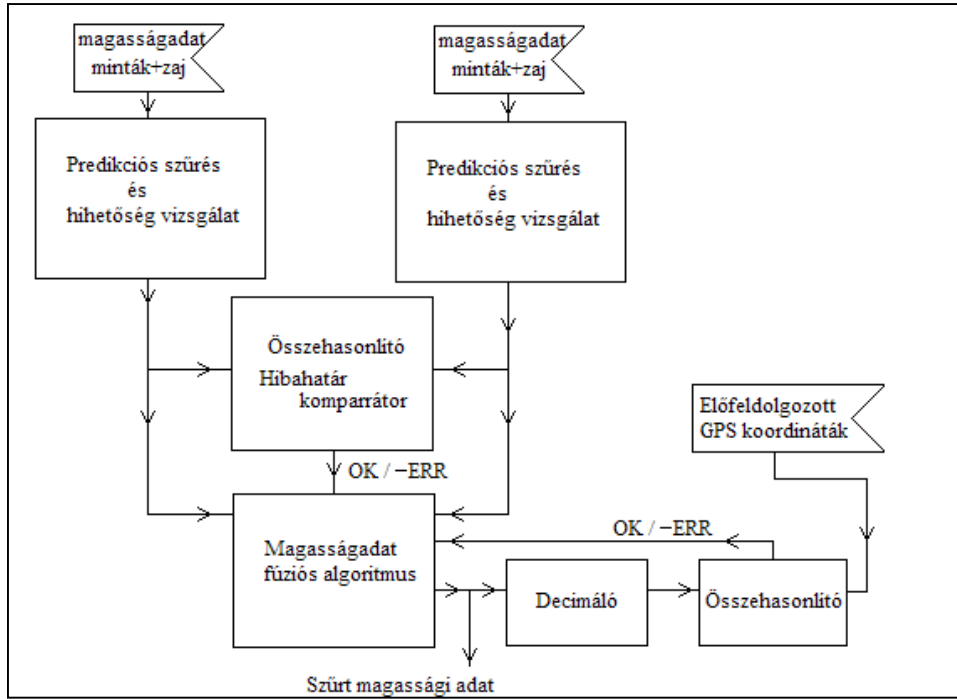
3.4.3 UAV szenzor adatfúziós példa – magassági adat

A továbbiakban tételezzük fel, hogy egy kisméretű UAV fedélzetére két, ugyanazon fizikai jellemzőt mérő szenzort telepítettünk, például magasságmérőt. Ugyanezen UAV fedélzetén GPS vevő is helyet kapott, mely szintén szolgáltat magassági adatot. Az elsődleges magassági adat előfeldolgozáson (előszűrésen) esik át, mellyel általában jelentős jel-zaj viszonyjavulás érhető el. Az előfeldolgozott magassági adatok egymással összevethetők, összehasonlíthatók. Egyezőség esetén, ami jelen esetben egy bizonyos hibahatáron belüli eltérést jelent, a mért magassági adat hibamentesnek tekinthető, és az fenntartások nélkül a továbbiakban felhasználható.

A fedélzeti magassági adatok adatfúziója jelfeldolgozó algoritmusának egyszerűsített folyamata a 3.23. ábra segítségével követhető nyomon.

Az algoritmus részlet három bemenettel rendelkezik, az egyik kimeneten a „szűrt magassági adat” van. Természetesen az egyes „jelfolyamok” is felhasználhatóak kimenetként, hiszen ezek a memóriában átmenetileg tárolt információk. A GPS adatok és a magasság mérők által szolgáltatottak összehasonlításának eredményeképpen előálló OK/-ERR jel elsősorban tájékoztatásra szolgál, mert az előző ütemből származik. Ha ez nem így lenne, az ábra szerint késleltetés mentes hurok keletkezne, ami a digitális jelfeldolgozásban nem realizálható.

A magasságmérő és a GPS adatai más-más mintavételi frekvencián is állhatnak rendelkezésre. Ennek feloldására (feltételezve azt, hogy a sűrűbb mintavétellel dolgozik a magasságmérő, mint a GPS vevő) helyeztek a modellbe egy „Decimáló” modult.



3.23. ábra UAV fedélzeti magassági adatfúziós modell

3.5 A FEDÉLZETI IRÁNYÍTÓRENDSZER NÉHÁNY ALGORTMUSA

Az autonóm repülést biztosító, alap funkciót ellátó fedélzeti rendszerek működtetéséhez számos algoritmus szükséges. A repülés stabilizálás (bólintás, dőlési szög, sebesség és magasság tartás stb.) és a repülési útvonal követést az UAV alapfunkciói közé soroljuk.

A repülőgép repülési stabilitása elsősorban a külső légköri zavarok hatásának kiiktatását, illetve kompenzálását jelenti.

A repülőeszköz térbeli mozgása, – méretétől és kategóriájától függetlenül – differenciálegyenlet-rendszerrel írható le. Ennek linearizált formája²³⁴ a következő:

$$\dot{\beta} = -0,13 \cdot \beta - \omega_y + 0,04 \cdot \gamma + 0,02 \cdot \delta_R \quad (3.1)$$

$$\dot{\omega}_X = -4,2 \cdot \beta - \omega_X + 0,25 \cdot \omega_y - 0,9 \cdot \delta_A + 0,34 \cdot \delta_R \quad (3.2)$$

$$\dot{\omega}_y = -1,2 \cdot \beta - 0,004 \cdot \omega_X + 0,178 \cdot \omega_y - 0,58 \cdot \delta_R \quad (3.3)$$

$$\dot{\gamma} = \omega_X \quad (3.4)$$

ahol:

- β – a csúszási szög;
- $\dot{\omega}_y$ – a legyező szögsebesség;
- $\dot{\omega}_X$ – az orsózó szögsebesség;
- γ – dőlési szög;

²³⁴ Tristar L1011

- δ_R – az oldalkormány szögkitérése;
- δ_A – a csűrőlapok differenciális szögkitérése.

A szabályozó körök, mint visszacsatolt rendszerek segítségével a repülő eszköz működés paramétere beállíthatóak. A definiált minőségi kritériumok²³⁵ segítségével a tervezés matematikai úton, több módszerrel is elvégezhető, de ennek eredménye nem teljesen egzakt. Mivel a tervezőnek számos „szabad” paramétert kell definiálnia, az eredmény kompromisszumok sokasága lesz. (Pl. a gyorsan reagáló szabályozó kör zavarvédeltsége alacsonyabb lesz, míg a jó zavarkijelő képességű rendszer reagálási ideje kitolódik.) A tervező munka során a kapott eredményeket szimulációval szükséges ellenőrizni.

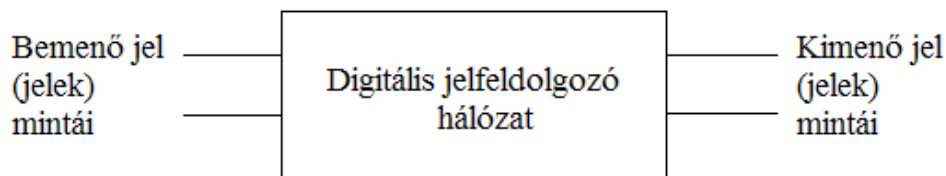
A korszerű szabályozóköröket nem analóg áramkörökkel, hanem digitális, mintavételes rendszerekkel valósítják meg. A digitális jelek elvileg veszteségmentesen tárolhatók, továbbíthatók és feldolgozhatók. A digitális jelfeldolgozó hálózat paramétere stabilak, nincs öregedésből, vagy hőmérsékletfüggésből adódó elhangolódás.

Digitálisan, a jelek mintái dolgozhatók fel, melyeket – általában – T időközönként vesznek az időben folytonos $x(t)$ jelből. A diszkrét idejű $x^*(t)$ jel egy számsorozattal írható le:

$$x^*(t) = \{x(0), x(T), x(2T) \dots x(nT) \dots\} \quad (3.5)$$

Mintavételezéskor ügyelni kell arra, hogy a mintákból egyértelműen visszaállítható legyen a folytonos jel, ne lépjen fel spektrum átlapolódás - aliasing.

Egy digitális jelfeldolgozó hálózat a bemenetére, illetve bemeneteire érkező mintákból kiszámítja a kimenet, illetve a kimenetek mintáit (3.24. ábra).



3.24. ábra Digitális jelfeldolgozó hálózat modell

Első megközelítésben a digitális jelfeldolgozó hálózatot lineárisnak, kauzálisnak és időben invariánsnak tekintjük. Ekkor a bemenőjel-minták és a kimenőjel-minták között a kapcsolat lineáris, állandó együtthatós differenciaegyenlettel adható meg.

Egy bemenet és egy kimenet esetén:

$$\sum_{k=0}^N a(k) \cdot y(n-k) = \sum_{i=0}^N b(i) \cdot x(n-i) \quad (3.6)$$

A számítási feladat (feladatok) elvégzéséhez véges időre van szükségünk, így a kimeneten a jel mindig valamilyen késleltetéssel jelenik meg a bemenetre adott jelhez képest. A számítási feladat elvégzésére a mintavételi időköz (T) által behatárolt időablak áll a rendelkezésre, hiszen ennek eltelte után a következő minta érkezik a bemenetre.

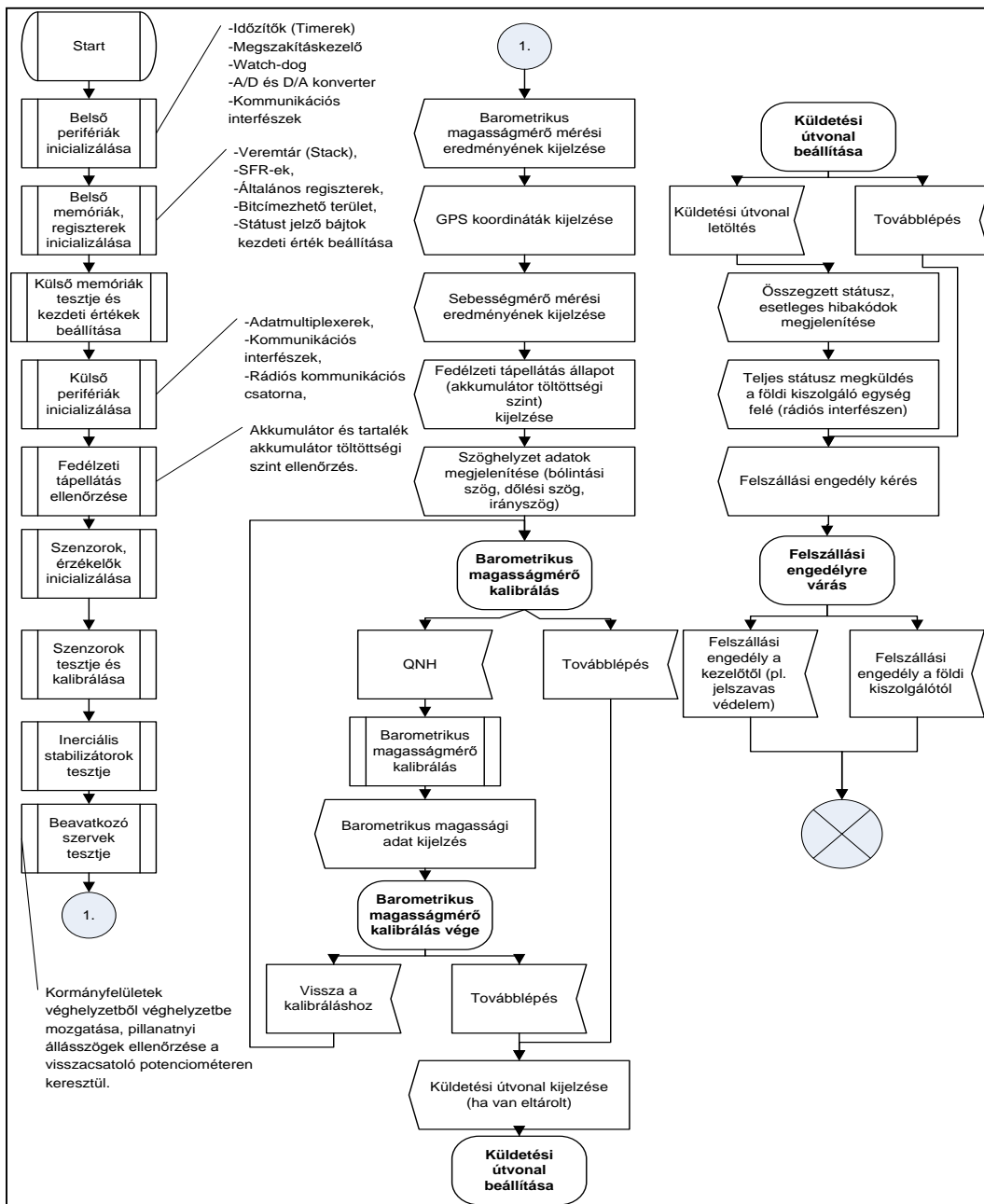
Szintén ebbe az időablakba kell beleférni az állapot változók frissítésének is.

²³⁵ A minőségi kritériumok bevezetése Norbert Wiener, amerikai matematikus nevéhez fűződik

3.5.1 Rendszer inicializálás

A rendszer indítását (bekapcsolását), esetleg újraindítását követően az állapotváltozókat tároló memóriaterületeket inicializálni kell. Az inicializálás kezdeti érték adást jelent, mely az esetek többségében nulla érték, vagyis a tárolók törlését jelenti.

Bekapcsolás után a mikrovezérlőből, vagy jelfeldolgozó processzorból kialakított központi vezérlőben elinduló szoftver először elvégzi a saját belső perifériáinak inicializálását, majd lefuttat néhány önteszt rutint. A sikeres futást követően a külső perifériák inicializálásával és tesztjével folytatódik a rendszer indulása. Az egyes aktív szenzorok megszólítása és státusz kiolvasása megfelelő képet ad a szenzor állapotáról. A kommunikációs csatorna általában valamilyen soros szinkron (I2C, SPI stb.), vagy soros aszinkron (RS-232, RS-422; RS-485 stb.) interfész. A beavatkozó szervek tesztelése is elengedhetetlen, hiszen amennyiben egy kormányfelület megszorulás a levegőben derül ki, az végzetes lehet. Az inicializálást, valamint a tesztek folyamatát szubrutin szinten a 3.25. ábrán tekinthetjük át.



3.25. ábra Bekapcsolási inicializálás és önteszt algoritmus SDL ábrája

A pilóta nélküli repülőeszközök működéséhez és alap-funkcionalitásához szükséges algoritmusokon kívül számos, a működésbiztonság fenntartót is elengedhetetlen implementálni. A teoretikusan elképzelt hibák kezelésére külön algoritmusokat kell tervezni. Az ilyen meghibásodás természetesen nem egy elektronikai építőelem konkrét problémájára, hanem egy funkcionális blokk kiesésre, vagy teljesítmény csökkenésre vonatkozhat.

Ilyen elképzelt rendellenességek lehetnek:

- pozíció koordináták nem állnak rendelkezésre;
- magasságmérő szenzor meghibásodik;
- magasságmérő szenzor pontatlanná válik;
- sebességmérő szenzor meghibásodik;
- sebességmérő szenzor pontatlanná válik;
- beavatkozó szerv megszorul;
- légcsavart, vagy forgószárnyat működtető motor teljesítményt veszít.

Az előre definiált problémák kezelését SDL diagram [1] segítségével tekintjük át. A véges állapot elmélete értelmében, minden előre definiált kritikus hibát kezelő algoritmus „nyugalmi” állapotban van, amiből a kibillenést a kritikus hiba eseménye eredményezi. A véges állapotú automata elmélet szerint a rendszer véges számú állapottal rendelkezik, és mindaddig megtartja az előzőt, míg külső hatás nem éri. Ez rajztechnikailag a következőt jelenti, állapot szimbólumot minden esetben bemenet szimbólum követ [1].

Az algoritmusok, mint az UAV CP-jében implementált program-rutinok, a környezettel a kapcsolatot paraméter átadással valósítják meg, melyeket az SDL-kimenet és SDL-bemenet szimbólumok jelzik.

3.5.2 Pozíció koordináták elvesztését kezelő rutin

Pozíció koordináták elvesztése alatt azt a vészhelyzetnek definiált állapotot értjük, amikor a kisméretű, pilóta nélküli repülőeszköz fedélzeti GPS vevőjétől nem érkeznek használható koordináta adatok. Abban az esetben, ha a koordináták meghatározásához szükséges vételkiesés nem a GPS vevő hibájából, hanem pillanatnyi zavarból (például erős felhősödés) ered, akkor a GPS vevő a kommunikációs protokolljában (például NMEA) jelzi azt. A GPS vevő meghibásodása esetén a fedélzeti adatfúziós rendszernek a feladta a hibás szenzor adatainak kizárása, majd a GPS vétel kiesés jelzése a felhasználó algoritmusok számára.

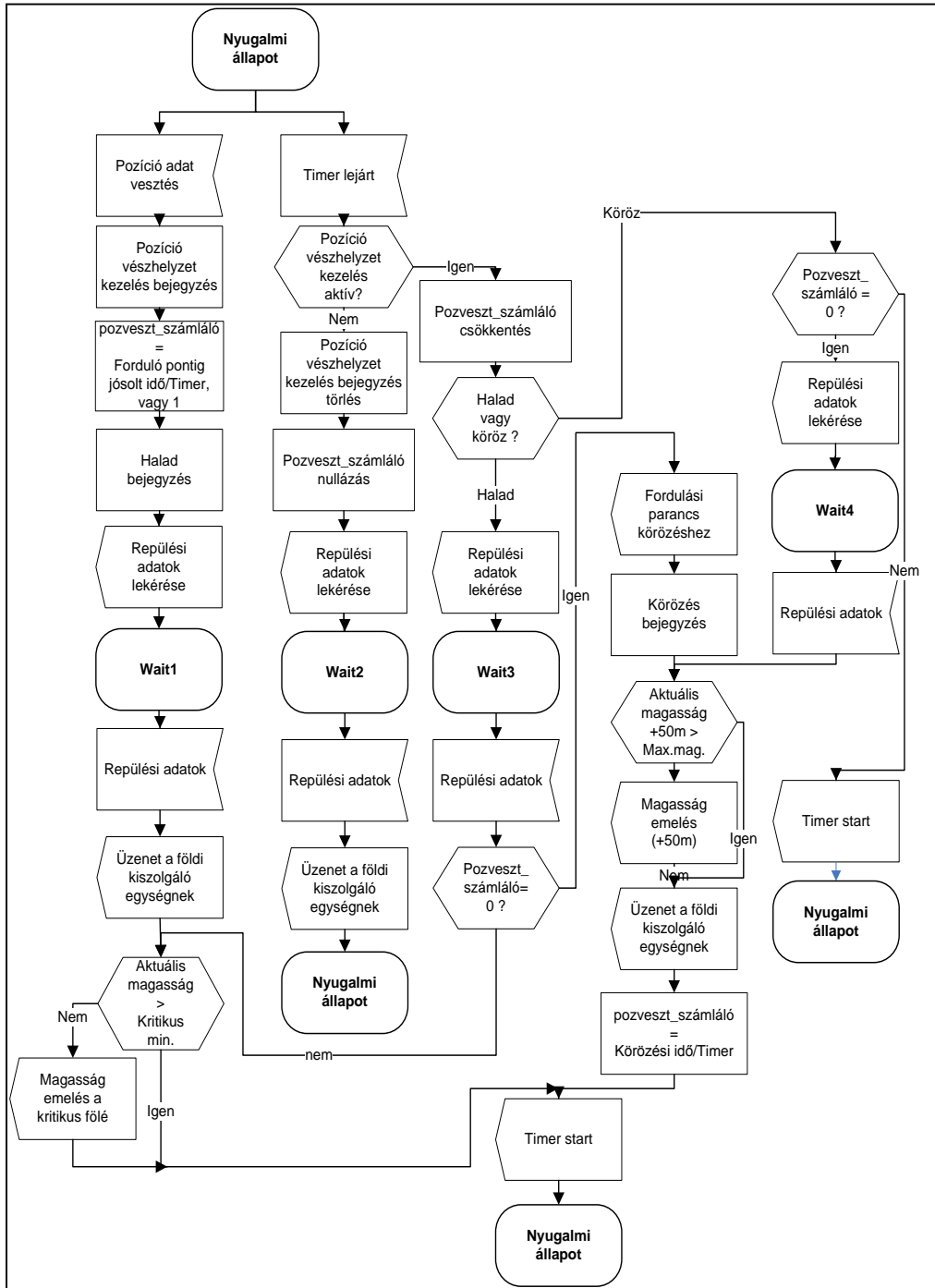
A memóriában átadott jelzésüzenet hatására a pozíció koordináta veszteségét kezelő vészhelyzeti algoritmus élesedik és ezt bejegyezve adja tudtára a többi algoritmusnak a hibakezelés-futást. A következő fordulópontig, becsült időtartamig megtartja a repülési irányt, de a rendelkezésre álló aktuális repülési adatokat és a pozíció veszteség tényét megküldi a földi ellenőrző bázisnak, majd a kisméretű UAV repülési magasságát egy ilyen vészhelyzetnek megfelelő, előre definiált magasság fölé emeli.

A pozíció koordinátavesztés vészhelyzet kezelése alatt több esemény következhet be:

- helyreáll a GPS vétel, ekkor a vészhelyzetet kezelő algoritmust le kell állítani, változóit törölni szükséges;
- megérkezünk a becsült adatok alapján, a fordulópont közelébe (becsült fordulópont).

Az utóbbi esemény bekövetkezése esetén a repülési feladat folytatásának kimenetele kérdéses, ezért biztonságosabb megoldásnak találhatjuk, ha további repülési magasság emeléssel megpróbáljuk helyreállítani az UAV fedélzetére telepített GPS vevő rádiós vételét. Ezt úgy célszerű megtenni, hogy ekkor a feltételezett fordulópontnál az UAV köröket ír le, amihez a navigációs algoritmusban előre definiálni szükséges a megfelelő kormányfelület állásokat.

A kisméretű UAV-k esetén – repülési tulajdonságoktól függően 100 m, esetleg néhány 100 m átmérőjű körök leírása lehet célszerű. Természetesen a magasság növelésénél ellenőrizni kell egy előre beállított felső limitet, ami fölé nem emelkedhet a repülőeszköz.



3.26. ábra Pozíció koordináta veszteszt kezelő algoritmus SDL ábrája

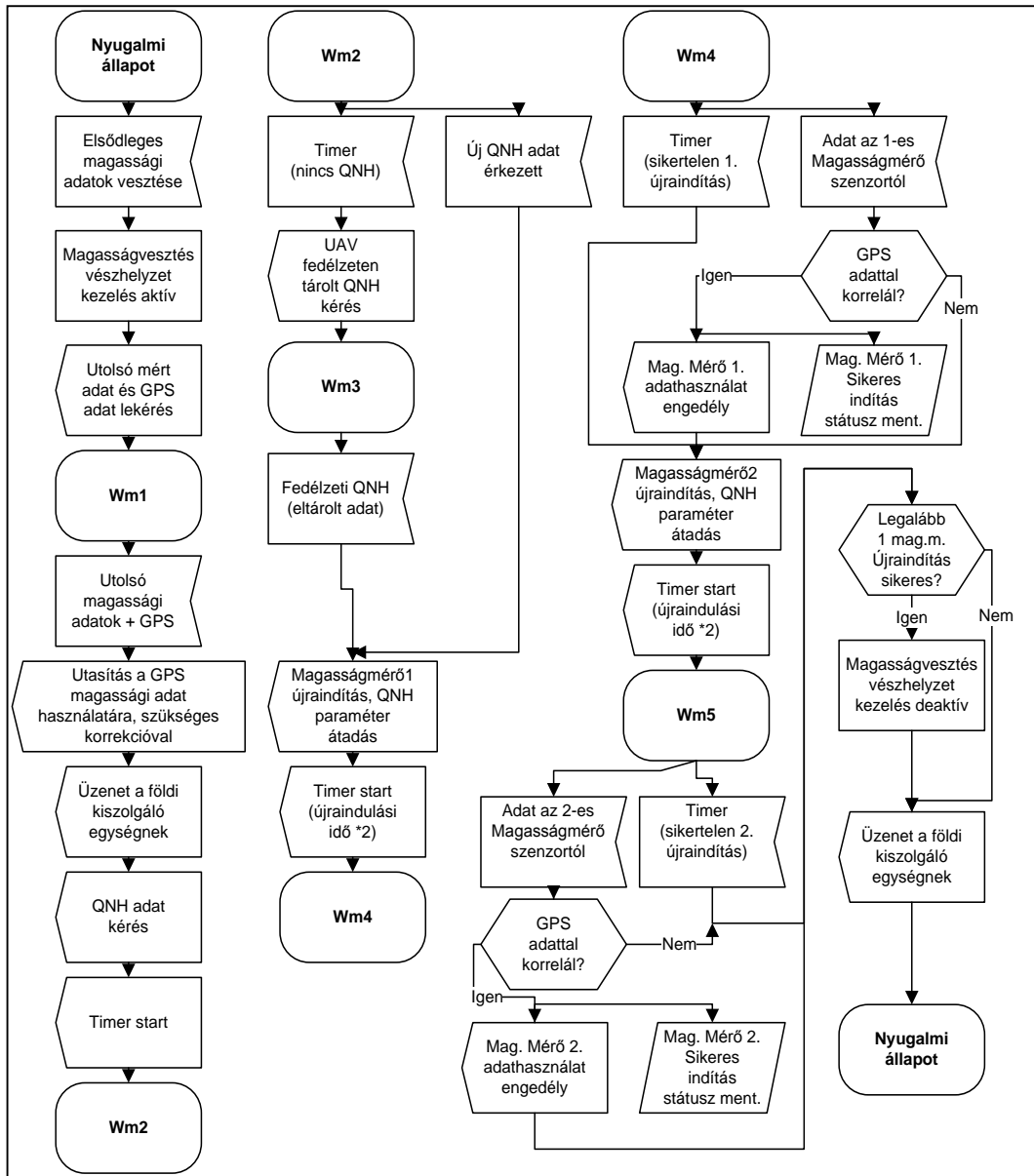
A 3.26. ábrán látható algoritmusban UAV fedélzeti operációs rendszer szinten kezelt TIMER-t alkalmazunk. A TIMER lejáratási idejét a GPS koordinátákat szolgáltató szenzor, mérési adatsűrűségétől függően kell meghatározni. Például, ha a GPS vevő 200 ms időközönként szolgáltat új koordináta adatot, akkor a TIMER-t is célszerűen 200 ms időre felhúzni. Az egyes feladatok időbeli ütemezése számlálással történhet (SDL ábrán ezt „pozveszt-számláló”-nak jelölve). A számláló töltési értékét a feladat ideje, és a TIMER felhúzási idő hányadosa adja. Előre haladásnál ezt az értéket a fordulópont becsült elérési idő/TIMER idő adja.

3.5.3 Elsődleges magassági adatok elvesztését kezelő algoritmus

Az elsődleges magassági adatok elvesztése jelentős információ hiányt jelent a kisméretű UAV alkalmazásokban, ezért a fedélzetén legalább két magasságmérő szenzort alkalmaznak. A fedélzeti adatfúziós rendszer (3.22. ábra) a mérési eredmények hihetőségét vizsgálja (összehasonlít, és keresztkorrelációt számít a származtatott vagy másodlagos mérési adatokkal). A szenzorhardver redundancia, valamint a fúziós algoritmus jóvoltából az elsődleges magassági adat vesztesének kicsi a valószínűsége, de ha bekövetkezik, akkor azt kezelni kell!

Az elsődleges magassági adatok vesztesége esetén, a másodlagosak felhasználása válik szükségesé, melyek pontossága kisebb, valamint ritkább időközönként frissülnek, mint az elsődleges mérési adatok. Ez a gyakoriság érték GPS vevő esetén 100 ms–1 s időintervallumba esik.

Másodlagos magassági adat felhasználásáról rádiós csatornán szükséges értesíteni a földi kiszolgáló egységet és biztonsági okból a vészhelyzet kezelés időtartamára az UAV repülési magasságát egy minimális, vészhelyzet esetére meghatározott értékre kell emelni, ha az egyébként a normál feladat-végrehajtás során kisebb magasságban repült.



3.27. ábra Elsődleges magasságadat vesztesést kezelő algoritmus SDL ábrája

Az elsődleges magassági adatok hiánya esetén elinduló vészhelyzet kezelő algoritmus (3.27. ábra) a másodlagos magassági adatok felhasználás engedélyezését követően inicializálja az egyes számú magasságmérőt, valamint paraméterként átadja a QNH magasság-nyomás korrekciós paramétert. A kettes számú szenzor újraindítására is kísérletet tesz az algoritmus. Mindkét újraindítást időzítés védetten kezeli, azért, hogy teljes szenzor hiba (hardver hiba, ami az újraindítást lehetetlenné teszi) esetén se fordulhasson elő egy átmeneti állapotban (Wm4, Wm5) ragadás. Abban az esetben, ha valamely szenzor elindul (1-es, vagy 2-es elsődleges magasságmérő), akkor a „magasság vesztes kezelés” jelzése deaktiválódik.

A kezelő algoritmus mielőtt befejezné a futást annak végső státuszról jelentést küld a földi kiszolgáló egységnek.

3.5.4 Sebesség adatok elvesztését kezelő algoritmus

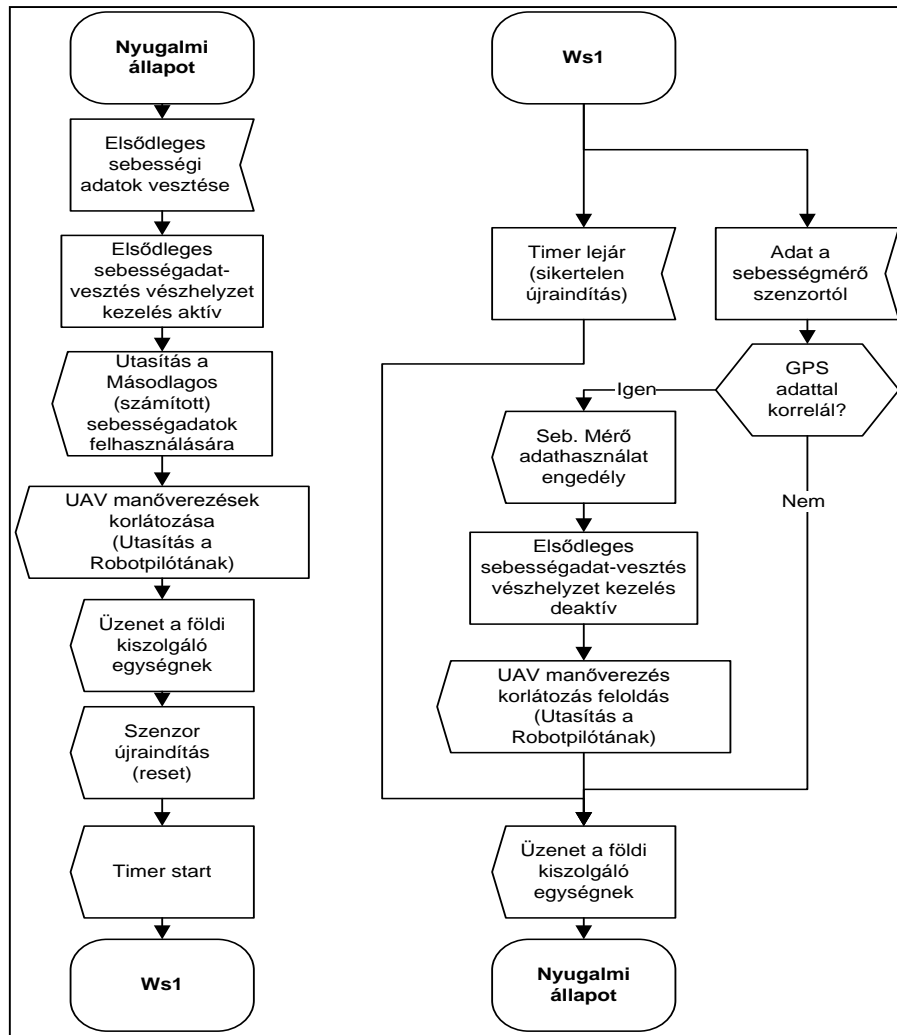
Elsősorban merev szárnyú UAV alkalmazások esetén kiemelkedően fontos a haladási sebesség ismerete. A merev szárny csakis egy meghatározott sebesség esetén képes a levegőben maradáshoz szükséges felhajtó erőt biztosítani. Amennyiben ez egy kritikus érték alá csökken, a repülőeszköz „átesik”, ami zuhanást eredményezhet.

Ezért (is) fontos repülésbiztonsági szempontból, a repülési sebesség pontos mérése mely alapvető fontosságú. Az elsődleges sebességmérő szenzor adatvesztése esetén (például pitot cső meghibásodása) a repülés során másodlagos adatok felhasználása válik szükségessé, melyek a GPS vevőtől Δt időközönként érkező koordináta adatokból nyerhetőek. Az X, Y, Z koordináta rendszerben a t_0 időben felvett x_0, y_0, z_0 pozíció, valamint a t_1 -ben felvett x_1, y_1, z_1 pozíció a térben egy vektort feszít ki, mely a Δt idő alatt megtett utat jelenti. Az átlagsebesség a t_1-t_0 időintervallumban tehát három komponenssel adható meg:

$$v_x(t_0 + \Delta t) = \frac{[x(t_1) - x(t_0)]}{t_1 - t_0} ; \quad v_y(t_0 + \Delta t) = \frac{[y(t_1) - y(t_0)]}{t_1 - t_0} ; \quad v_z(t_0 + \Delta t) = \frac{[z(t_1) - z(t_0)]}{t_1 - t_0}$$

A másodlagos sebesség adat tehát csak jó közelítéssel tekinthető pillanatnyi sebességnek, és nem a közeghez, hanem a GPS műholdakhoz viszonyított sebességadatot szolgáltatja. Ezért az elsődleges sebességmérő hibás működése, vagy működésképtelenné válása esetén a merev szárnyú repülőeszköz manőverezését korlátozni kell, nehogy a pillanatnyi sebessége megközelítse (például hirtelen meredek szögben történő emelkedésnél) a megengedett minimális értéket. A gyakorlatban feltételezhető a csúszásmentes repülés, ekkor a z irányú sebesség komponens értéke nulla. Az elsődleges sebességadatok elvesztésének kezelését, mint algoritmust a 3.28. ábra segítségével vizsgálható.

Az elsődleges sebességadatokat szolgáltató szenzor meghibásodását a fedélzeti adatfűziós rendszer érzékeli, és üzenetet küld a sebességadat kiesését kezelő algoritmusnak, ami kilép nyugalmi állapotából és megteszi a vészhelyzetre vonatkozó bejegyzést. Utasítja továbbá a repülést irányító algoritmusokat, a másodlagos (számított) sebességadatok felhasználására, ugyanakkor a robotpilóta működését úgy vezérli, hogy a vészhelyzet idején csakis korlátozott manővereket hajtson végre. Az elsődleges sebességadat kiesésről az ágensfüggvény értesíti a földi kiszolgáló egységet, majd megkezd a sebességmérő szenzor újrainicializálását. Sikeres inicializálást követően az ágens függvény ellenőrzi, hogy a beérkező sebességadatok korrelálnak-e a másodlagos, GPS adatokból számítottakkal. Abban az esetben, ha a kapott értékek helyesnek minősülnek, akkor a kisméretű pilóta nélküli repülőgép normál működési módnak megfelelően folytatja a repülését, ha viszont mindez sikertelen, akkor a feladat csakis korlátozottan, a másodlagos adatok alapján folytatható.



3.28. ábra Elsődleges sebességadat vesztesést kezelő algoritmus SDL ábrája

3.5.5 Repülési sebesség kritikus értékének megközelítését kezelő rutin

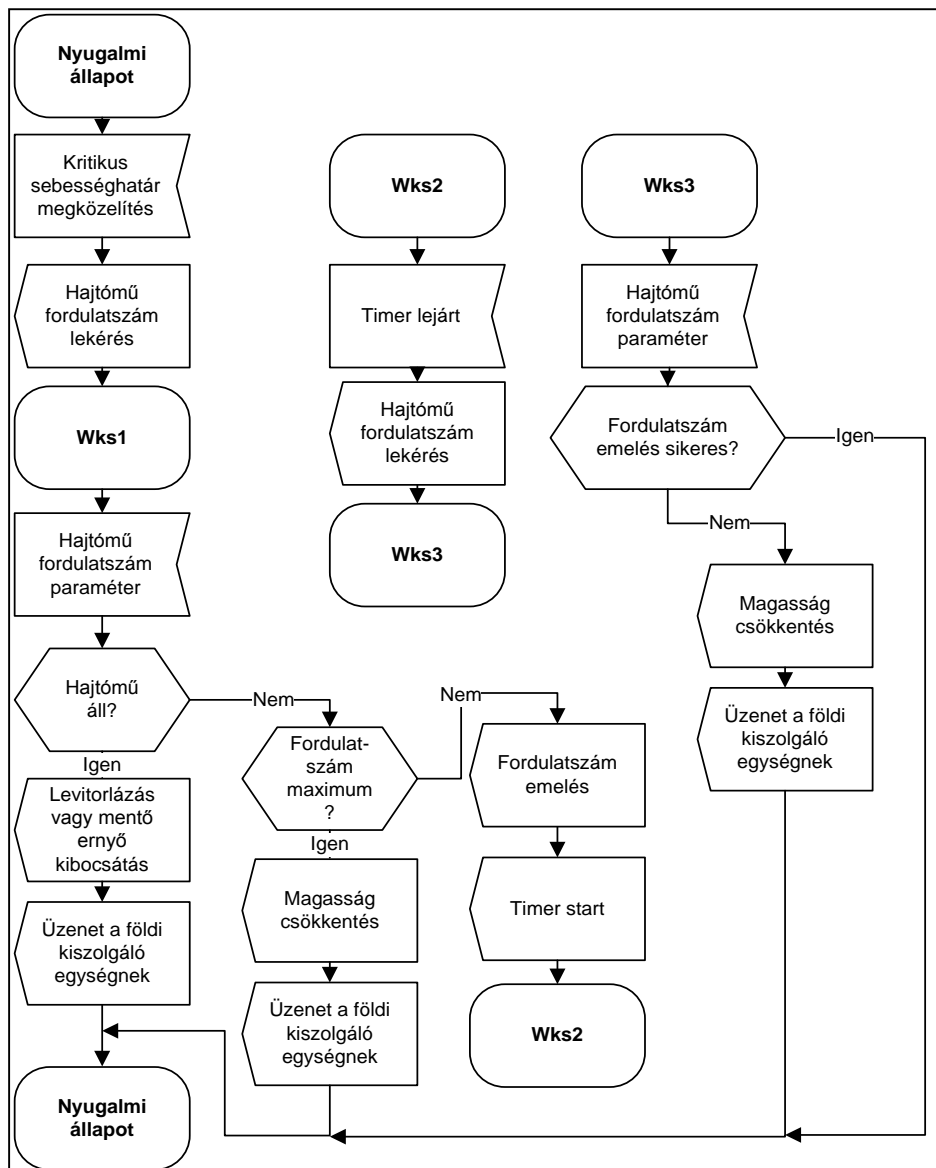
Merevszárnyú repülőeszközök esetén valamennyire megadható az a minimális sebesség, mely alatt repülésre nem képes. Ennek a kritikus értéknek a megközelítését fel kell ismerni, és el kell kerülni azt, hogy a repülőeszköz elérje azt. A kisméretű UAV adatfúziós rendszerében a repülési sebességadat folyamatosan rendelkezésre áll (természetesen most azt feltételezzük, hogy a sebességmérő szenzor, vagy legalább a másodlagos szenzor hibátlanul üzemel). A kritikus sebességadat megközelítés tényét egy paraméterezett komparátor megoldással egyszerűen megvalósíthatjuk. A komparálási értéket úgy kell beállítani, hogy $v_{\text{komparálás}} > v_{\text{átetés}}$, és a két sebesség különbsége elegendő beavatkozási időt adjon az esemény elkerülésére. Mindez természetesen rontja a kisméretű UAV manőverezhetőségét, de cserébe javítja a repülés biztonságát. A repülési sebesség sok paramétertől függő tényező. Kisméretű merevszárnyú repülőeszközök esetén a légsavár beállítási szög általában fix. A repülési sebesség emelésére ekkor két lehetőségünk adódik:

- növeljük a légsavart hajtó motor fordulatszámát;
- süllyedéssel, magasságvesztés árán növeljük azt.

Ebben az egyszerű esetben a repülési sebesség vesztesét tehát a hajtómű alacsony fordulatszáma, vagy meredek emelkedés okozhatja. A hirtelen emelkedést a bólintó automatika hivatott megakadályozni mely, mint visszacsatolt, zárt szabályozási rendszer, megfelelő minőségi paramétereket állít be ($\xi=0,6 \dots 0,8$) [8].

A kisméretű UAV-k esetén a kritikus sebesség elérést kezelő algoritmus a fenti okokból jelentősen egyszerűsíthető, erre egy példa a 3.29. ábrán látható. Az algoritmus nyugalmi állapotból a sebesség komparátortól érkező jelzés hatására lép ki, és kezdi meg működését. Lekéri a hajtómű fordulatszámát, majd az aktuális adat alapján feltételvizsgálatokat végez.

Abban az esetben, ha a hajtómű áll, akkor utasítást ad, hogy egy előre definiált módon a kisméretű merevszárnyú UAV kezdje meg a motor nélküli siklást, vagy ha a rendelkezésére áll mentőernyő, akkor bocsássa ki azt. Forgószárnyas UAV esetén (itt természetesen a zuhanást nem a repülési sebesség lecsökkenése, hanem a meghajtás leállása eredményezi) a légijármű megmentésére egy lehetőség adódik. Zuhanás közben a forgószárny lapátokat autorotációra (minimális közös beállítási szög), majd a földet érést néhány méterrel megelőzően a lapátok közös beállítási szögét maximálisra kell állítani. A felpörgött lapátok, lassulás közben pillanatnyilag megnövelt felhajtóerőt szolgáltatva aerodinamikailag fékezik a repülőszerkezetet, ami csökkenti a becsapódás energiáját. A fenti megoldás esetén, földközelségben pontos magasságmérés szükséges, mely ultrahangos kiegészítő magasságmérőkkel biztosítható.



3.29. ábra Kritikus sebességhatár megközelítést kezelő algoritmus SDL ábrája

A 3.29. ábrán bemutatott algoritmus szerint, amennyiben a hajtómű a megengedett maximális fordulatszámon üzemel, a kisméretű UAV repülési sebességét, repülési magasságvesztés árán

növelheti. Abban az esetben, ha a fordulatszám növelésére még lehetőség adódik, akkor az algoritmus erre ad utasítást. Egy paraméterezett idő elteltével visszaellenőrzi, hogy a fordulatszám emelés sikeres volt-e. Amennyiben igen, az algoritmus a működését befejezi. Abban az esetben, ha a probléma továbbra is fennáll, akkor a komparátor algoritmus ismételt elindítja (nyugalmi állapotából kibillenti) a kritikus sebességhatár eseményt kezelő rutint.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Specification and Description Language, ITU-T Recommendation Z.100
- [2] dsPIC33F Family Data Sheet (DS70165E), www.microchip.com
- [3] ST MEMS kép forrása: <http://embeddedsystemnews.com>
- [4] MEMS gyroscope belső részlet: <http://www.i-micronews.com>
- [5] <http://terinformatika.geocentrum.hu>
- [6] JP7_T_Family_1.05.pdf www.falcom.de
- [7] Szabolcsi Róbert-Szegedi Péter: Pilótánélküli repülőgép repülésszabályozó rendszerének előzetes méretezése
- [8] Szabolcsi Róbert: Automatikus repülésszabályzó rendszerek, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest 2004, p. 46
- [9] Wühl Tibor: Híradástechnika alapjai a környezetvédelem szakirányon ÓE RKK6044, Óbudai Egyetem, Budapest 2011
- [10] Kovács László-Ványa László: Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon; Hadtudomány, 2007. 2. szám. pp. 50-61
- [11] Kovács László: Az elektronikai felderítés korszerű eszközei és eljárásai és azok alkalmazhatóságai a Magyar Honvédségben; Doktori (PhD) értekezés 2003; 2.2 fejezet „A fúziós adatfeldolgozás”

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ASK	Amplitude Shift Keying
BIOS	Basic Input Output System
BLDC	Brushless Direct Current
CP	Central Processor
DSP	Digital Signal Processing
FSK	Frequency Shift Keying
GPS	Global Positioning System
MEMS	Microelectromechanical Systems
PCB	Printed Circuit Board
PSK	Phase Shift Keying
PWM	Pulse Width Modulation
QNH	Qcode: Nautical Height
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
SFR	Special Function Register
SMD	Surface Mount Device
SPI	Serial Peripheral Interface
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
I2C	Inter IC
IABG	Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
ISM	Industrial Scientific and Medical
NMEA	National Marine Electronics Association
SDL	Specification and Description Language
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
WD	Watch Dog

4

PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK HASZNOS TERHEI

A pilóta nélküli repülőeszközök fejlődése két irányból származtatható: a modellezés egyre profibb termékeiből és a korábban pilótákkal repülő légi járművek „lesoványításából”. Mindkét esetben a robotikai elemek szerepe a meghatározó, amelyek az emberi jelenlétet képesek (pro és kontra) pótolni. A nagy gépek robotizálása során a pilóta, és az életfeltételei biztosítására szolgáló eszközök kieső tömegét és térfogatát hasznos terhek elhelyezésére lehet fordítani. Tovább javítja a helyzetet a nagyobb manőverező képesség lehetősége, hiszen az ezzel járó túlterhelés növelésének itt nem korláta az emberi szervezet tűrőképessége. A robotok képességei ugyan nem érik még el az emberi intuitív tudás és problémamegoldás szintjét, de nem is fáradnak el, ha sok milliószor kell bonyolult számítást és mozgáskoordinációt elvégezni a légi jármű vezetésekor.

4.1 A HORDOZÓK KÉPESSÉGE

A légi járművek üzemeltetésekor üres és felszálló tömeggel számolunk. A kettő közötti különbséget kitöltheti az adott feladatra elegendő (folyékony, gáznemű, vagy akkumulátorokban tárolt) energia-hordozó és a hasznos teher. Utóbbi az, amit a meghatározott térbe kell eljuttatni – valójában ez a repülési cél megvalósításának eszköze. A pilóta nélküli légi járműveknek a hasznos teher méretére és tömegére vonatkozó hordozóképesége a felépítésüknél fogva meghatározott. A merev és a forgószárnyú repülőgépek általában a felszálló tömegük egyharmadáig terhelhetők a konstrukcióra meghatározott, hasznos terhelésre vonatkozó súlyhányad statisztikai összefüggései szerint. A szállítható hasznos teher nagysága természetesen függ a bevetési időtől, a repülési útvonal hosszától is, mivel ezek növeléséhez több üzemanyag feltöltésére van szükség (a hasznos teher rovására!).²³⁶

A kisméretű, pilóta nélküli légi járművek meghajtására többnyire az elektromosságot használják – csendes, kis karbantartási igényű, újra indítható, könnyen szabályozható tulajdonságai miatt. A villamos motorok ~90%-ot meghaladó hatásfokkal működnek, míg a belsőégésűek általában ~25%-osak. Ez a jelenlegi akkumulátorok kapacitását alapul véve ~2 óra merevszárnyú, illetve ~30 perc forgószárnyú villamos üzemet tesz lehetővé –, maximális terhelés mellett. Az akkumulátor tömegével azonos folyékony üzemanyag ötszörös repülési időtartamot biztosít, de csak akkor használják, ha a bevetés hosszabb, mint az elektromos hajtással elérhető. A belső égésű dugattyús motoros, vagy a gázturbinás hajtás üzemeltetése nagyobb hozzáértést igényel, a karbantartása komplikáltabb, a levegőben (a legtöbb) nem indítható újra és az előállításuk is jóval költségesebb.

A fedélzeti energiahordozók között megjelentek és egyre nagyobb szerepet kapnak a napenergiát hasznosító eljárások. A pilóta nélküli, és pilótával vezetett változatok – különösen nagy magasságú, hosszú távú repülések számára nyújtanak alternatívát. A korlátot a jelenlegi napelemek alacsony – 20% körüli – hatásfoka és az aktuális meteorológiai viszonyok jelentik. Az energiamérleg itt is azt mutatja, hogy csak a méretek növelésével nem lehet a hordozó képességet hatékonyan növelni. A nagy fesztávolságú repülőszerkezetek nagyon érzékenyek a turbulens légköri viszonyokra, és különleges konstrukciós megoldásokat követelnek. Az ilyen irányú kísérletek folytatódnak, és naponta születnek újabb, biztató eredmények (4.1. kép). A cél az, hogy nappal az éjszakai repüléshez is elegendő energiát gyűjtsenek – a folyamatos levegőben maradáshoz.

²³⁶ Szélsőséges esetben (pl. távolsági vagy időtartam rekord kísérletnél) a teljes hasznos teherkapacitást kitöltheti az üzemanyag.



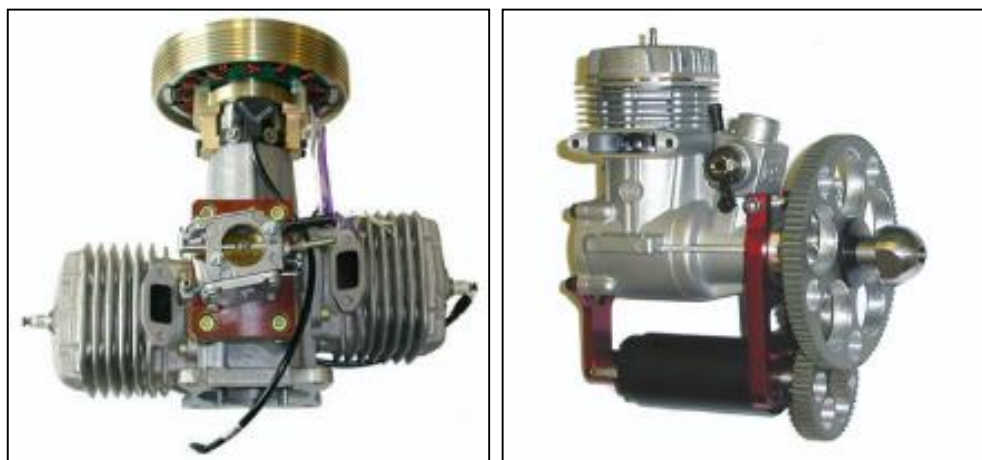
4.1. kép Napenergiával működő hordozók generációi: AeroVironment „Helios” (2001), Alan Cocconi „AC Propulsion” (2005) és QuinetiQ „Zephyr”(2010)²³⁷

A QuinetiQ angol-amerikai cég 27 kg-os össztömegű, 12 m-es fesztávú „Zephyr” nevű légi járműve már 336 órát (14 napot) töltött a levegőben, 2010-ben. (Az ötszörös méretű, mindössze egy személyt szállító Solar Impulse eddig még nem ért el hasonló teljesítményt.)

A hasznos teher tömege mellett annak geometriai méretei is fontos konstrukciós szempontként jelentkeznek. Az aerodinamikai tulajdonságokat rontó, nagyméretű hasznos terhek célszerűtlen elhelyezése, még kis repülési sebesség esetén is ronthatják a feladat-végrehajtás eredményességét. A hordozóknak a hasznos teher tömegének hordozásán és elhelyezésén kívül sokszor az azok működtetéséhez szükséges energiát is biztosítaniuk kell. Az elektromos meghajtásúak ezt a fő-, vagy külön akkumulátorból táplálják be. A folyékony üzemanyaggal működő hajtásoknál – különösen a nagy hatótávolságú eszközöknél –, generátorokkal biztosítják az áramellátást. Természetesen ez is újabb tömeget jelent – de megfontolandó, hogy a hasonló teljesítményű akkumulátor, vagy a generátor jelenthet kedvezőbb megoldást.

A belső égésű motorokat a földön „berántással”, vagy elektromos indító motorral hozzák működésbe. A levegőben leálló, vagy leállított motor újraindítása természetesen csak az utóbbi módon történhet. Az indítás, és későbbi folyamatos energiaellátás biztosítására kettős felhasználású motor/generátor megoldás is elterjedőben van. A motor indításához szükséges teljesítmény és a termelendő energia nagysága határozza meg a konstrukciót – ami további kompromisszumok eredményeként tartalmazhat több-kevesebb mechanikus elemet is (4.2. kép).

A hordozók méretének széles skálája – a néhány grammtól a sok tonnáig – széles választékot kínál a hasznos terhek szállítására. A miniatürizálás – mint egyik kihívás – a rovarméreteket célozza, és azért fejlődik gyorsabban, mert a beruházás, amit anyagokban kell hozzátenni elenyésző (a Global Hawk, Predator, Reaper és társaihoz viszonyítva).



4.2. kép Közvetlenül-, illetve áttétellel kapcsolódó motor/generátor (Sullivan)²³⁸

²³⁷ Forrás: <http://www.solarimpulse.com/en/airplane/solar-aviation/>

²³⁸ Forrás: <http://www.solarimpulse.com/en/airplane/solar-aviation/>

A hasznos terhek tömegükhöz viszonyított képessége is egyre javul – a RADAR, LIDAR generációk a korábbi mázsákból mára a kilogrammokig fogytak, a fényképezőgépeket már csak objektíveik alapján találjuk meg (a telefonjainkban). A fizika persze működik és a nagyobb energiájú messzebb „lát”, de a kis ügyes hordozókkal közelebb lehet jutni a célobjektumhoz – az eredmények, pedig magukért beszélnek.

A legkisebbek közül nehéz jó példát kiemelni, mert naponta születnek egyre figyelemre méltóbb eredmények. A Proxy Dynamics PD-100 Nanocoptert kiragadva a sorból (2013 májusában, 4.3. kép) az egyik ígéretes, nagyszámú érdeklődőt magához vonzó kis repülőgép [1]. A 120 mm átmérőjű rotor 25 perces repülési időt biztosít 10 m/s sebességgel. A digitális adatkapcsolat hatótávolsága 1000 m – szabad térben. GPS alapú és távirányításos vezérléssel működtethető. A kamerája (csattanóként) forgatható és dönthető, állóképet és élő videót szolgáltat.



4.3. kép A Black Hornet Nano 16 gramm – kamerával együtt²³⁹

A közepes méretű – 1–5 méteres szárny/rotor kiterjedésű – pilóta nélküli légi járművek kivitele és az alkalmazások módja a fejlesztők élénk innovatív képességeit tükrözik.

A harc az attraktív repülési képességek mellett a hasznos terhek mennyiségét és minőségét is érinti. A hasznos terhek tömege 1–10 kg között változhat, a hordozótól függően.

A legmagasabb kategóriába tartozó RQ-1 Predator többcélú felderítő repülőgépnek indult, majd amikor fegyverzetet is kapott, a neve MQ-1A lett. A továbbfejlesztett változata az MQ-9 Reaper már nagyobb motorral (MQ-1, 115 LE dugattyús Rotax, az MQ-9, 950 LE turbólégcsavaros Honeywell TPE331-10) és ebből következően 15-szörös, hasznos terheléssel rendelkezik, valamint háromszorosra nőtt a sebessége (482 km/h). A Reaper 1700 kg hasznos terhet szállíthat (360 kg a törzsben, 1340 kg-ot külső függesztményként).

A Nortrop Grumman RQ-4 Global Hawk 40 m-es szárny fesztávval a legnagyobb pilóta nélküli repülőgép, mely a nagy hatótávolságú elektrooptikai és radar felderítésre – a korábbi U-2 feladatok végrehajtására – készült (4.4. kép). Az Egyesült Államok Légierője és Haditengerészete használja nagy magasságú légi felderítésre és ellenőrzésre. A rendkívül magas költségek megosztására keresik a további alkalmazásokat, az állami és polgári kutatásokban, valamint más országok védelmi szférájában. A Global Hawk képes a teljesen autonóm fel- és leszállásra, előre betáplált program alapján. A hasznos terheket a törzs védett belső terében szállítja – melyek a felszálló tömeghez (14 628 kg) viszonyítva nem kiemelkedően nagy (1360 kg). Ez a hosszú időtartamú repülést biztosító egyéb eszközök és az üzemanyag terhére írandó.

²³⁹ Forrás: <http://www.gizmag.com/black-hornet-nano-uav/26118/>



4.4. kép A Global Hawk a NASA alkalmazásában – útban a polgári felhasználók felé²⁴⁰

A hordozóképesség tehát meghatározó a pilóta nélküli repülőgépek kiválasztásánál. A hasznos terhek méretéhez és tömegéhez illeszkedő, széles választék áll rendelkezésre – ami a másik irányból való megközelítésre is igaz: ha van egy jól repülő légi járművünk, annak sok hasznos elfoglaltságot tudunk adni.

4.2 TÁVÉRZÉKELÉS ESZKÖZEI A FEDÉLZETEN

A távérzékelés olyan adatnyerési eljárás, mely az adatokat a vizsgált objektummal létrehozott közvetlen, fizikai kapcsolat nélkül produkálja. A műholdak az űrből, a repülőgépek – így a pilóta nélküliek is – a légtérből képesek a földön és a levegőben található tárgyakról, eseményekről információkat gyűjteni. Az érzékelési tartomány átfogja a teljes, műszerekkel mérhető spektrumot. A mérési megoldás lehet passzív (a mérendő tárgy saját kisugárzását felhasználva), vagy aktív (a mesterségesen előállított gerjesztésre adott választ értékelve).

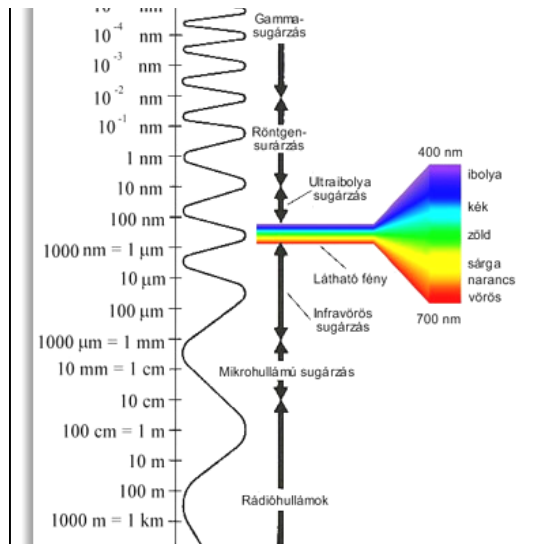
4.2.1 Az elektromágneses spektrum

Az elektromágneses hullámokat két egymásra merőleges, egymást gerjesztő elektromos (E) és mágneses (H) tér eredőjéből származtatjuk. A hullámhossz (λ) a szomszédos periódusok azonos pontjai közötti távolság. Használatos mértékegységei a km, m, cm, mm, mikrométer, nanométer. A frekvencia (ν), az időegység alatt megtörtént periódusváltásokkal jellemezhető. Mértékegységei a Hz, kHz, MHz, GHz.

Az elektromágneses hullámok – a hang és vízhullámokhoz hasonlóan – a közeget határolkon visszaverődhetnek, irányt változtathatnak, de a terjedésükhöz nincs szükségük közegre. A vákuumbeli terjedési sebességük állandó $c \approx 300\,000\,000$ km/s – a sűrűbb közegekben kevesebb.

A hullámhossz $\lambda = c/\nu$, az energia (ϵ) a frekvenciával arányos $\epsilon = c \cdot h$, ahol $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js az ún. Planck-állandó.

²⁴⁰ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_Hawk,_NASA%27s_New_Remote-Controlled_Plane_-_October_2009.jpg



4.5. kép Az elektromágneses spektrum felosztása²⁴¹

Az emberi szem az elektromágneses spektrumnak (4.5. kép) csupán egy keskeny szeletét képes érzékelni, a többi tartományban ehhez műszereket, átalakítókat kell alkalmazni.

4.2.2 Látható fény tartományú érzékelés

A passzív, látható tartományban működő képfelvevő rendszerek, a filmre, digitális érzékelőkre vetített képet szolgáltatják – színes, vagy szürkeárnyalatos formában. A látható fény tartományban különböző felbontású digitális foto és videokamerák olyan mértékben fejlődnek, hogy minden más korábbi képrögzítést kiszorítanak az alkalmazásból. A HD videofelvevételek minősége már közel van az emberi szem által még értékelhető különbségekhez. A képfeldolgozó algoritmusok a „reszkető kezű” operátorökből is „profitt” varázsolnak. Ez utóbbira a pilóta nélküli hordozókra telepített képfelderítő rendszerekben nagy szükség van (4.6. kép). A meghajtás és a repülés közbeni légörvények által keltett rezgések hatása mechanikus stabilizátorokkal, és a képek minőségét tovább javító digitális szűrőkkel csökkenthető.



4.6. kép Stabilizált multiszenzorok a Raven és a Predator fedélzetén^{242,243}

Az elektronikai elemek fejlődése közvetlenül hatott a képalkotás és megjelenítés technológiájára. A CCD – (Charge Coupled Device) töltéscsatolt eszköz az érzékelők forradalmi váltását eredményezte, és ezzel a digitális képrögzítés alapját teremtette meg. Nagy felbontású – 2048×2048 pixelszámú – érzékelők találhatók a 15 800 m csúcsmagasságban felderítési feladatát végrehajtó Predator B elektrooptikai rendszerében. A jóval alacsonyabban – tipikusan 30–150 m-en - repülő

²⁴¹ Forrás: http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/tananyag/CSILLAGASZAT/07_02.html

²⁴² Forrás: <http://nosint.blogspot.hu/2012/04/aerovironment-unveils-modular-gimbale.html>

²⁴³ Forrás: http://defense-update.com/20051115_mts.html

Raven RQ-11B-nek is lehet versenytársa, az általa készített képfelvételek felbontását illetően.

A pilóta nélküli repülőgépek fedélzetén gyakran megtalálható a kereskedelmi forgalomban egyre szélesebb kör számára is elérhető árú, nagyfelbontású digitális kamerák valamelyik változata. Az extrém sportokhoz ajánlott HD videokamerák és nagyfelbontású fényképezőgépek méretei lehetővé teszik a ruházatra, sisakra, karra rögzítést és víz alatti használatához, biztosító tokkal is ellátják azokat. A csekély tömeg – pl. a Hero 3 mindössze 70 g (4.7. kép) – kisebb méretű pilóta nélküli repülőgépeket is alkalmassá teszi a hordozásukra. Az internetes videó megosztókon közzétett felvételek azt tanúsítják, hogy egyre kevesebb technikai akadály van a jó minőségű légi felvételek készítésének.

Fontos szempont a hasznos teher fizikai védelme – különösen a fel és leszálláskor jelentkező gyorsulások, mechanikai túlterhelések, szennyeződések hatásaitól. Minden, a lencse elé helyezett üveg, vagy műanyag burkolat egyben rontja a képességet, ezért alkalmazásukra csak indokolt esetben kell sort keríteni. Amit lehet, a törzsben helyeznek el, de az optikai rendszerek lencséinek védelmére és tisztán tartására külön erre a célra tervezett záródó nyílásokat, ajtókat készítenek.



4.7. kép 1975-ben készült az első digitális fényképezőgép²⁴⁴ – mellette az extrém sportokhoz öltöztetett „korunk hőse” a HERO3²⁴⁵

A nagyobb járműveken a törzsbe behúzható kameraállványok jelentik a megoldást, míg a közepes méretűeknél az érzékeny felületek takarása, befordítása (KZO) a gyakori. A kamerák lencséinek védelmére általában sík, vagy alakos búrát (ScanEagle) használnak (4.8. kép). Az utóbbi az egész mechanikai rendszert betakarva véd, de a beeső napfény reflexiót, a falvastagság egyenetlensége torzítást okozhat. A kisméretű pilóta nélküli járműveken (Raven, Wasp, Puma) a kamerák rögzített beépítésűek. Mivel ezek a repülőgépek legtöbbször „hasra szállnak”, a talajjal közvetlen kapcsolatba kerülő optikai rendszerük is sérülhet. Ebben a kategóriában a képminőség helyett az információtartalom a fontosabb, ezért a kamerák védelmét a törzsbe rejtett elhelyezésükkel, illetve a lencsék elé beépített, egyszerűen cserélhető, átlátszó műanyaglapokkal biztosítják.

²⁴⁴ Forrás: <http://internetdinero.blogspot.hu/2011/01/todos-damos-por-hecho-que-las-camaras.html#.UaZnbtK-2So>

²⁴⁵ Forrás: <http://gopro.com/cameras/hd-hero3-black-edition>

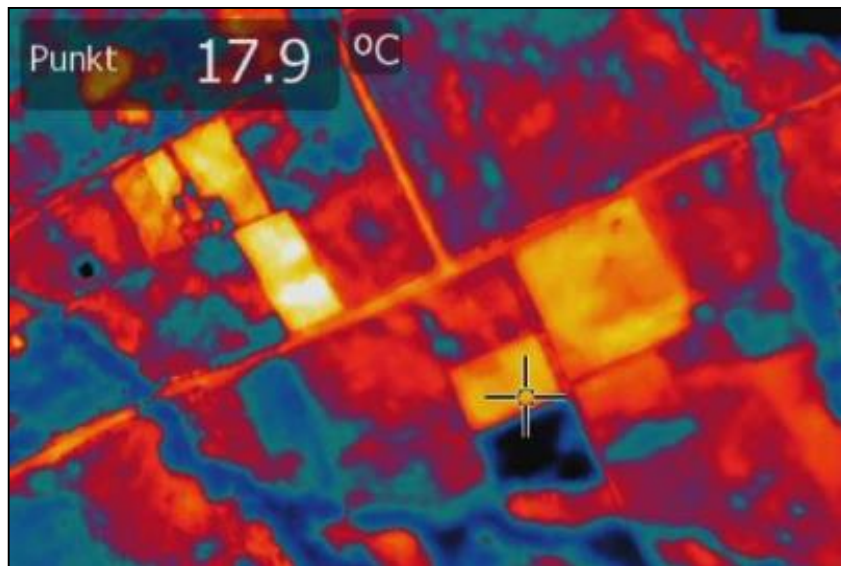


4.8. kép A Scan Eagle²⁴⁶ és a KZO²⁴⁷ elektrooptikai rendszerének védelme

A kameraállványoknál általában három szabadságfokú szabályzást alkalmaznak, de szükség lehet az egész hordozó platform aerodinamikai stabilizálására is. A hordozó légi jármű turbulencia okozta bedőlése, bőlintása, elfordulása külön szabályzó rendszerrel tartható a minimális szinten. Erre a célra gyorsulásadókkal és giroszkópokkal működő elektronikus szabályzó rendszereket alkalmaznak, amelyek közvetlenül a kormánysszervekre hatva korlátozzák a kitérést és csillapítják a nemkívánatos lengéseket. Az IMU – Inertial Measurement Unit alapú szabályzók számos változatban kaphatók a merev és forgószárnyú pilóta nélküli légi járművekhez –, egyik sikeres hazai képviselőjük a C4S [1].

4.2.3 Infravörös tartományú érzékelés

A látható fény egyik „szomszédja” az infravörös hullámok tartománya (4.5. kép), amely egyre több alkalmazásban kap fontos szerepet. A hő érzékelése a bőrünk segítségével, természetes úton – a tárgyak, közeg érintésével – megvalósítható. A hőkép megjelenítésére segédeszközt, termokamerát kell igénybe vennünk, amely a látható fény tartományán kívüli hő-hullámokat a szemünk által érzékelhető képpé transzformálja. Utóbbi olyan, az ember számára szabad szemmel nem látható információkat hordoz, amelyek ha rendelkezésre állnak, számos területen (építészet, gépek üzemeltetése, környezetvédelem, gyógyítás stb.) megalapozottabb döntések hozhatók.



4.9. kép A infrakamerás légi felvétel (MGT)²⁴⁸

A levegőből olyan „madártávlatú” termo-felvételek készíthetők, amelyek a földfelszín és a tárgyak, élőlények viszonyát egészen új dimenzióban mutatja be (4.9. kép).

²⁴⁶ Forrás: <http://www.insitu.com/systems/scaneagle/payload-bays>

²⁴⁷ Forrás: <http://www.uavglobal.com/rheinmetall-kzo/>

²⁴⁸ Forrás: <http://mgt-geo.com/services/ir-thermography>

A hosszúhullámú (8–14 μ) hőképhez nincs szükség a szokásos megvilágításra, mert a tárgyak, élőlények a hőmérsékletük alapján jeleníthetők meg. Az éjszakai – még holdfényt is nélkülöző – felvételeken a hőmérsékleti különbségek rajzolódnak ki – ugyanúgy, mint nappali fényben. Ez a képesség – ötvözve a pilóta nélküli repülőgépek „mindenidős” bevetetőségével – olyan alkalmazást tesz lehetővé, melyek az eddigi eszközökkel elérhetetlenek voltak.

Az első termo-kamerák szerkezeti felépítésében a hűtőrendszer foglalt el jelentős helyet, ugyanis a hőt érzékelő foton-detektálók folyékony nitrogénhűtést igényeltek. A hűtés nélküli termo-kamerák érzékelői, a mikrobolométerek a 80-as években indult amerikai katonai kutatások és fejlesztések eredményeként születtek. A legnépszerűbb 160×120, 320×240 pixeles, vanádium oxid alapú érzékelők után megjelentek a 384×288 felbontású amorf szilícium érzékelők. A pilóta nélküli légi járművekre szánt 44 grammos 640×480 pixeles MicroCam (4.10. kép) a jelenlegi egyik legjobb teljesítményű termokamera a 17 mikrométeres tartományban.



4.10. kép A Thermoteknix's MicroCam kamerája mindössze 1W fogyasztású²⁴⁹

A mai termo-kamerák külső megjelenése már alig különbözik a látható fény tartományában működő társaiktól, hacsak a germániumból készült lencse nem árulkodik erről. Különböző fix és változtatható gyújtótávolságú objektíveket készítenek, melyek – a költséges előállítási technológiájuk miatt – a berendezések legdrágább elemei. A termo-kamerák önállóan és a látható fény tartományú eszközökkel együtt is alkalmazhatóak (4.11. kép). Az utóbbi változatban, a nappali fény színeivel „gazdagított” hőképet szolgáltatnak, ami a jelenségek gyorsabb, pontosabb felismerését segíti. A katonai alkalmazású eszközök esetén – a nagy érzékenység mellett – fontos elvárás a lehető legkisebb méret, a megfelelő mechanikai védettség, és széles alkalmazhatósági hőmérséklettartomány [3].

A fedélzeti termo-kamerák beépítését a repülőgép sárkányszerkezeti lehetőségei illetve a feladat által megkövetelt mozgékonyosság, manőverező képesség határozzák meg. A fix beépítés az egyszerű, olcsó, „eldobható” pilóta nélküli repülőgépeknél célszerű, az eleve alacsony információs küszöb átlépését megcélzó alkalmazások követelményeinek megfelelően [3]. A nagyobb méretű (tömegű, hatótávolságú) repülőgépek fedélzetére már elhelyezhetők „gimbal” kamera-felfüggesztések, melyekkel a kezelő döntése, vagy az előre programozott algoritmus alapján forgatható, billenthető a keret [5]. A szoftveres támogatás ma már kiterjed az álló, vagy mozgó célpontok követésére, sőt a repülőgép útvonalának a kép alapján történő kijelölésére is.

A termo-kamerák és a látható fény tartományú eszközök képét a fedélzeti adatrögzítő, vagy a lesugárzott rádiócsatorna jelei alapján a földi kiszolgáló/irányító/kiértékelő állomáson dolgozzák fel.

²⁴⁹ Forrás: <http://www.vision-systems.com/articles/2011/09/thermoteknix-microcam-640-by-480-pixel-thermal-camera.html>

A nagymennyiségű, időben is hosszadalmas anyagból gyakran csak néhány „IGEN/NEM” információ megkeresésére van szükség, amit erre a célra kifejlesztett programok végeznek el. A kiértékelte adatokat a szükséges ideig – például a következő összehasonlításig – tárolják, illetve a magasabb szintű alkalmazók felé továbbítják. A földi kiértékelő állomások a bevetés körzetétől több száz kilométerre távol is elhelyezkedhetnek, amennyiben azok a megfelelő sávszélességű és hatótávolságú híradó eszközökkel elérhetők.



4.11. kép A DraganFlyer X6 hexacopter fedélzetén működő FLIR TAU kamera és az általa készített hőkép²⁵⁰

Az Aeronautics Aerostar típusú pilóta nélküli repülőgépe (4.12. kép) nagyméretű, változtatható fókusztávolságú termo kamerát hordoz, melynek fontos feladata az olaj és gázvezetékek ellenőrzése. A 250 km-es hatótávolságú rádiókapcsolattal, nappal és éjjel is őrjáratoló repülőgépek 12 órát tartózkodhatnak a levegőben. A harcászati felderítésre tervezett Orbiter III erre akár 7 órán keresztül is képes, és a hatótávolsága is meghaladja a 100 km-t. Mivel a termokamerák nem látnak át az üvegen, ezért a germániumból készült lencsék mechanikai védelmére csak bizonyos műanyagok – szilikon, polietilén – használhatók. A látható és infra tartományú kamerákat – ha a hordozó mérete lehetővé teszi – egy közös mechanika mozgatja.



4.12. kép Az Aeronautics Aerostar és Orbiter repülőgépeinek látható és infra tartományban működő kamerái^{251,252}

A nappali-éjjeli felderítési képességet az Egyesült Államok délnyugati határainak ellenőrzésére kirendelt MQ-1 Predator, hordozókon alapuló pilóta nélküli repülőgép rendszer napi feladataiban „élesben” használja. Az arizonai Yuma-tól a texasi Brownswille-ig húzódó határ fokozott őrizete a

²⁵⁰ Forrás: <http://www.draganfly.com/uav-helicopter/draganflyer-x6/features/flir-camera.php>

²⁵¹ Forrás: <http://www.aeronautics-sys.com/?CategoryID=255&ArticleID=171&Page=1>

²⁵² Forrás: <http://defense-update.com/wp-content/uploads/2012/06/CONTROP-M-STAMP-ON-ORBITER.jpg>

csempészek és illegális bevándorlók nagy száma miatt vált szükségessé. A földi irányító állomáson a két egymást váltó pilótán kívül egy – az elektrooptikai felderítő rendszer kezelésére kiképzett – határőr is szolgálatban van. Az őrzéskor idejére a körzet zárt katonai légtérnek minősül – amit, a pilóta nélküli repülést egyébként is kritikával fogadó AOPA²⁵³ nehezményez.



4.13. kép Az MQ-9B Guardian a tengeri határok ellenőrzésére felkészítve²⁵⁴

A határőrzet megerősítés folytatódik a Guardian tengeri változatú Predator B rendszerbe állításával (4.13. kép) a Mexikói-öböl és a Karib-tenger légterében. A fedélzeten a Raytheon SeaVue multimódusú radar és MTS-B EO/IR elektrooptikai felderítő rendszer kapott helyet az AIS²⁵⁵ automatikus felismerő rendszerrel együtt [6].

4.2.4 Multi és hiperspektrális érzékelés

A látható fény tartományt meghaladó multi- és hiperspektrális légi távérzékelés eszközeit e többet használják a pilóta nélküli légi járművek fedélzetén is a felszíni és felszín közeli jelenségek követésére – mint a katasztrófák hatásterületének felderítésére, káros anyag kibocsátás feltérképezésére, a mezőgazdasági kártételek meghatározására.

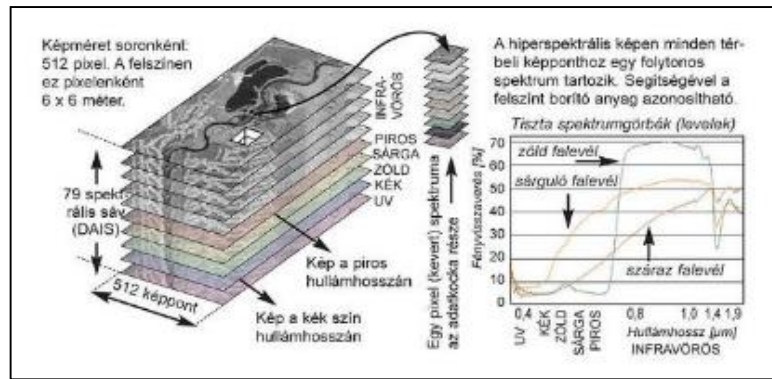
A multispektrális képen legalább négy színcsatornát – három látható és egy infravörös tartományban felvett – értékelnek. Hiperspektrális képalkotáshoz általában a teljes optikai sávban végeznek vizsgálatokat (4.14. kép). A magasabb csatornaszámú, de keskenyebb hullámhosszú mérőrendszer jobb spektrális felbontást eredményez.

A hiperspektrális technológiát számos tudományterületen alkalmazzák – a műholdas felvételektől a mikroszkópikus méretű tárgyak vizsgálatáig. Közvetlenül érzékelhető a környezetszennyezés – pl.: kőolaj vezetékek meghibásodása – esetén, de közvetetten is meghatározható, pl. a nehézfémek jelenléte a fedő növényzet elváltozásából. Ugyanígy árulkodnak a városi növények a létüket fenyegető veszélyekről – ami a hiperspektrális képeken pontosan követhető. A talajösszetétel – humusztartalom – de a parlagfű terjedési tendenciái is sikerrel felderíthetők a légi felvételek segítségével.

²⁵³ AOPA – Aircraft Owners and Pilots Association (Légijárművek Tulajdonosainak és Pilótáknak az Egyesülete)

²⁵⁴ Forrás: <http://www.americanlaw.com/immigrationblogboos/wp-content/uploads/Maritime-variant-Predator-B2.jpg>

²⁵⁵ AIS – Automated Identification System – automatikus felismerő rendszer



4.14. kép A képalkotó spektrometria technológiája (Wikipédia)²⁵⁶

A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával kiváltható a korábban csak műholdakról, (LandSat) és pilóta vezette repülőgépekkal végzett vizsgálatok jelentős része. A monoton, fárasztó, útvonalkövetés, „képkockázás” tipikusan robotoknak való feladat.

A képalkotó spektrométerek egyre szélesedő választéka célozza meg a pilóta nélküli légi járműveket. A Resonon [7] ajánlatában a berendezés tömege 2,7 kg – ami nem számít teljesíthetetlen feladatnak. Az érzékelők több tartományban (Pika IIi 400–900 nm VNIR; Pika XC 400–1000 nm; Pika NIR 900–1700 nm) működnek melyekhez az objektívek széles választéka elérhető.



4.15. kép A Resonon hiperspektrális képalkotó rendszer fedélzeti egysége²⁵⁷

A berendezéseik mezőgazdasági-, tengerészeti és környezetvédelmi alkalmazásai sorra bizonyítják az eszközök és az eljárások alkalmasságát [8][9]. Mindezekon kívül a védelmi szférában, a mesterséges tárgyak, álcázott objektumok felderítésére, a változások követésére is eredményesen használhatók [10]. Hiperspektrális érzékelők alkalmazásával kapcsolatos további ismeretek az írásos [11][12][13] és video [14] anyagokból szerezhetők.

4.2.5 Fotogrammetria

A fotogrammetria a fényképről vett méretekből határozza meg az objektum kiterjedését. Több kameraképből – ortofotóból – tudja előállítani a háromdimenziós megjelenítéshez szükséges „sztereo” térképet. A földi objektumok kiterjedését – vízszintes és függőleges méreteit – a légi-, vagy űrfelvételek feldolgozása során határozzák meg. A korábbi analóg – többnyire film alapú hordozókon – rögzített képekről az optikai-mechanikai elemekből felépített kiértékelő műszerekben 5–10 m-es pontosságot lehetett elérni. Az analitikus eljárással ez a pontosság már 3–5 m-re javítható. A korszerű, digitális képanyaghoz speciális sztereo-látást biztosító megjelenítőket fejlesztettek, a kiértékelést célszoftverek segítik. A feldolgozás gyorsasága és pontossága jelentősen megnőtt.

²⁵⁶ Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9palkot%C3%B3_spektrometria

²⁵⁷ Forrás: <http://www.resonon.com/images/airborne-uav-components.jpg>

A „klasszikus” fotogrammetriai mérésekhez ma még 35–40 kg-os, nagyfelbontású digitális kamerákat használnak. A berendezések, valamint az operátor és a pilóta többnyire kétmotoros, tágas fedélzetű repülőgépen (Cessna 402B), vagy erre a célra átalakított helikopteren kapnak helyet. A repülési magasság tipikusan 1500 m [15].

Számos tanulmány és kísérlet alapján kijelenthető, hogy a pilóta nélküli légi járművekkel a fotogrammetriai mérések is sokkal kisebb anyagi és humán ráfordítással végezhetők el [16][17][18]. Az adott feladathoz rugalmasan konfigurálható hordozókról készíthetők – ha szükséges könnyen megismételhető – felvételek különböző repülési magasságokon, akár egy helyben álló (függeszkedő) pilóta nélküli helikopterről is.

Az egyik sikeres fejlesztő a svájci „senseFly Ltd” [19] példaértékű eredményei is ezt támasztják alá. Az „eBee” nevű kisméretű hordozón (4.16. kép) elhelyezett 16 Mpixel felbontású fényképezőgéppel 45 perc alatt 10 km² területről készített sorozatképekből 3 cm-es felbontású fényképet és ehhez 5 cm-es felbontású magassági modellt tud létrehozni. A felvételeket készítő repülőgép útvonalának megtervezésére, és a repülés előtti szimulálására egy számítógépes program áll rendelkezésre.



4.16. kép Az „eBee” 96 centiméter fesztávú és 630 gramm tömegű²⁵⁸

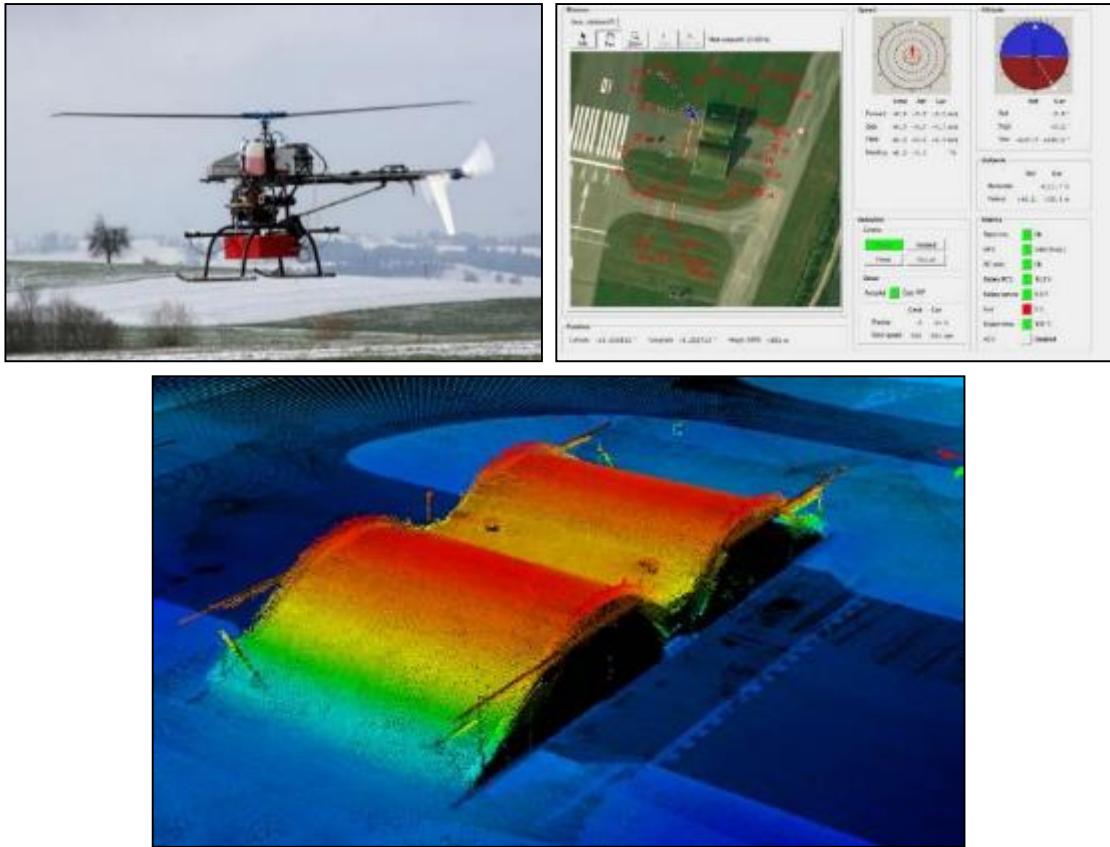
A repülőgép a betáplált útvonalon önállóan végighaladva gyűjti a felvételeket, majd visszatér és leszáll a kiinduló helyre. A repülőeszköz pillanatnyi helyzete, repülési adatai folyamatosan követhetők az irányító pulton – szükség esetén a vezetést vissza lehet venni. A leszállást követően a képeket a geoinformációs referencia adatokkal együtt, egy kiértékelésre rendszeresített programba töltve, az összefűzi azokat és elkészíti a háromdimenziós adatbázist. Ezek után, mint orto-mozaik képek kezelhetők, javíthatók, szerkeszthetők (EnzoMOSAIC, PhotoScanPro, RapidCluster, vagy panoráma szerkesztő Adobe Photoshop, Adobe Photoshop Elements programokkal) [20].

A hazai kísérletek is sikerről számolnak be [21] és a további ígéretes tervekről [22]. A légi távérzékelés engedélyezéséről szóló 399/2012. (XII. 20.) kormányrendelet ennek megadja a jogi keretet. Az már látható, hogy a talpraesett innovatív kezdeményezések – bármennyire használhatóak a hétköznapi munkák során – hosszú utat kell, hogy megtegyenek egy állami ortofoto átvételig [23].

4.2.6 LIDAR

LIDAR – Light Detecting And Ranging a 60-as évek elején született eljárás, amely RADAR-hoz hasonló módon a fókuszált fény-, lézer-, vagy infra sugár visszaverődési szögét és idejét használja a környezet pontonkénti leképezésére. A számos alkalmazás mellett a légi felderítés és térképezés használja ma is a lézeres változatot. A lézer pontfelhő integrálása a látható fényű, multi-, vagy hiperspektrális felvételekkel megnöveli azok pontosságát. A letapogatásra kijelölt útvonalat a légi járműnek pontosan kell követnie és mindezt a nem mindig kedvező meteorológiai viszonyok közepette. A megoldásokat már többféle – merev és forgószárnyú – hordozón kipróbálták [41].

²⁵⁸ Forrás: <http://www.gizmag.com/sensefly-eb-ebee-uav/25851/pictures#2>



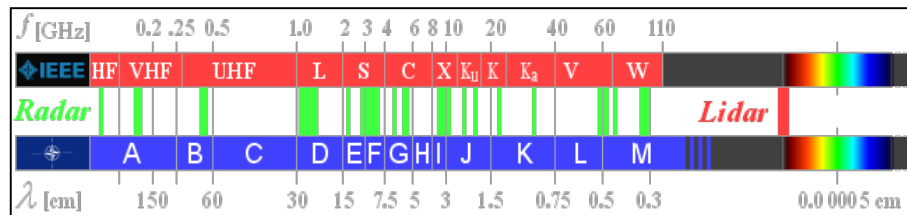
4.17. kép A hangárakról készített lézer pontfelhő (Aeroscout)²⁵⁹

A svájci „Aeroscout” bemutatta a Scout B1–100 (30 kg hasznos terhet – ebben 10 l üzemanyagot) szállítani képes pilóta nélküli helikopterére telepített 3D Laser Scanner alkalmazását. A hordozón IMU/DGPS fedélzeti rendszer biztosítja az útvonal követést, és a repülés stabilizálását. A Riegl lézer szkennerral készített pontfelhő alapján a céltárgy magassági kiterjedését lehet mérni (4.17. kép).

A LIDAR további különleges képessége, hogy a lombozaton „átlát” és a földfelszíni objektumok egy sűrű erdőben is megtalálhatók. Ezt a lehetőséget a kutató mentő szolgálatok, katonai felderítők és archeológusok is sikeresen kihasználják. A hondurasi dzsungelben ezzel találták meg a „fehér város” néven keresett település nyomát [32].

4.2.7 RADAR

A RADAR – (RADio Detecting And Ranging) – a 30-as években kezdődött fejlesztése a második világháború alatt a légvédelemben már komoly szerepet kapott. A Bay Zoltán vezette kutatócsoport 1946-ban a Föld-Hold távolságot rádiólokátor segítségével, nagy pontossággal határozta meg. Ma a különböző, földi, vízi, légi és űrben telepített – felderítő, meteorológiai, térképező, távolságmérő, magasságmérő, sebességmérő radarok széles választéka áll rendelkezésre.



4.18. ábra A hullámsávok elnevezései és a tipikus radarfrekvenciák²⁶⁰

²⁵⁹ Forrás: <http://www.aeroscout.ch/index.php/consulting>

²⁶⁰ Forrás: <http://www.radartutorial.eu/07.waves/wa04.en.html>

A radar adója rádiófrekvenciás rezgéseket sugároz ki egy irányított antennán keresztül. A visszaverődött jeleket az adó jelével összehasonlítva időkésést, fáziseltolódást, amplitúdó torzulást érzékelhetünk a vevőberendezés kimenetén. Az adatok feldolgozása után a megjelenítők, a felhasználó számára szükséges információkat képi formában is hozzáférhetővé teszik.

A Wikipedia [33] alapján a radar-egyenlet:

A vevőantennára visszaérkező teljesítmény(P_r):

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

ahol:

- P_t – kisugárzott teljesítmény;
- G_t – az adóantenna nyeresége (nem dB-ben, hanem természetes mérőszámban);
- A_r – a vevőantenna effektív apertúrája (felülete);
- σ – radar keresztmetszet (hatásos visszaverő felület);
- F – terjedési tényező;
- R_t – az adó és a cél távolsága;
- R_r – a vevő és a cél távolsága.

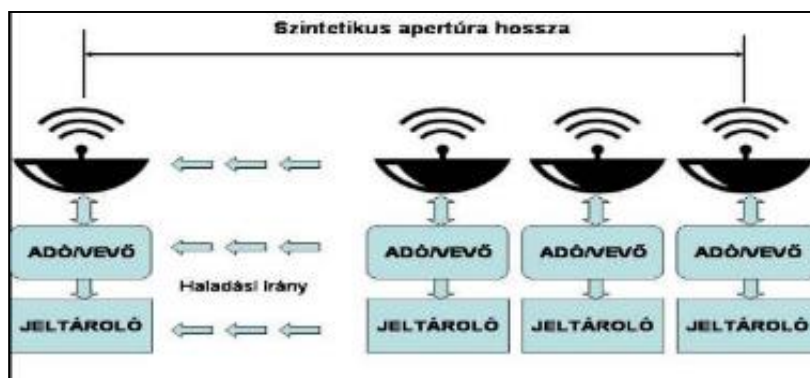
Abban az esetben ha az adó és a vevő (közös) ugyanott található, $R_t = R_r$ és a $R_t^2 R_r^2$ kifejezés helyettesíthető R^4 -nel, akkor R a cél távolsága. Így az eredmény:

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R^4}$$

Ez azt mutatja, hogy a visszaérkező jel a távolság negyedik hatványával csökken, ami azt jelenti, hogy a visszavert teljesítmény távoli tárgyak(célok) esetében nagyon-nagyon kis értékű lesz.

A távérzékelésben a térképszerű megjelenítés a jellemző. A földön, vízen, levegőben az álló, és mozgó objektumoknak a koordináta rendszerhez viszonyított helyzete a földfelszínen és légi hordozókon telepített radarállomásokkal határozható meg. A függeszkedő, helyét nem változtató légi járművek – helikopter, lekötött léghajó – fedélzetén telepített radarok az antenna forgatásával pásztázzák a teret. Az egyenes vonalú pályán repülő légi járművek is megtehetik ugyanezt (AWACS, SENTRY), de jellemzőbb az oldalra néző, szektoros letapogatású SLAR (Side Looking Airborn Radar).

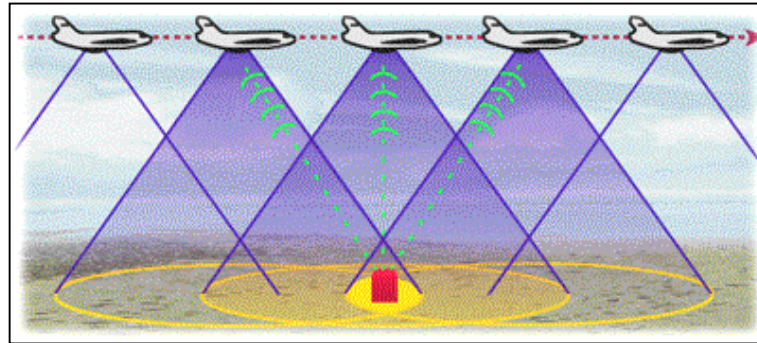
A repülés közben – általában mindkét oldalra – keskeny sugárnyalábbal letapogatást végző szintetikus apertúrájú radar SAR (Synthetic Aperture Radar) jelfeldolgozó eljárása azon alapul, hogy matematikailag összegzi az egyenes vonalon mozgó radar vett impulzusainak amplitúdóját és fázisát a korábbi mintákkal. A kapott kép repülési irányú felbontása olyan mértékben javul, mintha az alkalmazott antenna mérete a pálya irányában megnőtt volna (4.19. ábra).



4.19. ábra A SARradar működési elve ²⁶¹

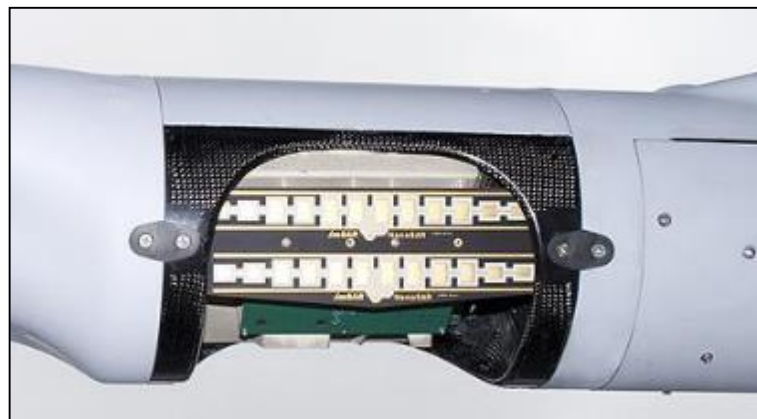
²⁶¹ Forrás: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.htm

A leképezés felbontása tovább javítható az elektronikusan és mechanikusan mozgatott antenna iránykarakterisztikákkal. A hagyományos söprés helyett a „spot” üzemmódot használva a kijelölt objektumra fókuszált antennanyaláb, azt „körbe járva” arról jóval részletesebb képet szolgáltat. (4.20. kép)



4.20. kép A „spot” üzemmódra is képes SAR tovább javítja a felbontást²⁶²

A Boeing 2008-ban Scan Eagle-re telepítve mutatta be a ImSAR cég NanoSAR radarját (4.21. kép). Az adatokat – az alkalmazás körülményeitől függően – vagy a fedélzeten gyűjti és tárolja a földi kiértékelésig, vagy valós időben továbbítja a saját földi állomására. Működik párás, felhős, esős, vagy ködös időjárási körülmények között is – ideális megoldás a tengeri környezetben akár kisméretű vízi járművek felderítésére. Az X-sávú adó teljesítménye 1 W, a teljes berendezés fogyasztása 30 W, a fedélzeti 12–18V-os energiaforrásból. Hatótávolsága 1–4 km, a leképezés távolság szerinti felbontása 0,3–5 m között választható [34].



4.21. kép NanoSAR – mindössze 1 kg tömegű radar a Boeing „Scan Eagle” fedélzetén²⁶³

Az IAI ELTA Systems Ltd. a nagyobb hordozóképességű légi járművek számára fejlesztett SAR/GMTI – (Ground Moving Target) földi mozgó célt is felderítő – családot. Az EL/M-2055D kisméretű antennával, 800 W adóteljesítménnyel 40 km hatótávolságú és a legkönnyebb (38 kg).

A közepes méretű antennájú DX hatótávolsága 850 W adóteljesítménnyel 60 km-re nőtt – tömege 50 kg. A nagy antennájú DL változat ugyanilyen teljesítmény mellett már 80 km-es hatótávolságú – tömege 60 kg. Az M típus nagyobb, mint 100 km hatótávolságú 3 kW adóteljesítményű és a tömege is meghaladja a 100 kg-ot [35].

4.2.8 Geofizikai mérések

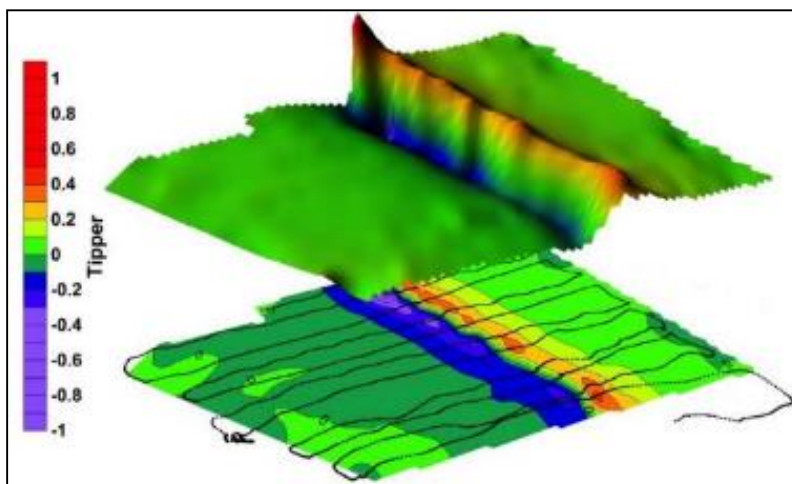
A pilótánélküli repülőgép alkalmas lehet (a jelenleg négymotoros repülőgépet igénylő) légi elektromágneses szondázásra, kisebb magasságon repülve, kevesebb energiafelhasználással földfelszín alatti ásvány, olaj, vízkészlet, bányák, üregek felkutatására [36].

²⁶² Forrás: <https://wikispaces.psu.edu/display/RemSens597K/S>

²⁶³ Forrás: http://www.boeing.com/news/releases/2008/q1/080318a_pr.html

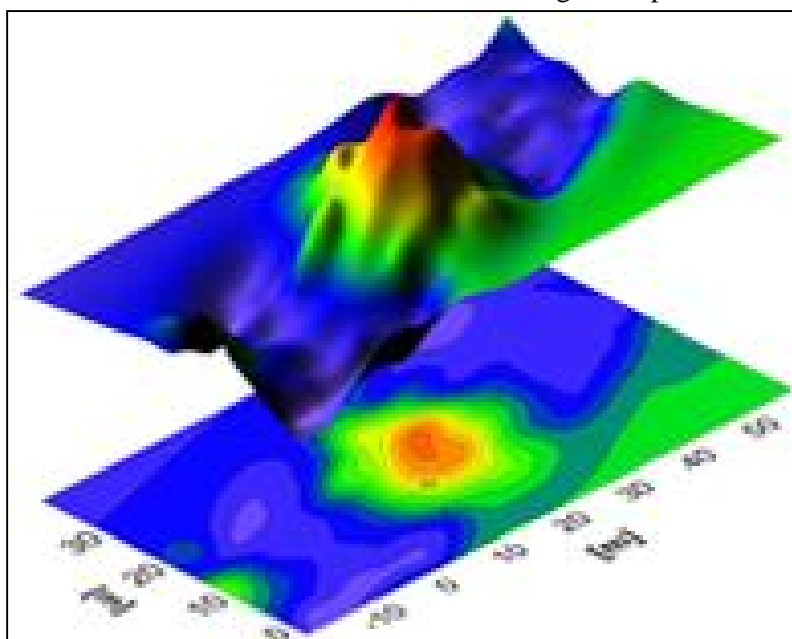
A MGT – Mobile Geophysical Technology [37] cég a Scout B1–100 pilóta nélküli helikoptert használja különböző (mágneses, elektromágneses infra, radar, természetes gamma-sugárzás) érzékelő berendezéseinek a hordozására. A mérések így nagyobb pontossággal és felbontással végezhetőek el – mint a nagygépes repüléseknél. Gyors, rugalmas, könnyen alkalmazható, kevesebb személyzetet kíván az üzemeltetés és csak az adott területen elég üzembe helyezni – nincs szükség távoli repülőterekről odarepülni.

A MGT (a hagyományos, igen alacsony frekvenciájú vizsgálatokkal összehasonlítva 10–20 szorosán gyorsabban) az 5 kHz–250 kHz tartományt használja – különleges, pontonkénti mintavételezési eljárással kompenzálva a jármű mozgását. Figyelembe veszi az adott térben működő rádióadókat. Meghatározza a geológiai törésvonalak irányát és az elektromágneses tér H_x , H_y , H_z összetevőit.



4.22. kép Ferromágneses anyagok megjelenése a rádió-elektromágneses felmérésen (MGT)²⁶⁴

A nagyérzékenységű magnetométerekkel végzett repülések a Föld mágneses terének változásait is képesek regisztrálni (4.22. kép). Ezek is segítenek a felszín alatti szénhidrogén tartalékok, csövek, alagutak, régmúlt civilizációk nyomainak feltérképezésében [38]. A MGT saját fejlesztésű „fluxgate” geomágneses vektor-mérő rendszert használ – a fedélzeti GPS és giroszkóp adatokhoz kapcsolva.



4.23. kép A geo-mágneses térerő mérésének eredménye 3D megjelenítéssel (MGT)²⁶⁵

²⁶⁴ Forrás: <http://mgt-geo.com/services/radio-electromagnetics>

A gravitációs tér változásait a 3D Full Tensor Gradiometer (FTG) berendezéssel mérhető (4.23. kép) [39]. A mérőeszközök a célterület fölött azonos magasságon, az előre programozott raszter szerinti felbontással gyűjtik az adatokat, melyek erre a célra fejlesztett kiértékelő programokkal kerülnek feldolgozásra [40].

4.2.9 Meteorológiai érzékelők

A pilóta nélküli repülőgépek kis költséggel és rugalmas időbeosztással igénybe vehetők a meteorológiai mérőeszközök megfelelő légtérbe juttatására, ahol az előírt koordináták alapján, annak különböző magasságú rétegeiben és szektoraiban a fedélzetén elhelyezett érzékelőket aktiválva, begyűjtik a szükséges adatokat. Mivel repülés közben a tájékozódáshoz nem kell vizuális információ, így bármilyen látási viszonyok között működtethető. Akkor is, amikor a pilóta vezette repülőgépek csak korlátozással, vagy egyáltalán nem repülhetnek. A meteorológiai mérések – amennyiben nem napszakhoz kötöttek – akár éjjel, teljes sötétben is elvégezhetők, csökkentve ezzel a légterek nappali leterheltségét.

A meteorológiai célú pilóta nélküli repülésben úttörő, az Atlanti óceánt 1998-ban átrepülő ausztrál Aerosonde „Laima” felszálló tömeg 13 kg volt. A 3270 km-es távolságot 26 óra 45 perc alatt tette meg és ez idő alatt felhasznált 4 kg üzemanyagot úgy, hogy még 1 kg maradt a tartályában. A fedélzetén nyomás, hőmérséklet, páratartalom és a szél mérésére alkalmas hasznos terhek is voltak. Az adatokhoz – műholdas kapcsolatok hiánya miatt – csak a leszállást követően lehetett hozzáférni. A repülőgép a felszállást követően 1700 m-es magasságra emelkedett és az út több mint felét közepes és erős esőben tette meg. Szélirány 210–330° között változott, maximuma 24 m/s volt [24].



4.24. kép Az „Aerosonde Mark 4.7”²⁶⁶ és az MGR-6 néven repülő hazai változatai²⁶⁷

Az Aerosonde meteorológiai missziói a Föld számos kritikus régiójában, az Északi és a Déli-sarkon, az Atlanti-óceán hurrikánjában és más szélsőséges időjárási körülményei között bizonyították a pilóta nélküli repülőgép képességeit – az „Aerosonde Mark 4.7” több mint 130 órát repült az Antarktisz fölött. Az ausztráliai gyár eddig több mint 400 példányt bocsátott ki, emellett számos országban – így Magyarországon is – épültek hasonló konstrukciójú pilóta nélküli repülőgépek (4.24. kép).

A légköri jellemzők mérésére – a változások jelzésére, kritikus értékeknél a riasztásra – gyorsan és rugalmasan bevethető pilóta nélküli légijármű fedélzetére telepített rendszert fejlesztettek ki. Az érzékelők (NO₂, CO, SO₂, O₃) cserélhetők, a rendszer bővíthető.

²⁶⁵ Forrás: <http://mgt-geo.com/services/geomagnetics>

²⁶⁶ Forrás: <http://www.uasvision.com/wp-content/uploads/2012/03/Aerosonde.jpg>

²⁶⁷ Forrás: [http://www.aerotarget.atw.hu/\(mgr-6\)](http://www.aerotarget.atw.hu/(mgr-6))



4.25. kép Léggöri összetevők érzékelői²⁶⁸

Az alkalmazók széles köre – katasztrófavédelem (vegyi és sugárszivárgás monitorozás) tűzoltóság (tüzek terjedésének megfigyelése, oltási munkák koordinálása), infrastruktúra üzemeltetők (vezetékek ellenőrzése, megfigyelése) – számíthat ilyen, nagy légi mozgékonyaságú rendszer szolgáltatásaira.

A hazai fejlesztések közül több is a léggöri, meteorológiai mérőberendezések szállítására alkalmas, pilóta nélküli repülő eszközökre, és az ezekhez illeszkedő érzékelő, adatrögzítő, feldolgozó és kiértékelő rendszerek létrehozására irányul. A pályázatokkal nyert támogatások több egyetem és kutatóintézet szakembereinek bevonásával kerülnek hasznosításra. Az eredmények már jelentős sikereket is hordoznak, melyekről a résztvevők tudományos fórumokon – e könyv külön fejezetében is – folyamatosan számot adnak [25][26][27][28][29][30].

4.3 MEGJELENÍTŐK

A hasznos terheket kezelő személyzet a földi irányító állomásokon GCS (Ground Control Station) foglal helyet, és a lesugárzott információk alapján értékeli az eredményeket (4.26. kép).



4.26. kép Nyílt terepen használatos és egy konténerbe telepített irányító/értékelő állomás^{269,270}

A képernyők, monitorok mérete, felbontása és fényviszonyai jelentősen behatárolják a kezelők lehetőségei, ezért a kiértékelést további képfeldolgozó algoritmusok, programok segítik. A keresett objektumok alakjának és mozgásának felismerésére már számos megoldást kínálnak – ezek alapján a kamerák mozgatása, látószögének beállítása is automatizálható. A légi jármű útvonala is módosítható a felderítendő célobjektum helyzete és mozgása szerint.

A repülés irányítás és a hasznos terhek értékelése/irányítása a kiépítettségtől, és a pillanatnyi helyzettől függően történhet egy vagy több munkahelyen. A terepen alkalmazott változatban ezt általában összevonják, míg a fedezékben, konténerben, épületekben telepített eszközöknél akár

²⁶⁸ Forrás: http://www.alphasense.com/industrial-sensors/alphasense_sensors/miniature_sensors.html

²⁶⁹ Forrás: <http://www.aeronautics-sys.com/?CategoryID=256&ArticleID=260>

²⁷⁰ Forrás: <http://www.aeronautics-sys.com/?CategoryID=256&ArticleID=176>

több kiértékelő is fogadhatja az adatokat. A munkahelyeket a lehetőség szerint (legalább) duplikálják, hogy valamelyik meghibásodásakor a tartalék azonnal átvehesse a szerepét.

A nyílt terepen használatos irányító/értékelő állomásoknak gyakran kedvezőtlen viszonyok (erős napsütés, csapadék, rázkódás, por) közepette kell helyt állniuk, ezért a képernyők kellő védelem (árnyékolás, hermetizálás, ütésállás) nélkül, a rendszer szűk keresztmetszetét jelentik. A szemüveggént viselt kisméretű kijelzők erre nyújthatnak megoldást (4. 27. kép). A szórakoztató ipar terméke mára a modellezőknek is kedvelt eszközévé vált.

Az FPV (First Person View) – a pilóta szemével látható kép – a szemüveggént felvett HMD (Head Mounted Display) monitoron már egy repülőgép kabinban elől ülő élményét közelíti meg. Különösen azzal kiegészítve, hogy a fejmozgást követi a pilóta nélküli repülő eszköz fedélzetén elhelyezett kamera mozgása. A vizuális kép hasonlít a modern vadászipar repülőgépek kabinjának HUD (Head Up Display) szélvédőjére, ahol az üvegre vetítik a fedélzeti szenzorok adatait.



4.27. kép Az FPV szemüveg és a repülés adatai az OSD képen (YouTube)^{271,272}

A fedélzeti energiaellátás pillanatnyi állapotáról a földi irányítót is folyamatosan tájékoztatni kell. Az információkat a lesugárzott képre montírozottan jelenítik meg az OSD – On Screen Display segítségével. A fedélzeti fő és tartalék akkumulátorok feszültsége, a már elfogyasztott energiamennyiség és a pillanatnyi áram nagysága is leolvasható – ami alapján meghatározható a bevetés hátralévő időtartama. Ebben a kompakt nézetben helyet kapnak a repülőeszköz helyzetével (magasság, sebesség, irány, varió, GPS pozíció) és üzemmódjával kapcsolatos adatok is. A műszerek és a videó kép ki-be kapcsolható és mindezek segítségével – kellő gyakorlattal – a repülőgép is vezethető.

Az FPV kamera felbontása a repülőgép vezetésére elegendő részletességű. A HD minőségű felvételeket külön erre a célra telepített – általában lesugárzás nélküli – nagyfelbontású kamerával készítik. A fedélzeten a memóriába rögzített felvételeket a visszaérkezés után töltik le. Az ilyen légi foto és videó készítés – pilóta nélküli járművek fedélzetéről – világszerte egyre népszerűbb. A berendezések minősége, hatótávolsága egyre nő és ezzel a csábítás, hogy a repülést a megengedett (látó) távolságon kívül is folytassák. A technikai korlátok megszűnte, még nem jelenti az alkalmazás teljes szabadságát. A légtér eddigi felhasználói és az érintett földi lakosság is a személyi és vagyon-biztonságukat látják veszélyeztetve. Több országban már elkészült, illetve készül általános törvényi szabályzás az ilyen tevékenység legális kereteinek biztosítására.

²⁷¹ Forrás: <http://s1008.photobucket.com/user/ScottyRRRRR/media/fpv-videos-best.jpg.html>

²⁷² Forrás: <http://www.youtube.com/watch?v=lp1JK5g0Ejc>

4.4 EGYÉB ESZKÖZÖK A FEDÉLZETEN

4.4.1 Fegyverzet

A katonai alkalmazású pilóta nélküli légi járművek elsődleges feladata a felderítő, támogató tevékenység. Általában passzív szereplők a kívülállók szemében – akkor is, ha a szállított be- rendezéseik áttételesen a pontosabb, nagyobb biztonságú csapásmérést szolgálják. Amikor ugyanezek a hordozók megsemmisítő eszközt is kapnak, már más megítélés alá esnek.

Amióta létezik az emberiség, a háborúk közötti rövid békeidőkben is a következő háborúra készül – nincs ez másként ma sem. E körülmény ismerete – talán – könnyebbé teszi a tények meg- értését és elfogadását. A pilóta nélküli légi járművek fedélzetén megjelenő – a szállítandó terhek kategóriába tartozó, de a szó eredeti értelmében „hasznosnak” nehezen nevezhető – fegyverek megítélése nagyon megosztja a mai társadalmat.

Ezek a „valahol mindig háborúk” már az otthonainkba is beköltöznek – a kiváló médiának kö- szönhetően. Tudjuk, a fegyvergyártás nagyon nagy gépezet – és nagy üzlet. Ha egyszer csak hirtelen megszűnne, sok millió embernek nem lenne munkája, kenere. A közismert „a fegyver- kezés miatt háborúzunk és nem a háborúk miatt fegyverkezünk” megállapítás a világban folya- matosan újratermelődő fegyveres konfliktusok, háborúk nyomán nap, mint nap igazolódik.

Az RQ-1 Predator szárnyait megerősítették és az MQ-1A új névvel együtt kapott két AGM-114 Hellfire rakétát is (4.28. kép) – ezzel elindította a „békés” pilóta nélküli repülőgépek felfegyverzésének korszakát.



4.28. kép AGM-114 Hellfire rakéta a MQ-1A Predator szárnya alatt (Wikipedia)²⁷³

Az MQ-9 Reaper (4.29. kép) már eleve „hunter-killer”-nek készült, így az indító sínekre 14 db AGM-114 Hellfire rakétát, vagy négy AGM-114 Hellfire rakétát és két GBU-12 Paveway II lézervezérlésű bombát lehet függeszteni. Tud hordozni GBU-38 JDAM – Joint Direct Attack Munition és kipróbálták FIM-92 Stinger légiharc rakétákkal is [41].

²⁷³ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:AGM-114_Hellfire_hung_on_a_Predator_drone.JPG



4.29. kép Az MQ-9 Reaper teljes fegyverzetben (Wikipedia) ²⁷⁴

A felfegyverzett Reaper követői egyelőre a tervező asztalokon, a kísérleti műhelyekben, a szerencsésebbek már a levegőben vannak. A Nortrop Grumman X-47B már felszállt az anyahajóról és a kísérletek folytatódnak. Az EADS Barracuda, a Taifun, vagy más „egzotikus” forrásból származó UAV-k szaporodnak el, erre hamarosan választ kapunk.

4.4.2 Elektronikai hadviselés eszközök

Az elektronikai hadviselés EW (Electronic Warfare) olyan eszközöket és eljárásokat foglal magába, amelyek a teljes, ismert és alkalmazott frekvenciatartományban a szembenállók információinak megszerzését és az azzal való visszaélést – zavarást, megakadályozást, sőt megsemmisítést – tűzte ki célul, fontos részét képezve az információs térben folytatott IW – (Information Warfare) műveleteknek.

Az elektronikai hadviselés elektronikai támogatás ESM (Electronic Support Measures) eszköztárára első sorban elektronikai alapú érzékelőkből, mérőberendezésekből áll, amelyek az elektronikai felderítést ELINT (Electronic Intelligence) szolgálják. Ennek két – funkcionálisan különböző – területe a jelfelderítés SIGINT (Signal Intelligence), amely célpontjai a kisugárzó eszközök és a kommunikációs felderítés COMINT (Communications Intelligence), amely ezeken belül a kapcsolati összefüggések feltárásán és a tartalmuk megfejtésével foglalkozik. Az elektronikai zavarást ECM (Electronic Countermeasures) nagyteljesítményű, és bonyolult jelstruktúrájú ellentevékenységre alkalmas kisugárzókkal és a rádiólokációs felderítést nehezítő passzív (mechanikai és vegyi) felhők kibocsátásával hajtják végre. Az álcázás, megtévesztés, imitálás – mint minden korban – ma is fontos és eredményes része az elektronikai hadviselésnek. A szembenállók folyamatosan törekszenek egymás képességeinek megismerésére és ennek tudatában a saját csapatok védelmére. Az elektronikai védelem EP (Electronic Protection) ezt szolgálja különböző eszközökkel, eljárásokkal és szakmai instrukciókkal.

Az elektronikai hadviselés információszerző és beavatkozó eszközeinek először is a térbeli korlátokat kell legyőzniük. A távolsággal romló terjedési viszonyok jelentősen behatárolják azt a környezetet, amin belül az elektronikai eszközök eredményesen használhatók. Ez különösen érvényes a harcászati-hadműveleti frekvenciaugratásos rádiók elektronikai zavarokkal való lefogása esetén – ahol az időkések is korlátozzák a hatékony működést [42].

A megfelelő légtérbe való bejutás – úgy, hogy azt a szembenálló fél ne fedezze fel, vagy ha mégis, akkor ne tudja megakadályozni – a légi feladata. A fegyvertelen, zavaróadóival „fáklyaként világító” repülőgép, könnyen az ott működő légvédelem célpontjává válhat. A jelenlegi EA-6B Prowler (4.30. kép) 1970 óta áll szolgálatban és nem kizárt, hogy már robotrepülőgépek váltják fel.

²⁷⁴ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:MQ-9_Reaper_taxis.jpg

A pilóta nélküli légi járművek, a teherhordó képességüknek megfelelő tömegű elektronikai hadviselési eszközt képesek a megadott légtérbe szállítani és ott a működtetni, az előre meghatározott program, vagy a földi/légi irányító parancsa szerint. Alkalmazásuk mellett szól, hogy a felderítő és zavaró berendezések ma már teljesen automatikusan is működhetnek, ezért már nincs szükség külön kezelőre a pilóta által vezetett repülőgépek fedélzetén sem. A SIGINT, COMINT, ECM képességű pilóta nélküli légi járművek széles választékát kínálják a nemzetközi fegyverpiacon.

A kisugárzó eszközök helyének meghatározása rádió irányítással DF (Direction Finding) a pilóta nélküli légi járművek fedélzetéről – a földi telepítésű rendszerekhez képest – sikeresebben végrehajtható. Előnyt jelent a mobilitás, a berendezések a méréshez legalkalmasabb helyszínen szállíthatók. A mozgás közben felvett irányokból akár egyetlen állomás információi alapján is végezhető „háromszögelés”. A fedélzetén csak a legszükségesebb eszközöket (antenna, vevőberendezés) kell szállítani. A lesugárzott adatok kiértékelését a földi állomáson végzik el [43]. A rádió iránymérő képességet a GPS navigációs rendszer kiegészítésére/helyettesítésére is lehet használni – ismert rádióadókra mért irányokból a pillanatnyi helyzetet meghatározva [44][45].

Az izraeli IAI/MALAT Heron MALE (medium-altitude long-endurance) System COMINT, SIGINT, IMINT és SAR kapacitással rendelkezik (4.30. kép). Emellett lézer célmegvilágításra is felkészítették, valamint rádióátjátszóként is használható. Újabb változatát Heron TP „Eitan” néven Afganisztánban is bevetették. A 4650 kg felszálló tömegű repülőgépben 1000 kg hasznos teher – elektronikai hadviselési eszköz – szállítható.



4.30. kép A negyven éve szolgálatban lévő EA-6B és a szerepére pályázó IAI/MALAT Heron MALE System – elektronikai hadviselési felszerelésekkel²⁷⁵

Az Elbit Hermes 900, 36 órás bevetési idővel 350 kg hasznos terhet képes fedélzetén hordozni (pl. SELEX Gabianno T-200 X-sávú SAR/GMTI és MPR földi és tengeri felderítő radart, DCoMPASS felderítő és célmegjelölő függesztményt, AES 201V ESM/ELINT jelfelderítő és helymeghatározó berendezést, Skyfix/Skyjam-COMINT/DF kommunikációs megfigyelő és opcionálisan COMJAM zavaró rendszert, vagy átjátszó relét a saját csapatok híradásához).

Az EuroHawk (4.31. kép) a Német Légierő megrendelésére az EADS által gyártott SIGINT rendszer hordozójaként került a Nortrop Grumman RQ-4B változatában beszerzésre. Ez lesz az első nagy magasságú és hatótávolságú HALE ELINT és COMINT képességű pilóta nélküli felderítő repülőgép Európában, ami felválthatja a haditengerészet 1972 óta üzemelő Dassault-Breguet Atlantique típusú hasonló rendeltetésű légi járműveit. A fedélzetén aktív elektronikai hangolású antennarendszer, második generációs SAR/MTI radar is helyet kap. Az EASA engedélyeztetés – az európai és a többi ICAO²⁷⁶ légtérben való alkalmazás feltételeiről – folyamatban van, Az első szenzortesztek 2013. év januárjában kezdődtek és az ütközést elkerülő rendszer vizsgálatával folytatódnak.

²⁷⁵ Forrás: <http://defense-update.com/products/h/Heron-UAV.htm>

²⁷⁶ International Civil Aviation Organisation – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet



4.31. kép Az EuroHawk az EASA engedélyre vár²⁷⁷

A német Rheinmetall KZO (Kleinflugzeug für Zielortung) pilóta nélküli repülőgépeket a hadsereg első sorban a páncélos célok felderítésére és célmegjelölésre rendszeresítette, de készültek elektronikai hadviselésre felderítő „FLEDERMAUS” (denevér) (4.32. kép) és ellentevékenységre MÜCKE (moszkító) változatok. A 162 kg felszálló tömegű repülőgép 35 kg hasznos teher szállítására képes. A felszerelések között Zeiss Ophelios WBG FLIR – előre néző infrakamera, SAR – szintetikus apertúrájú radar is szerepel. Az összeköttetésre 250 km hatótávolságú, Ku-sávós mikrohullámú csatornát használnak. A bevetési idő meghaladja a három és fél órát, a sebességtartománya 150–250 km/h. Bár hagyományosan is le tud szállni, a kijelölt 200 m×200 m-es területre való ejtőernyős leszállást használják elterjedten [46].



4.32. kép A Rheinmetall KZO „Fledermaus” ESM – elektronikai támogatás felszereléssel²⁷⁸

Az EMT gyártotta „Luna” közepes hatótávolságú pilóta nélküli felderítő repülőgép (4.33. kép) a német hadsereg külföldi misszióinak állandó résztvevője. A 37 kg felszálló tömegű 4,17 m fesztávú repülőgép első sorban elektrooptikai felderítésre szolgáló eszközöket hordoz, de a lehetséges felszerelések között szerepel az Ulmban települt EADS Defence Electronics MiSAR szintetikus apertúrájú radarja is. A mindkét irányba néző oldalfelderítő radar 500 m-es magasságon repülve 1500 m-es sávot tud folyamatosan pásztázni. A 35 GHz-en Ka-sávban működő adónak mindössze 1 W a kimenő teljesítménye. Külön adó és vevő antennája van, és folyamatos frekvenciamodulációt használ [47].

²⁷⁷ Forrás: <http://www.defenseindustrydaily.com/euro-hawk-program-cleared-for-takeoff-03051/>

²⁷⁸ Forrás: <http://www.army-technology.com/projects/brevel/brevel13.html>



4.33. kép Az EMT „Luna” a Lima-2013 kiállításon – jól látható a SAR elhelyezése²⁷⁹

4.4.3 Speciális terhek és alkalmazások

Ebbe a kategóriába olyan eszközöket soroltunk, amelyek jelenlétükkel valamilyen folyamatot befolyásolnak, elősegítenek, vagy éppen gátolnak.

4.4.3.1 Célrepülőgép

A pilóta nélküli légijárművek hordozhatnak olyan terheket, melyekkel egy teljes méretű célrepülőgépet tudnak imitálni a légvédelmi rakéták éleslövészetére. A világon számos (24) országban alkalmazott Mistral légvédelmi rakéta komplexum radarral deríti fel célt. Az elindított rakéta a repülőgép hajtóművének infra kisugárzása alapján keresi azt meg, majd a közelségi gyújtó működteti a robbanófejet. Szükség van tehát egy (legalább) vadászrepülőgép hatásos radar visszaverő felületére, annak hajtómű hőképére, hogy a rakéta rendszer az imitátort valódi célként fogadja el.

A Magyar Honvédség célrepülőgéppel (4.34. kép) szemben támasztott követelményei [48]:

- 20 km hatótávolság, 1000 m-es repülési magasság;
- maximális sebesség 150 km/h;
- maximális repülési idő 15 perc;
- infravörös sugárzás 3–5 μm tartományban;
- legalább 1 m² hatásos radar visszaverő felület (x-sávban);
- legalább 1 m² lézervisszaverő felület.

A hordozó repülőeszközön elhelyezett radar szögvisszaverővel (Luneberg lencse) és a vontatott piro-patronokkal biztosították a radar visszaverő felületet, valamint imitálták a hajtómű kisugárzását. Ezen kívül a repülőgép törzsét is be kellett vonni a lézer vezérlésű közelségi gyújtó működtetéséhez.

A kritikus feladat a hordozó légijármű előírt repülési útvonalon tartása. A vizuálisan, rádió táv-irányító berendezéssel vezetett repülőmodellek – méretüktől függően – 1–1,5 km távolságig követhetőek szabad szemmel. A korábbi gyakorlatban a repülést több, az útvonalra kitelepült irányító végezte – átadva a célt egymásnak. A követelmények szerinti 20 km ezt az eljárást már nem tette lehetővé – fedélzeti robotra volt szükség.

²⁷⁹ Forrás: <http://malaysiaflyingherald.wordpress.com/2013/03/29/lima-2013-unmanned-aerial-vehicles/>



4.34. kép A légvédelmi rakétákkal szembe-szálló Meteor-3R és programozója²⁸⁰

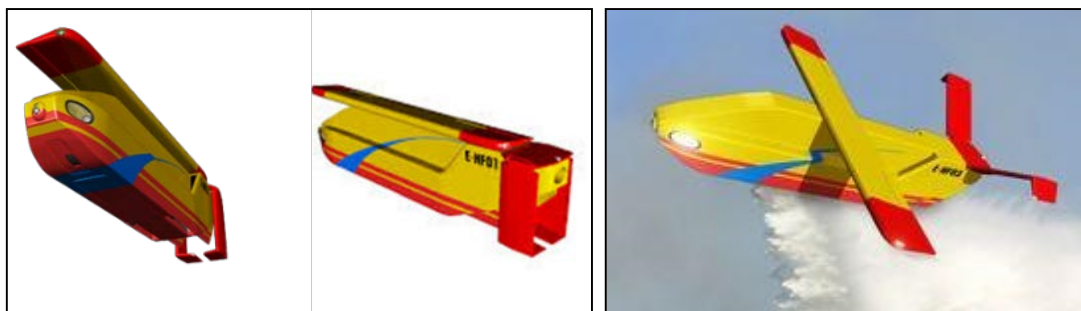
A hordozót az Aero-Target Bt. tagjai, Görög György és Rábel András, a fedélzeti robotot Koncz Miklós Tamás fejlesztette ki. A tervezés, a kísérletek és végül a sikeres uszkai lövészet eseményeit Koncz Miklós Tamás „A Meteor-3R célrepülőgép alkalmazása és elektronikai rendszerei” című doktori értekezésében írta le [49]. A kritikus elemek – a fedélzeti robot hardver és szoftver megtervezése és kivitelezése, a repülési útvonal optimalizált kidolgozása, valamint a radar visszaverő felületet biztosító Luneberg-lencse hatékony elhelyezését biztosító bemérés – az új, tudományos eredményei között szerepelnek. A berendezések és a programok hibátlanul működtek a lengyelországi éleslövészetben. A célrepülőgépek a Mistral és az Iгла rakéták „áldozataivá” váltak – betöltve hivatásukat. A 8 db Meteor-3R és a körülöttük szorgoskodó magyar személyzet egyértelműen azt bizonyította, hogy a pilóta nélküli repülőgépek „alulról kezdeményezett” fejlesztése lehet rendkívül eredményes – a „professzionális” gyártmányokkal versenyképes. A gazdag modellező múlt és az elhivatott kutatási hajlam szerencsés találkozásából példaértékű teljesítmény született.

4.4.3.2 Tűzgyújtó és tűzoltó

Az ellenőrzött (kis) tüzek gyújtásával – ha ezt szakszerűen végzik – sikeresebben lehet a nagy tüzeket oltani. Erre a felfedezésre épül a „tűzgyújtó pilóta nélküli repülőgép” gondolata – Dr. Restás Ágoston tűzoltó alezredes munkáiban [50], amelyek eredményes alkalmazására külföldi példák már vannak [51]. Az irányított tűzzel leégő alacsony aljnövényzet a későbbi nagy égést már nem táplálja – csökkentve ezzel a fák megsemmisülésének veszélyét. Az eddig alkalmazott ellenőrzött égetési eljárásokban helikopterrel szállították a gyújtó eszközöket, melyek tömege 15–20 kg körül változik. A pirotechnikai anyagok hatékonyabb összeállításával 10–12 kg gyújtóanyaggal is el lehet érni a célt, ami már egy közepes méretű pilóta nélküli légi járművel kiszállítható. Mivel a jármű éjjel is ugyanúgy bevethető, a tűzgyújtásra ki lehet használni a csendes, párás éjszakai órákat.

A tűzoltás közvetlen támogatásáról is megjelentek – többnyire elméleti fejtegetések – a pilóta nélküli járművek bevonásával. A szabadalmaztatott eljárás szerint az egyszer használatos jármű a tűzfészekre zuhanva a teljes terhével az oltást szolgálja [52]. A bozót és erdőtüzek oltásában is hasznosítható, de a folyadékok égésekor a felszín lezárására szolgáló habanyag kiszállítását is meg tudja oldani. Az egész repülőgép törzs egy – aerodinamikailag megtervezett – tartály, melyhez a sárkány és a meghajtás is égésgátló anyagokból készül.

²⁸⁰ Forrás: <http://www.aerotarget.atw.hu/>



4.35. kép A „NitroFirex makettje – szállítási helyzetben és „akció” közben²⁸¹

Az alkalmazás során – mint az irányított égetésnél, itt sem akadály a sötétség – ami egy pilótás repülésnél komoly kockázatnövelő tényező. Erről szól a NitroFirex szlogenje: „We Fight Fires at Night”, miszerint – mi (egész) éjjel tüzet oltunk.

Egy másik, előrehaladottabb fejlesztés már a repülési próbák stádiumánál tart. A Singular Aircraft pilóta nélküli repülőgépe igazi „nehézfű” a 2100 kg szállítási kapacitásával (4.36. kép). A föld- és vízfelszínről felszálló, fémépítésű kétmotoros (2×340 LE) légi jármű felszálló tömege 3700 kg. Mindössze 210 m gurulás után felemelkedik és 380 m elég a leszálláshoz. Maximálisan 71 órát tartózkodhat egy feltöltéssel a levegőben.

A tartályok feltöltése után a vízről felszállva máris kész a légi tűzoltásra. A nyári erdőtüzek fenyegette Dél-Európa – Spanyolország, Görögország, Horvátország az egyik célterület, de Ausztrália és – az Amerikai Kontinens országai is a potenciális vásárlók között lehetnek.

A tűzoltás mellett az áruszállítás, a mezőgazdasági munkák, permetezéssel növényvédelem, a nagy területek ellenőrzése, megfigyelése is feladatai közé tartozhat. Az eddig elvégzett munka és a várható igények – különösen a légi tűzoltásban – biztatóak, és a pilóta nélküli légijármű ipar egy új szegmensére mutatnak példát.



4.36. kép A Singular Aircraft a tesztrepülésre készül – egyik feladata a mezőgazdasági permetezés lesz²⁸²

Ennek a repülőgépnek a „láthatóságával” (14 m szárnyfesztáv) nem lesz gond – tehát egy határozott előnye máris elkönnyvelhető – de katasztrófa helyzetben a pilóta nélküli repülés koordinálása még sok kérdőjelet tartalmaz, amiről e könyv egy külön fejezete részletesebben tájékoztat.

4.4.3.3 Légi kiszállítás

A csomagok eljuttatását adott térségbe – a hordozóképeség és a feladat időtartama ismeretében – a megfelelő pilóta nélküli légijármű kiválasztásával is megoldható. A precíziós kijuttatás/kidobás egy külön szakma, amit hajózó személyzet irányította légijárműből sem egyszerű feladat. A pontosság mellett a hordozóra leselkedő veszélyek is a pilóta nélküli megoldást indokolják. A biztonságos földet éréshez irányított ejtőernyős leszállító egységet célszerű alkalmazni (4.37. kép).

²⁸¹ Forrás: <http://wildfiretoday.com/tag/uav/>

²⁸² Forrás: <http://www.singularaircraft.com/>

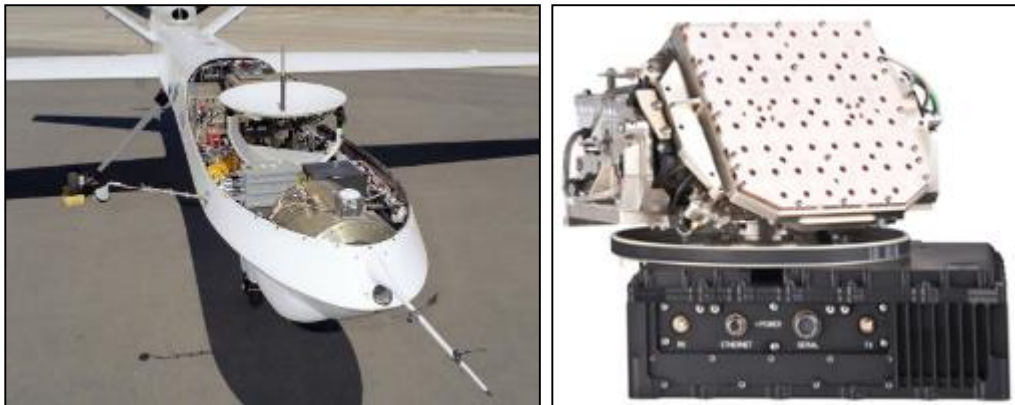


4.37. kép Az 1,1 tonnás terhek is nagy pontossággal a célba jutnak²⁸³

Több hír tanúskodik arról, hogy a légi kiszállításban – mint a pilóta nélküli repülés más területein is – megjelentek a nem legális szféra képviselői is. A kisebb tárgyakat négy-hatrotoros helikopterekkel szállítják a kívánt helyre, a nagyobbakhoz merevszárnyú repülőgépeket használnak. Az irányítót – például nagyvárosi környezetben – nagyon kis eséllyel lehet megtalálni. Különösen, ha az „indítsd és felejtse” módszert használja, azaz a fedélzeti GPS-be programozott koordinátára küldi a légi járművet. A tudás és az eszköz szabadon hozzáférhető, csak idő kérdése, hogy mikor találkozunk velük.

4.4.4 Lesugárzó rendszerek

A felderítés adatai valós időben lesugározva a földi irányító/kiértékelő állomásra kerülhetnek, vagy a fedélzeten rögzített információk a leszállást követően értékelhetők ki. Az előbbi a gyors reagálásra ad lehetőséget, de a nagytávolságú, szélessávú rádió lesugárzás a terep és időjárási viszonyok miatt is nehézséget jelenthet, ezért ezt csak nagyon indokolt esetben használják. Az utóbbi, a kedvező energiamérleg mellett (nem kell rádióadót működtetni) nagyobb rejtettséget is biztosít. A korszerű, nagykapacitású, félvezetős memóriák alkalmazásával az on-line kapcsolat megszakadása, vagy romló minősége esetén, mint „back up” (tartalék) információ használható.



4.38. kép Az MQ-9 Reaper Satcom antennával²⁸⁴ és a Gilat ajánlata a hasonló légi járművekre²⁸⁵

Az online lesugárzásnak további szűk keresztmetszete az antennarendszer működtetése, melynek körkörös sugárzó változatait a kis hatótávolságú rendszerek használják. A nagyobb hatótávolságú bevetéseknél a földi, az igazán kritikus esetekben mindkét rádió berendezés irányított antennákat kell, hogy használjon. A földi irányító állomás kedvezőbb helyzetben van, hiszen a méretek és a tömeg kevésbé akadályozza a jó minőségű berendezés létrehozásában. A fedélzeti, irányított lesugárzáshoz már bo-

²⁸³ Forrás: http://armytechnology.armylive.dodlive.mil/files/2011/07/news_para.jpg

²⁸⁴ Forrás: <http://www.defensemianetwork.com/stories/uavs-drive-satcom-modernization/>

²⁸⁵ Forrás: <http://www.gilat.com/uav-terminals>

nyolult antennarendszerre, forgató mechanizmusra és fejlett vezérlő elektronikára van szükség. Amíg nem volt műholdas összeköttetés, csak így lehetett a 100 km-t meghaladó kapcsolatot fenntartani.

A műholdas lesugárzáshoz tekintélyes méretű irányított antennát kell a fedélzeten működtetni, amelynek repülés közben az a légi jármű forgása, dőlése közben is követni kell a műholdat. Ezek kivitele is egyre kompaktabb lesz, a „klasszikus” parabolát felváltja a fázis-rács antenna.

A műholdas összeköttetés kényelmes, de hiányosságaként róják fel, hogy nem eléggé védett a lehallgatás és zavarás ellen. A pont-pont összeköttetés – bár nagy távolságokon az is igényel átjátszó állomást – kevesebb lehetőséget enged meg az idegen beavatkozásra.

A rádióamatőrök és a modellezők összefogásából itt is naponta születnek szép eredmények. A „kihegyezett” adó-vevő állomásokkal és nagyon jól felépített antennarendszerekkel nem ritka a nagy-hatótávolságú képi adat lesugárzással egybekötött repülés (4.39. kép). Az események, technikai megoldások követhetők az interneten (FPV 80 km full flight).



4.39. kép FPV repülés – video lesugárzás a 80 km-re lévő fordulópont közeléből²⁸⁶

A repülést – a GPS adatok alapján – a Dominikai Köztársaságban, 2000 m-es magasságon, feltehetően a helyi légi irányítás tudtával és engedélyével hajtották végre (reményeink szerint.)

4.5 HASZNOS TERHEK – A JÖVŐBEN

A fejezetben bemutatott hasznos terhek a jelen és a közeljövő néhány technikai megoldását és eljárását tudták felölelni. A felhasználók ötleteikkel, igényeikkel – gyakran tevékeny részvételükkel – segítik az újabb eszközök kifejlesztését. Az alkalmazási lehetőségek kiszélesítése is rajtuk múlik – egy időben a műszaki, szervezeti és jogi korlátok megalkotásával és betartatásával. A felhasználók kerülnek kapcsolatba azzal a környezettel is, amelyik nem akar, nem tud (vagy mindkettő) azonosulni a privát életébe betekintgető szerkezetekkel. Ez még az állami érdekekre hivatkozók dolgát is megnehezíti – a szomszédos kertből felszállók, pedig semmi jóra ne számítsanak.

A hasznos terhek felhasználási lehetőségei – a földi alkalmazású elektronikai csodák fejlődésével azonos tőből származva – naponta javulnak. A méretek jelentős csökkenése már jelzi a nagyméretű légi hordozók „dínó” sorsát. Többségük egyszerűen fölöslegessé válik, mert a kisebb, mozgékonyabb, rugalmasan átkonfigurálhatóak alkalmasabbak, hatékonyabbak a legtöbb feladatra, felhasználói szemszögből. A gyártók természetesen a tetemes bevételben érdekeltek, így amíg csak lehet, a nagyméretű, méregdrága hordozók és haszontalan terheik eladásán (is) fáradoznak.

²⁸⁶ Forrás: http://www.youtube.com/watch?v=z_PxhU9i9Ng

A közepes méretű rendszerek gyártására nagy a jelentkezők száma, nem ritkán a neves repülőgépgyárak leányvállalatai ezek. A repülőgépek és felszereléseik a hadseregekben ma rendszeresített pilóta nélküli légi járművek zömét adják. Szinte nincs ország, amely valamilyen forrásból már ne szerzett volna be ilyen.

A „garázscégek” reményei, pedig a gyorsan fokozódó helyi igényekre való megfelelésben – azok megszűnése esetén egy másik, hasonló kihívásra való átállásban – merülnek ki. Ők az egyre duzzadó amatőr tábor kiszolgálói – olyan professzionális képességeket lehetővé tevő építő elemekkel, amihez a lego-n nevelkedett vásárló „apró” pénztárcája elegendő.

A kételkedők (nem) megnyugtatóására, ahogy a 3D printerrel fegyverszerű tárgy készíthető, a modellező boltból összerakott – Reaper-nek látszó – alkotással is lehet kellemetlen perceket okozni másoknak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://www.proxdynamics.com/products/pd_100_prs/ (2013.05.31)
- [2] <http://c4s.atw.hu/> (2013.05.31)
- [3] <http://www.corebyindigo.com/usermanuals/Micron130.pdf> (2013.05.31), <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-14.html>, <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-11.html>
- [4] <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/puma.html><http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html> (2013.05.31)
- [5] http://www.cloudcaptech.com/gimbal_tase150.shtm (2013.05.31)
- [6] <http://www.navaldrone.com/MQ-9B-Guardian.html> (2013.05.31)
- [7] http://www.resonon.com/airborne_uav_system.html (2013.05.31)
- [8] https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt?open=514&objID=1269&mode=2&featurestory=DA_565743 (2013.05.31)
- [9] https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=jYIHeDbNIMU (2013.05.31)
- [10] http://www.ll.mit.edu/publications/journal/pdf/vol14_no1/14_1hyperspectralprocessing.pdf (2013.05.31)
- [11] <http://www.resonon.com/references.html> (2013.05.31)
- [12] <http://www.resonon.com/whitepapers/Resonon-Hyperspectral-Tutorial.pdf> (2013.05.31)
- [13] <http://www.resonon.com/whitepapers/Resonon-Weeds-Whitepaper.pdf> (2013.05.31)
- [14] <http://www.youtube.com/user/resonon/videos> (2013.05.31)
- [15] <http://www.eurosense.com/documents/our-expertise/airborne/airborne-platforms.xml?lang=en-gb> (2013.05.31)
- [16] http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Blaue_Berichte_PDF/105.pdf (2013.05.31)
- [17] http://www.geometh.ethz.ch/uav_g/proceedings/remondino_presentation (2013.05.31)
- [18] <http://aerometrex.com.au/blog/?cat=1> (2013.05.31)
- [19] <http://www.sensefly.com/home.html> (2013.05.31)
- [20] <http://www.sensefly.com/faq.html> (2013.05.31)
- [21] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/29_Zboray_Zoltan-Sandor_Tamas-Szipli_Tamas.pdf (2013.05.31)
- [22] <http://geoiq.hu/2013/05/16/uavuas-pilota-nelkuli-repulo-eszkozok-es-kepfeldolgozas-nap-volt-majus-14-en/> (2013.05.31)
- [23] <http://www.geo.info.hu/gisopen/2013/eloadasok/ppt/SZ14.pdf> (2013.05.31)
- [24] http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_atlantic_crossing_I.htm (2013.05.31)
- [25] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-33-Gyongyosi_Andras_Zeno_es_a_tobbiek.pdf (2013.05.31)
- [26] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-43-Bordas_Arpad_es_a_tobbiek.pdf (2013.05.31)
- [27] http://epa.oszk.hu/02600/02694/00059/pdf/EPA02694_rtk_2012_2_0315-0325.pdf (2013.05.31)
- [28] http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2012/cikkek/2012-17-Tuba_Zoltan_es_a_tobbiek.pdf (2013.05.31)

- [29] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-32-Szabo_Zoltan_Attila_es_a_tobbiek.pdf (2013.05.31)
- [30] http://uni-obuda.hu/conferences/cinti2009/76_cinti2009_submission.pdf (2013.05.31)
- [31] http://www.geometh.ethz.ch/uav_g/proceedings/neitzel (2013.05.31)
- [32] https://en.wikipedia.org/wiki/La_Ciudad_Blanca (2013.05.31)
- [33] <http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1di%C3%B3lok%C3%A1tor> (2013.05.31)
- [34] <http://www.imsar.com/wp-content/uploads/2010/08/ImSAR-NanoSAR-B-Radar-Datasheet-Rev-1.2.pdf> (2013.05.31)
- [35] http://www.iai.co.il/sip_storage/FILES/5/36835.pdf (2013.05.31)
- [36] http://www.barnardmicrosystems.com/ME4%20files/download/BML_AUVSI_2010.pdf (2013.05.31)
- [37] <http://mgt-geo.com/about-us> (2013.05.31)
- [38] http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_magnetometer.htm (2013.05.31)
- [39] http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_gradiometer.htm (2013.05.31)
- [40] http://www.barnardmicrosystems.com/L4U_geosurvey.htm (2013.05.31)
- [41] http://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper (2013.05.31)
- [42] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2006_cikkek/vanya_laszlo.pdf (2013.05.31)
- [43] http://uav.medav.de/fileadmin/landingpages/uav/Direction_Finding_in_UAV.pdf (2013.05.31)
- [44] <http://diydrones.com/profiles/blogs/navigating-uavs-without-gps> (2013.05.31)
- [45] <http://wirelessinnov.com/DF--and--Geolocation-Systems.php> (2013.05.31)
- [46] <http://www.army-technology.com/projects/brevel/> (2013.05.31)
- [47] <http://www.army-technology.com/projects/luna/> (2013.05.31)
- [48] http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/phd/2009/koncz_miklos_tamas.pdf (2013.05.31)
- [49] http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/koncz_miklos_tamas.pdf (2013.05.31)
- [50] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/51_Restas_Agoston_UAV_erdotuz.pdf (2013.05.31)
- [51] RESTÁS Ágoston: Statikus és dinamikus döntéstámogatás UAV alkalmazásokkal, Előadás, Robot-hadviselés 11 Tudományos Konferencia, 2011. november 24. Budapest
- [52] <http://wildfiretoday.com/2009/12/31/patent-application-for-a-disposable-air-tanker/> (2015.06.21.)

5

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK REPÜLÉSE A JOGI SZABÁLYOZÁS TÜKRÉBEN

A légiközlekedésről igen nehéz egységes képet kialakítani, hiszen kevés olyan terület van, amely az elmúlt években olyan jelentős változásokon esett volna át, amilyenek ebben a közlekedési alágazatban történtek. A magyar légiközlekedés fejlődése igen széles skálán mozgott. Volt időszak, amikor Kelet-Közép-Európa élvonalába tartoztunk, máskor pedig az egyik legelmaradottabb térséggé váltunk. Az utóbbi években megítélésem szerint negatív irányba billent a mérleg nyelve, és nagyon fontos, hogy ez ne maradjon így.

A közelmúltban nemcsak a légiközlekedés szereplőinek összetétele változott meg, hanem a pilóta nélküli légi jármű rendszerek alkalmazásának, illetve a légtérhasználat igényének a gyors növekedése is tapasztalható volt. Az UAV-k kiképzéssel és kutatással összefüggő bővülő célkitűzéseinek, és az ebből fakadó, légtérhasználat iránti növekvő igény miatt égető szükség van az ilyen repülőeszközök biztonságos és hatékony engedélyezését, illetve üzemeltetését biztosító szabályok, eljárások kidolgozására.

Ennek a fejezetnek nem célja a magyar légiközlekedés szabályozásának részletes bemutatása, inkább az, hogy egy pillanatképet rögzítsek a magyar „UAV szabályozás” helyzetéről, jelentős változások után, talán nagy változások előtt. Túl vagyunk a légiközlekedési jogalkotás gyötrelmes kezdetein, megízleltük a pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos fogalmakat, amelyeket használnunk kellene, de még előtte vagyunk, hogy tényleges működésükben láthassuk a klasszikus értelemben vett légi járművekkel történő, légiközlekedésbe integrált UAV-k repüléseit, és annak is, hogy megérthessük, melyek azok a hazai sajátosságok, amelyek jócskán eltérnek az általunk megvizsgált szabályozási gyakorlatától.

5.1 A HATÁLYOS MAGYAR LÉGIKÖZLEKEDÉSI JOGANYAG „UAV SZEMSZÖGBŐL”

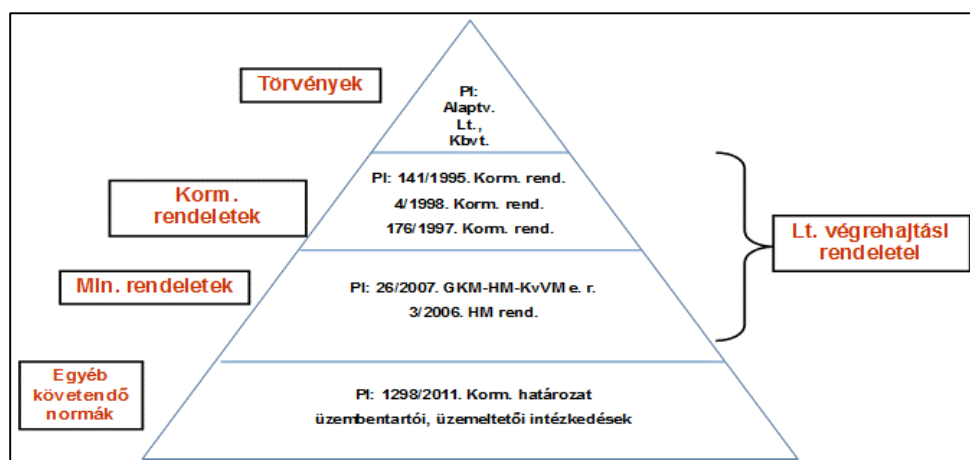
Magyarország repüléssel összefüggő nemzetközi szervezetekben való tagsága miatt olyan rendszernek vagyunk a részesei, amely a pilóta nélküli légi járművek repüléseinek szabályozását, nem kizárólag az adott ország ügyének, hanem közös feladatnak tekinti, és ennek megfelelően nem tagállami, hanem összeurópai, vagy még ennél nagyobb léptékben gondolkodik.

Az állami és a polgári célú légiközlekedés alapvető szabályait a hatályos légügyi törvényünk keretjellel, valamint az Lt.²⁸⁷ felhatalmazása alapján kibocsátott végrehajtási rendeletek (kormányrendeletek, tárcarendeletek), kiegészítő jelleggel határozzák meg. A légiközlekedéssel összefüggő szabályozók jogforrási hierarchiáját az 5.1. ábra szemlélteti.

Az Lt. sok repüléssel kapcsolatos területet felel – úgymint a hatósági jogkör, a magyar légtér, a légi járművek lajstromozása/nyilvántartása és jelzése, a hatósági engedélyhez és bejelentéshez kötött tevékenységek, a repülőterek/leszállóhelyek, a szakszolgálati engedélyek, a légiközlekedés szabályai stb. –, azonban a szabályozási tárgykörök megjelenítése nem teljes körű.

²⁸⁷ A légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény (a továbbiakban: Lt.) 71. § 1. pontjában foglaltak alapján állami célú légiközlekedésnek minősül a honvédelmi, a vámhatósági, a rendőrségi és a határőrizeti célú légiközlekedés.

Nem találunk rendelkezést például a pilóta nélküli légi járművek repüléseiről, a nem nyilvános fel- és leszállóhelyek státuszáról, azok létesítésének alapvető szabályairól, a minősített repülésekről, a kitérő repülőterekről, és számos más kérdéskör említhető, melyet a jogalkotó törvényi szinten egyáltalán nem szabályoz.



5.1. ábra A légitözlekedéssel összefüggő szabályozók jogforrási hierarchiája

A hatályos légügyi törvény mára elavult rendelkezéseket tartalmaz, a nemzetközi jog, illetve a közösségi jog által nem harmonizált fogalmakat használ, ezért nagyon fontos egy harmonizált, ágazat specifikus szabályozás megteremtése.

5.1.1 A légügyi törvény általános bemutatása

A repülés egy rendkívül összetett és veszélyes tevékenység, mely meglehetősen részletes szabályozást igényel. Ennek alapjait Magyarországon az Lt. teremti meg. Míg a jogszabályokat az állampolgárok többsége önkéntes jogkövetés útján elfogadja, azaz azonosul vele, és önkéntes módon teljesíti is a jogi rendelkezéseket, addig a repülési szabályok többsége nem olyan, amely önkéntes jogkövetéssel teljesíthető, hanem a légitözlekedési hatóság közreműködését igényli.

A törvény tárgyi hatálya, a légitözlekedésben és az azzal összefüggő tevékenységeken és a részt vevő személyeken, a repülőtereken, és a légitözlekedéssel kapcsolatos létesítményeken, berendezéseken túl a légi járművekre is kiterjed.

Az ICAO fogalom-meghatározása szerint légi járműnek minősül bármely szerkezet, melynek levegőben maradását a légkörben a levegővel való kölcsönhatás segíti, mely nem azonos a föld felszínére ható ellenhatással. Az Lt. légi jármű meghatározása is ezzel összhangban került definiálásra, de amíg a Chicagói Egyezmény²⁸⁸ 8. cikkelyében külön rendelkezik a pilóta nélküli légi járművekről, addig a légügyi törvény kizárólag egy szakaszban²⁸⁹ említi azt meg, és külön repülési szabályokat nem ír elő részére.

Álláspontom szerint ezekre a repülőeszközökre a hagyományosok esetében használatosnál jóval egyszerűbb, speciális nemzeti szabályozást lenne célszerű előírni, mivel a jogalkotó a légi járművek estében, kizárólag a magyar légtérben való repülésének, a légi járművek lajstromozásának/nyilvántartásának, jelzéseinek, gyártásának, javításának, karbantartásának, üzemeltetésének és vezetésének alapvető szabályait határozza meg keretjelleggel, a részletes szakmai szabályok kormányrendeletekben, illetve jórészt tárcarendeletekben található meg.

²⁸⁸ A nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény és az annak módosításáról szóló jegyzőkönyvek kihirdetéséről szóló 1971. évi 25. törvényerejű rendelet Chicagói Egyezmény (a továbbiakban: Chicagói Egyezmény) 7. függeléke

²⁸⁹ Lt. 6. § (5) bekezdés

Sajnos az UAV-kre vonatkozóan ez idáig önálló szabályrendszert nem dolgoztak ki, azonban – főleg verseny, sport- és szabadidős célú repülőeszközök tekintetében – indokolt lenne a légi járművek fogalmába tartozó repülőeszközként elkülöníteni, és a normaszövegben önálló elnevezéssel megjeleníteni.



5.2. kép A CybAero cég APID 60 típusú, kisméretű, autonóm üzemelésű VTOL rendszerű UAV-ja²⁹⁰

5.1.2 A magyar légtérben való repülés általános szabályai

A pilóta nélküli légi járművek integrálása során azok vezetője látását helyettesítő eszközök alkalmazása jelenti az egyik legnagyobb kihívást, tekintettel arra, hogy a látás alapvető fontosságú a repülési feladatok végrehajtásához. A repülőgép fedélzetén a pilóta hiánya azt jelenti, hogy hiányoznak az üzemeltetési szabályok betartásához szükséges képességek, valamint a pilóta szemének használatán alapuló repülési funkciók végrehajtásához szükséges képességek. A repülőgépvezető nélküli légi jármű rendszerek olyan technológián alapulnak, amely a hagyományos repülőgépeken az emberi látás segítségével elérhető funkciók hiányában nem felelnek meg a VFR-nek, és nem képesek végrehajtani semmilyen olyan utasítást, amely vizuális elemet tartalmaz, továbbá nem képesek látni a repülőtér és a futópálya környékét, érzékelni és kikerülni más repülőgépeket, akadályokat vagy időjárási jelenségeket. Így, a pilóta nélküli légi járművek repülései, jelenleg jelentős kihívást jelentenek a légiforgalom-szervezés számára.

A légi járművek általános repülési szabályait a törvény második része, a részletszabályokat az alábbi rendeletek határozzák meg:

- 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről;
- 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légi közlekedés céljára történő kijelöléséről;
- 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légtérében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól;
- 3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól;
- 7/2009. (VI. 11.) HM rendelet a Magyar Honvédség légvédelmi készenléti repüléseiről.

²⁹⁰ Forrás: <http://www.uavglobal.com/cybaero-apid-60/> (2015.06.13)



5.3. kép Az ELBIT System Hermes 900 MALE típusú UAV-ja repülés közben²⁹¹

A törvény a pilóta nélküli légi járművek repüléséről a következőképpen rendelkezik:

„(5) A légiközlekedési hatóság, az állami célú légiközlekedéssel összefüggő feladatok tekintetében a katonai légügyi hatóság engedélyével repülhet a magyar légtérben az a légi jármű, amely vezető nélküli repülésre alkalmas, továbbá a jogszabályban meghatározott repülőmodell, illetve repülőeszköz. Lakott terület felett a modellrepültetés a légiközlekedési hatóság engedélyén túlmenően csak a helyi önkormányzat által feladatkörében kiadott rendeletben kijelölt területen és feltételek mellett hajtható végre.”

A pilóta nélküli légi járművek légügyi törvényben történő önálló szerepeltetése a törvény 2009. évi módosításával²⁹² vált lehetővé. E módosítást az indokolta, hogy a lakott terület felett, a modellrepültetés a légiközlekedési hatóság engedélyén túlmenően csak a helyi önkormányzat által kijelölt területen és feltételek mellett legyen végrehajtható, azért, hogy az önkormányzat meg tudja hozni a szükséges intézkedéseket a modellrepülés zavaró hatásai ellen.

A fentiek alapján látható, hogy a polgári és az állami légi járművek magyar légtérben történő repülését is szabályozó rendeletben megtalálható osztályozás, a pilóta nélküli légi jármű kategóriáját nem ismeri, pedig szükségzerű lenne ennek a pilótával irányítottól való megkülönböztetése. Ezen kívül indokolt volna – például a személyzet nélküli szabad ballonokhoz²⁹³ hasonlóan –, külön függelékben rögzíteni az UAV-k osztályozását, általános üzemeltetési szabályait, a felszerelésükkel kapcsolatos követelményeket stb.

A polgári célú légiközlekedés bár nem különbözteti meg a pilóta nélküli légi járművek repülését a személyzettel rendelkezőétől, addig az állami célú légiközlekedésben – a teljesség igénye nélkül – önálló (sui generis) repülési szabályok megalkotására került sor. Az UAV, mint speciális repülőeszköz felbukkanásának csírái az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól szóló 3/2006. (II. 2.) HM rendeletben jelennek meg, ahol a jogalkotó kezdetleges jelleggel határozza meg a személyzet nélküli légi jármű fogalmát. A jogszabályi megfogalmazás alapján²⁹⁴ az UAV olyan légi jármű, amely az indítás módjától függetlenül, repülését a fedélzeten tartózkodó személyzet nélkül hajtja végre, újra felhasználható, és lehet távirányított vagy autonóm.

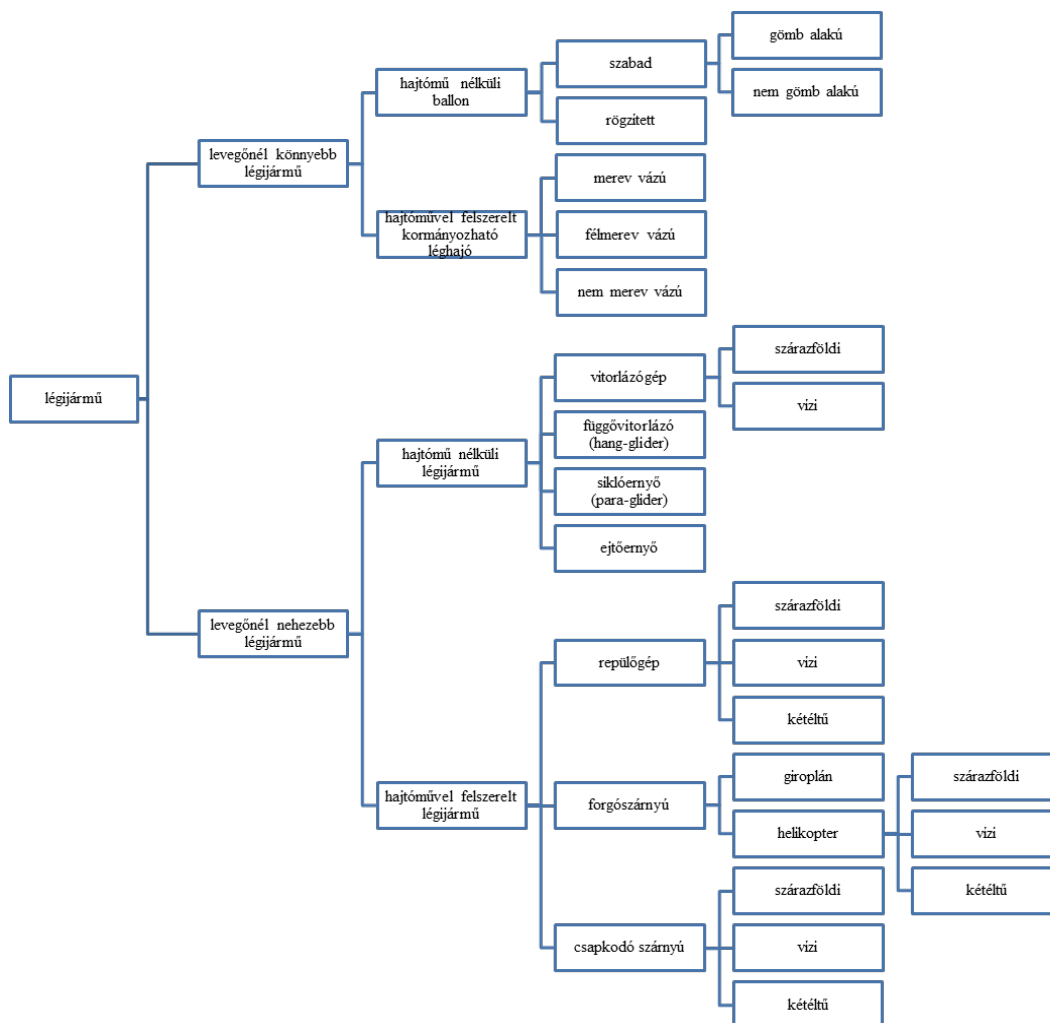
²⁹¹ Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Hermes_900.jpg; (2013.05.30)

²⁹² 2009. évi CXLVII. törvény 3. §

²⁹³ 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet mellékletének „D” Függeléke

²⁹⁴ 3/2006. (II. 2.) HM rendelet 84. § 50. pont

A hatályos magyar légi jog, a légi járműveket az alábbiak szerint osztályozza²⁹⁵ (5.4. ábra):



5.4. ábra A légi járművek osztályozása

A rendeletben meghatározták a személyzet nélküli légi járművek repüléseinek alapvető szabályait, melyek mindenképpen kiegészítendőek:

„33. § (1) Budapest FIR-ben SZNL-lel csak az állami repülések céljára kijelölt légterekben (eseti légtér, időszakosan korlátozott légtér, MTMA, MCTR) az illetékes légiforgalmi irányító egységhez eljuttatott terv alapján lehet repülni.

(2) A légtérben az SZNL-t a többi légi járműtől IFR szerint kell elkülöníteni. A térbeli elkülönítés mértéke a légi jármű vezető által vezetett légi jármű esetén alkalmazott érték kétszerese.

(3) Az SZNL-t olyan berendezéssel kell ellátni, amely az irányítás végleges megszakadása esetén a hajtóművet (motort) leállítja és a biztonságos földetérést lehetővé teszi.”

5.1.3 Lajstrom/Nyilvántartás és azonosító jelzések

Nagyon fontos, hogy – a személygépjárművekhez hasonlóan – a légi járművek teljes életútját is nyomon lehessen követni. Ezt szolgálja a polgári légi járművek esetében a Magyar Állami Légi Jármű Lajstrom, állami légi jármű esetén a Magyar Állami Légi Jármű Nyilvántartás, melyek a légi jármű adatait és az ahhoz fűződő jogokat igazoló, közhiteles nyilvántartások. A lajstromozás, illetve a nyilvántartás azért nagyon fontos jogi aktus, mert ahhoz különböző joghatások fűződnek.

²⁹⁵ 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet mellékletének „J” Függeléke

A nemzetközi szabályokkal összhangban vannak olyan polgári légi járművek, melyekre a lajstromozási kötelezettség nem vonatkozik²⁹⁶, esetükben a légiközlekedési hatóság nyilvántartást vezet.²⁹⁷ Ez a megkülönböztetett szerep azért indokolt, mert ezen eszközök jellegüknél fogva a nemzetközi repülésben általában nem vesznek részt, valamint a méretük, és a komplexitásuk miatt – az európai joggal összhangban – nem indokolt a többi légi járművel megegyező szintű követelmények alkalmazása.

Az állami légi járművek nyilvántartásának szabályait és jelzéseit a honvédelmi miniszter az állami légi járművek nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus- és légi alkalmasságáról szóló 21/1998. (XII. 21.) HM rendeletben állapítja meg, mely a pilóta nélküli légi járművek kategóriáját nem különbözteti meg, így a klasszikus légi jármű nyilvántartására vonatkozó szabályok a pilóta nélküli légi járművekre is alkalmazandóak.



5.5. kép A Bora UAV felszállás előtt²⁹⁸

A polgári és az állami légi járművek felségjele a piros-fehér-zöld színjelzés. Ezen túl, a polgári légi jármű lajstromjelet²⁹⁹, míg az állami légi jármű fedélzeti azonosító jelet visel.

Figyelemmel arra, hogy a törvényi felhatalmazás ellenére a repülőmodellek, a repülőeszközök körét és engedélyezésük részletes szabályait, valamint a lajstromozásra nem kötelezett légi járművel folytatott repülések, és az azokkal összefüggő tevékenységek végrehajtásának szabályait meghatározó rendeletek nem születtek meg, ez, ha joghézagot nem is, de jogbizonytalanságot mindenképpen eredményez. Az állami légi járművek közül ez a rendelet kizárólag az ejtőernyőre határoz meg eltérő szabályokat a jelzéseket illetően, holott a pilóta nélküli légi járműveken – a méretük miatt – nehezebb a felségjelzés és a fedélzeti azonosító jel feltüntetése, tehát indokolt az UAV-kra is a speciális szabályok kidolgozása.

5.1.4 Repülőtérén vagy leszállóhelyen történő leszállás

A fentiekben említettem, hogy az Lt. előírásai alapján a lajstromozásra nem kötelezett légi járművel folytatott repülések, és azokkal összefüggő tevékenységek végrehajtásának szabályait a nemzeti fejlesztési miniszter rendeletben határozza meg, de ilyen rendelet a mai napig nem született. Nem találhatjuk meg továbbá az Lt. 6. § (5) bekezdésében említett repülőmodellek és repülőeszközök körének és engedélyezésüknek részletes szabályait tartalmazó jogszabályt sem.

²⁹⁶ Lt. 17. §

²⁹⁷ A Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatal 2012. július 04-én kelt tájékoztatójában tételesen meghatározta a lajstromozásra nem kötelezett légi járművek körét.

²⁹⁸ Forrás: http://www.sikerado.hu/technika/2012/09/29/Nemzetkozi_siker_lehet_a_magyar_talalmany/; (2013.05.28)

²⁹⁹ HA betűcsoport

Az Lt. végrehajtási rendelete, a 141/1995. (XI. 30.) Korm. rendelet azonban előírja³⁰⁰, hogy légi járművel fel- és leszállni bizonyos eseteket kivéve kizárólag repülőtéren vagy leszállóhelyen szabad.

A jogalkotó a kivételeket is taxatív meghatározza:

- állami légi jármű fel- és leszállása;
- baleseti segélynyújtás érdekében szükséges fel- és leszállás;
- a légi jármű tulajdonságai miatt a leszállás helye nem határozható meg;
- a leszállás a biztonság érdekében, veszélyhelyzetben szükséges;
- helikopter fel- és leszállása a kormányrendeletben meghatározott feltételek szerint.



5.6. kép Kis méretű UAV indítása katapultról³⁰¹

A fentiek alapján látható, hogy sajnos nincs különbség a pilóta nélküli légi jármű és a hagyományos ember vezette légi jármű között, és az arányosság követelményének mellőzésével egy meglehetősen szigorú, aránytalan korlátozást alkalmaznak, holott az utóbbi repülőeszközök méreteinek, jellemzőinek figyelembevételével lenne szükséges a fel- és leszállásra igénybe vehető terület kijelölése.

Az arányos, sui generis szabályok megalkotása egyrészt azért is szükségszerű, mert a magyarországi repülőtereket a rajta lévő infrastruktúrával együtt nem a pilóta nélküli légi járművek repülésének fogadására tervezeték. Ezek az ehhez szükséges felszereléssel és személyi állománnyal nem rendelkeznek. Ezen kívül az itt dolgozó üzemeltetők, valamint irányítók nem ismerik az UAV-k gurulással, földi mozgással, parkolással, illetve tárolással kapcsolatos képességeit és követelményeit. Az integrált repülések megvalósításához ezért mindenképpen indokolt megvizsgálni a repülőter kialakításával, illetőleg átalakításával kapcsolatos „UAV specifikus” megfontolásokat.

Fontos a repülőterek biztonságos használata céljából külön jogszabályban meghatározott szolgáltatások, illetve távközlő-, rádió-, navigációs-, fénytechnikai berendezések felállítása, és működtetése, melyet a jogalkotó exemplifikatív jelleggel határoz meg. Ilyen szolgálat különösen:

- légiforgalmi-;
- repülőteri koordinációs-;
- repülésmeteorológiai-;
- tűzoltó-;
- mentő-;
- elsősegélynyújtó-;
- repülő-egészségügyi-;
- műszaki-mentő-;

³⁰⁰ 22. § (1) bekezdés

³⁰¹ Forrás: <http://www.wake-eng.com> (2015.06.13)

- rendőri-;
- repülésvédelmi-;
- közegészségügyi- stb.

5.1.5 Műszaki alkalmasság

A pilóta nélküli légi járművek számának növekedése miatt nem csak a légtérbe való integrálásukat kell megoldani, hanem a műszaki alkalmasságuk biztonságosabbá tételét is, melyet a típusalkalmassági-, illetve az egyedi légi alkalmassági bizonyítvány igazol. A hatályos szabályozás alapján a légi jármű, beleértve az UAV-t is, abban az esetben tartható üzemben, ha olyan típushoz tartozik, amelyre az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség³⁰², vagy a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatala típusalkalmassági bizonyítványt állított ki, igazolva, hogy annak, illetve a légiközlekedéssel kapcsolatos eszköznek a típusa megfelel a légiközlekedés biztonsági követelményeinek.

Ezen túl minden légi járműnek egyedi légi alkalmassági bizonyítvánnyal is rendelkeznie kell, amely a rendeltetésszerű használatra való alkalmasságát bizonyítja. A légi alkalmassági bizonyítvány, hatóság általi kibocsátásának feltétele egyrészt, hogy a repülőeszköz megfeleljen a típusalkalmassági bizonyítványban jóváhagyott títustervnek, másrészt, hogy a biztonságos üzemeltetés érdekében megfelelő állapotban legyen.

A polgári és az állami repülőgépekre eltérő szakmai szabályok vonatkoznak: a polgáriak légi alkalmassági követelményeit és a vizsgálat rendjét a nemzeti fejlesztési miniszter, a polgári légi járművek típus- és légi alkalmasságáról szóló 63/2001. (XII. 23.) KöViM rendelet szabályozza, míg az államiak esetében azt a nyilvántartásokról, gyártásokról és javításokról, valamint a típus- és légi alkalmasságokról szóló 21/1998. (XII. 1.) HM rendelet tartalmazza.

A jelenlegi szabályok alapján a pilóta nélküli légi járművek légi alkalmassági felülvizsgálata hatósági engedélyhez kötött, azonban megfontolásra javasolt a légi alkalmasságukhoz szükséges feltételek, üzemeltető által történő kötelező biztosítása.



5.7. kép A Holland HighEye cég HEF 80T típusú VTOL UAV-ja³⁰³

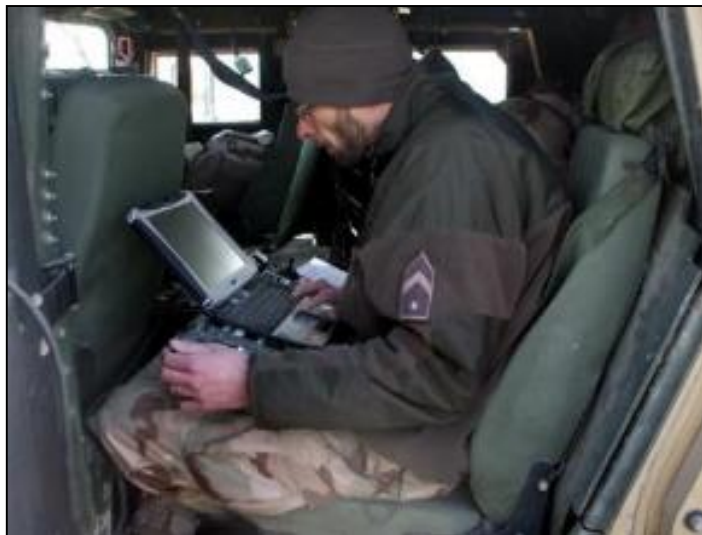
5.1.6 A pilóta nélküli légi jármű szakszemélyzete

A repüléshez elengedhetetlen a szakképzett légiközlekedési szakszemélyzet, akik a hatályos légügyi törvény szerint olyan, a légiközlekedési vagy légiközlekedéssel összefüggő tevékenységet folytató személyek, akik tevékenysége a légiközlekedés biztonságát befolyásolhatja. Így annak minősülnek például a léginavigációs szolgálatok felelős légiforgalmi irányítói, a légi jármű vezetését végző repülőhajózók (légi jármű-vezetők és más személyzeti tagok, pl. rádiósok, fedélzeti mérnökök stb.), a légi jármű földi üzemeltetési feladatait ellátó repülőműszaki földi szakszemélyzetek.

³⁰² EASA

³⁰³ Forrás: <http://www.ursus-airborne.com/Content/Uploaded/heli1.jpg>; (2015.06.13)

A személygépjárművek vezetéséhez hasonlóan, a légi járművek vezetéséhez is szükség van egy hatósági engedélyre, amely a rendeltetésszerű szakszolgálati tevékenység ellátásához feltétlenül szükséges. Ez a dokumentum bizonyítja a szakszemélyzetek magas szintű szaktudását, és megfelelő egészségi állapotának fenntartását, valamint azt, hogy a légi jármű vezetője, illetve a szakszemélyzet tagja az adott tevékenység ellátására szakmailag, továbbá egészségügyi és közbiztonsági szempontból is alkalmas³⁰⁴.



5.8. kép Az izraeli gyártmányú Skylark I LE SUAV kezelője³⁰⁵

A szakszolgálati engedélyek kibocsátásához szükséges szakmai feltételeket az állami és a polgári célú légi közlekedésben az alábbi tárcarendeletek írják elő:

- az állami célú légi közlekedés szakszemélyzetének szakszolgálati engedélyeiről szóló 16/1998. (X. 28.) HM-EüM együttes rendelet;
- a légi közlekedési szakszemélyzet szakszolgálati engedélyeiről szóló 5/2001. (II. 6.) KöViM rendelet;
- a hajózó személyzet képzéséről és szakszolgálati engedélyéről szóló 32/2009. (VI. 30.) KHEM rendelet;
- a polgári repülés hajózó személyzete egyes tagjainak repülési idejéről szóló 44/2009. (IX. 4.) KHEM rendelet;
- a léginavigációs szolgálatot és légiforgalmi szolgáltatást ellátó szakszemélyzet szakszolgálati engedélyéről és képzéséről szóló 17/2008. (IV. 30.) GKM rendelet;
- a légi járművek és légi jármű komponensek karbantartásának személyi jogosításairól és képzési követelményeiről szóló 13/2012. (III. 6.) NFM rendelet.

Megítélésem szerint a pilóta nélküli légi járművek irányításához nem szükséges a szakszolgálati engedélyezési rendszer alkalmazása, elegendő egy légi közlekedési hatósági engedéllyel rendelkező képzési szervezetnél szervezett szakmai tanfolyam elvégzése. A rendeleti szinten kibocsátott szabályozásban előírt képzési követelményrendszer alapján biztosítható a pilóta nélküli légi jármű vezetőjének, a biztonságos repüléshez szükséges ismeretek megszerzése.

Mint az előzőekből kiderül, a légi jármű üzemeltetéséhez nemcsak az előírt szakmai tudásra, hanem megfelelő egészségi állapotra is szükség van. Az UAV-kezelők esetében a jogszabály nem írja elő sem külön, erre a tevékenységre vonatkozó szakszolgálati engedély meglétének szükségességét, sem külön repülőegészségi alkalmasságot. Az arányosság követelményének teljesülése érdekében semmiképpen nem tartom célszerűnek a szigorúbb repülőegészségi alkalmassági vizsgálat előírását.

³⁰⁴ Lt. 53. § (1) bekezdés

³⁰⁵ Forrás: <http://www.honvedelem.hu/cikk/33277>

5.1.7 Légiközlekedési események

A repülés során törekedni kell a biztonságra, ennek ellenére egyes esetekben elkerülhetetlen valamilyen légiközlekedési esemény³⁰⁶ bekövetkezése. Ebben az esetben, – az Lt.-ben foglaltak szerint – ha a repülés tartama alatt Magyarország területén vagy légterében az ilyen légi jármű veszélyezteti vagy veszélyeztetheti a légiközlekedés biztonságát, az egyéb vizsgálatoktól független szakmai vizsgálatot is le kell folytatni, de a légiközlekedési rendellenességet is szakmai vizsgálat keretében lehet vizsgálni. Ezeket a Közlekedésbiztonsági Szervezet folytatja le, melynek keretében megpróbálja felderíteni a légiközlekedési esemény bekövetkezésének okait, és tisztázni körülményeit. Nagyon fontos hangsúlyozni, hogy e vizsgálatoknak nem célja a vétkesség, a felelősség megállapítása.

A technikai fejlődés igényli az UAV-k repülése tartamának meghatározását. E definíció beépítésével a törvény különösen azt teszi egyértelművé, hogy az általuk okozott légiközlekedési balesetek szakmai vizsgálata is a közlekedésbiztonsági szerv kompetenciájába tartozik.

A jogalkotó a normaszövegben általában nem tesz különbséget a pilóta vezette és az anélküli légi jármű között, a szakmai vizsgálat alapvető szabályait tartalmazó törvényben³⁰⁷ külön nevesíti az utóbbit „vezető nélküli, repülésre alkalmas légi jármű”-ként. Az ezzel bekövetkezett légiközlekedési esemény esetén is kötelező tehát a szakmai vizsgálat lefolytatása.

A Kbt. – az Lt.-hez hasonlóan – csak keretjellegű szabályozás, ezért annak rendelkezéseit a végrehajtási rendeleteivel együtt kell alkalmazni:

A polgári célú légiközlekedésben bekövetkezett események szakmai vizsgálatát az erről szóló 123/2005. (XII. 29.) GKM rendelet szerint kell lefolytatni, amelyben a pilóta nélküli légi járműre vonatkozó külön szabályok nem találhatók, az eljárást az általánosan előírt szakmai protokoll alapján kell elvégezni. Nincs ez másként az állami repülés esetén sem.

A kizárólag állami légi járművel bekövetkezett légiközlekedési balesetek, repülőesemények és légiközlekedési rendellenességek szakmai vizsgálatának részletes szabályairól, valamint az ezekkel összefüggő üzemeltetési vizsgálat szabályairól szóló 35/2008. (XII. 5.) KHEM–HM–IRM együttes rendelet szerint is a hagyományos légi járművekre vonatkozó eljárási szabályokat kell alkalmazni. Megítélésem szerint szakmailag nem indokolt külön szakmai protokoll, eljárásrend előírása az UAV-kre.

5.1.8 A légiközlekedési kötelező felelősségbiztosítás

Magyarország Európai Unióban fennálló tagságából adódó kötelezettségeinek folyamatos végrehajtása, és a tagállamokban kiépülő egységes, határokon átnyúló rendszerekbe való megfelelő integrációja, valamint az egyes légiközlekedési nemzetközi szervezetek előírásainak átültetése érdekében az Lt. és végrehajtási rendeleteinek folyamatos felülvizsgálata és korszerűsítése szükséges.

Bár a pilóta nélküli légi járművek többségének mérete a hagyományos légi járművektől jóval kisebb, ezekkel is jelentős károkat lehet okozni, amiért a kezelő személyzet, és/vagy üzemeltető felelősséggel tartozik. A légiközlekedéssel kapcsolatos tevékenységek – így a pilóta nélküli légi járművek működtetése is –, veszélyes üzem jellegére tekintettel érdemes meggondolni azt, hogy a kötelező felelősségbiztosítás megkötését szélesebb körre írják elő, azaz a nagyobb méretű pilóta nélküli légi járművek kezelői, üzemeltetői részére engedély csak akkor adható ki, ha megfelelő felelősségbiztosítási fedezettel rendelkeznek. Fontos lenne továbbá rögzíteni, hogy bizonyos méretet követően az engedély kiadásának feltétele a felelősségbiztosítás megléte.

³⁰⁶ Légiközlekedési baleset, repülőesemény, légiközlekedési rendellenesség

³⁰⁷ A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény (a továbbiakban: Kbt.)

A pilóta nélküli légi jármű kezelői tevékenység ellátásával összefüggésben a biztosítási fedezetnek legalább halálesetre, testi sérülésre és vagyoni kárra kell kiterjednie. Természetesen a felelősségbiztosítási összeghatárokat a pilóta nélküli légi járművek maximális felszálló tömege függvényében indokolt meghatározni.

5.2 A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK ALKALMAZÁSÁNAK SZABÁLYOZÁSA A NEMZETKÖZI JOGBAN

Ez a rész, a nemzetközi légiközlekedési jogot mutatja be. A nemzetközi jog³⁰⁸ rendelkezései mind az európai, mind pedig a magyar légiközlekedési jogra jelentős hatást gyakorolnak, mely nem közvetlenül, hanem az egyes jogrendszerek szűrőjén keresztül közvetett módon érvényesül, és feltételezi az egyes jogrendszerek megelőző ismertetését. A repülés, nemzetközi jogban történő szabályozásának gyökerei még az elmúlt századra, a polgári légiközlekedés kezdeteire vezethetők vissza, és korai rendelkezései alapvetően a repülés határokon átívelő jellegéből következtek. A légi jog azóta folyamatosan a nemzetközi jog részét képezi. A légiközlekedéshez azonban számos nemzetgazdasági, ezen belül állami célú változathoz nemzetbiztonsági, honvédelmi érdekek is fűződnek, ezért a nemzetközi jogban elfogadottak alkalmazása nem mindig volt zökkenőmentes.

Mind Magyarország, mind az Európai Unió több, a légiközlekedési szabályozást érintő nemzetközi szervezetnek a tagja, illetve nemzetközi szerződésnek részese, ezért érdemes nagyon röviden áttekinteni a legfontosabb nemzetközi légiközlekedési szervezetek pilóta nélküli légi járművekre vonatkozó rendelkezéseit.

A nemzetközi jog területén a légiközlekedési jog fejlődését alapvetően többnyire speciális, nem kormányzati szervezetek³⁰⁹ befolyásolják, melyek közül a jelentősebbek:

- Nemzetközi Légiközlekedési Bizottság (CINA³¹⁰);
- Európai Polgári Repülési Konferencia (ECAC³¹¹);
- Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO);
- Európai Szervezet a Légiközlekedés Biztonságáért (EUROCONTROL³¹²);
- Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (EASA³¹³);
- Európai Védelmi Ügynökség (EDA³¹⁴).

5.2.1 Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO)

A Chicagói Egyezmény hatálybalépését követően megalakult az ENSZ³¹⁵ egyik szakosított intézményeként az ICAO, mely működését Montrealban, 1947 áprilisában kezdte meg. Az ICAO központi szerepet játszik a globális interoperabilitásban és a harmonizációban, a szabályozó koncepció kidolgozásában, a pilóta nélküli légi jármű rendszer szabványok és ajánlott eljárások kidolgozásának koordinálásában, a technikai leírások más testületek által történő kidolgozásának elősegítésében, valamint az UAV-rendszer tevékenységéhez szükséges kommunikációs követelmények azonosításában.

³⁰⁸ Az európai jog a nemzetközi jogtól különböző, autonóm jogterületnek tekinthető, ezért a nemzetközi jogforrások között nem jeleníthető meg.

³⁰⁹ Ún. NGO (Non-governmental Organisations) kormányoktól független szervezetek.

³¹⁰ Comité Internationale de la Navigation Aérienne

³¹¹ European Civil Aviation Conference

³¹² European Organisation for the Safety of Air Navigation

³¹³ European Aviation Safety Agency

³¹⁴ European Defence Agency

³¹⁵ Egyesült Nemzetek Szervezete

A Chicagói Egyezmény 8. cikkelye külön rendelkezik a pilóta nélküli légi járművekről, amelyben ezeket „pilóta nélkül repülő légi jármű”-ként határozza meg, azaz a kifejezés arra a helyzetre vonatkozik, amikor a repülés a pilóta fedélzeti jelenléte nélkül valósul meg.

„Olyan légi jármű, amely pilóta nélküli repülésre alkalmas, a Szerződő Államok területe fölött pilóta nélkül az illető Állam külön engedélyével és az engedély feltételeinek megfelelően repülhet. A Szerződő Államok kötelezettséget vállalnak a pilóta nélküli légi járműveknek a polgári légi járművek számára nyitva álló körzetekben történő olyan ellenőrzésére, amely a polgári légi járművek zavartalan közlekedését biztosítja.”

Mint tudjuk, az ICAO igen széles körű és sokoldalú tevékenységet folytat a polgári repülés területén, ezért e célból számos kiadványt, illetve dokumentumot bocsát ki (pl. a SARPs³¹⁶, a PANS³¹⁷, a Manuals³¹⁸, a Circulars³¹⁹, az ASBU³²⁰ stb.)

A pilóta nélküli légi járművekre vonatkozó, egyik meghatározó dokumentum az ICAO Cir 328 – Unmanned Aircraft Systems (UAS) körlevél, mely az ezek alkalmazásával összefüggő alapelveket rögzíti, és egy átfogó szabályozás létrehozását kíséri meg, valamint áthidaló megoldást próbál nyújtani a minősítési eljárások európai elfogadásának és szabványosításának elősegítésére. E keretrendszer fő célja a lehető legmagasabb szintű egységes biztonsági szint megteremtése és megőrzése, ami azt jelenti, hogy biztosítják az összes többi légtérhasználó, valamint a földön található emberek és tárgyak biztonságát.

A Chicagói Egyezmény rendelkezései alapján a legfontosabb alapelvek:

- az ICAO államoknak bizonyos körülmények között joguk van erre kijelölt repülőtéren leszállásra bírni a területük fölött átrepülő polgári légi járműveket, ezért a pilóta nélküli légi járművek pilótájának (kezelőjének, operátorának) képesnek kell lennie végrehajtani az állam által kiadott utasításokat és az állam kérésére kitérni a kijelölt repülőterre. Az ilyen vizuális eszközökkel kiadott utasítások végrehajtásának követelménye jelentős igényeket támaszthat az UAV-k észlelőrendszereinek nemzetközi repülő műveletekhez történő minősítésével szemben;
- a pilóta nélküli légi jármű pilótájának jelenléte elengedhetetlen e rendszerek más polgári légi járművek közelében történő üzemeltetéséhez;
- a gépparancsnok a repülés szabályait betartva felel a légi jármű működtetéséért. Amíg ő a gépparancsnok, ez kiterjed a légi járművel kapcsolatos végső döntéshozatalra, mely független attól, hogy a légi jármű fedélzetén foglal-e helyet, vagy azon kívül;
- a pilóta nélküli légi járművek műveleteinek során előfordulhat a vezetés és az ahhoz kapcsolódó felelősségi körök átadása a légi jármű repülése közben, ugyanis az UAV-k pilótái (kezelői) lehetnek ugyanott, vagy egymástól több ezer kilométerre;
- a szerződő államok változatlanul szabadon döntenek arról, hogy engedélyezik-e polgári pilóta nélküli légi járművek műveleteit kijelölt repülőtereken, feltéve, hogy semmiféle diszkriminációt nem alkalmaznak a nemzeti és a külföldi lajstromszámú légi járművek között;
- a Chicagói Egyezmény 29. cikkelyében előírtak értelmében a szerződő államok minden nemzetközi légitforgalomban résztvevő légi járművének fedélzetén ott kell lenniük a meghatározott dokumentumoknak. A pilóta nélküli légi járművek esetében az eredeti nyomtatványok jelenléte a fedélzeten nem praktikus, ezért megfontolandó e dokumen-

³¹⁶ The Standards and Recommended Practices – Szabványok és Ajánlott Gyakorlatok

³¹⁷ Procedures for Air Navigation Services – Eljárási szabályok

³¹⁸ Kézikönyvek

³¹⁹ Repülési és technikai körözüvények

³²⁰ Aviation System Block Upgrades

tumok elektronikus példányainak használata;

- a légialkalmassági bizonyítványra vonatkozó cikkely ugyanúgy vonatkozik a nemzetközi légiforgalomban részt vevő pilóta nélküli légi járművekre is, azonban lehetnek különbségek a légialkalmasság meghatározásában;
- a polgári repülési rendszer épségének és biztonságának garantálása érdekében a pilóta nélküli légi járművek személyzete tagjainak megfelelő kiképzéssel, végzettséggel és a szükséges jogosítványokkal, vagy kompetenciájukat tanúsító bizonyítványokkal kell rendelkezniük;
- jelentős különbségek vannak a pilóta nélküli légi jármű rendszerek bizonyítványainak megítélésében. Az ICAO államoknak, a pilóta nélküli légi járművekre vonatkozó bizonyítványok kölcsönös elismerését elősegítő nemzeti szabályozókat kell kidolgozniuk, biztosítva ezáltal az eszközöket az új típusú és kategóriájú légi járművek területük felett történő átrepülésének engedélyezéséhez.

5.2.2 Európai Szervezet a Légiközlekedés Biztonságáért (EUROCONTROL)

Az 1960. december 13-ai Légiközlekedés biztonságáért való együttműködésre vonatkozó EUROCONTROL nemzetközi egyezményrel, létrehozták az EUROCONTROL kormányközi szervezetet, melynek az Európai Unió, és 1992 óta – a Közép-kelet európai térségből elsőként – Magyarország is tagja.

Az EUROCONTROL létrehozta a műveleti repüléseket végrehajtó pilóta nélküli repülőgépekkel foglalkozó munkacsoportot³²¹, hogy kidolgozza a légiforgalom szervezés tervezetét az elkülönített légtéren kívül műveleti repüléseket végrehajtó katonai UAV-k számára. Utóbbiak nem-elkülönített légtérben végrehajtott műveleteire vonatkozóan nincsenek egész Európára érvényes hatályos szabályozók, valamint a meglévő nemzetiak sem segítik elő rendszeres repülési tevékenységüket. Az EUROCONTROL előírások csak a műveleti repüléseket³²² elkülönített légtéren kívül végrehajtó katonai UAV-k légiforgalom-szervezési kérdéseire vonatkoznak. A munkacsoport a szervezet „Szabályozói és Tanácsadói Keretrendszeréből” az „előírások” kategóriát választotta, mivel ezek jogi kötőerejének hiánya miatt az egyes államok maguk dönthetik el, hogy a rendelkezéseket beépítik-e a saját nemzeti szabályozóikba. Ezen megfontolásból az előírások megfogalmazása magas szinten és általános formában történt. Fontos, hogy az „előírások” nem kötelező érvényűek, továbbá nemcsak az EUROCONTROL, hanem más szervezetek is kidolgozhatnak ilyen jellegű szabályozókat. Ennek megfelelően az egyes országok szabadon dönthetnek arról, hogy ezeket beépítik-e saját, nemzeti jogrendszerükbe.

Az országoknak, az EUROCONTROL előírásainak a nemzeti szabályozókba történő beillesztése során be kell építeniük egy biztonságfigyelő programot azért, hogy biztosítsák, a katonai UAV-ok nem-elkülönített légtérben végrehajtott műveletei elfogadható biztonsági szinten maradjanak. Az EUROCONTROL előírásaihoz adaptálható, létező nemzeti eljárások nincsenek, ezért a szervezet által megfogalmazott előírások három alapvető elven alapulnak:

1. a pilóta nélküli légi járművek által végrehajtott műveletek nem jelenthetnek fokozott kockázatot a többi légtérhasználó számára;
2. a pilóta nélküli légi járművek légiforgalom-szervezésének meg kell felelnie az ember által vezetett légi járműveknél használatosaknak;
3. az UAV-knek nyújtandó légiforgalmi szolgáltatásoka légiforgalmi irányítók számára világosak, átláthatóak legyenek.

³²¹ UAV-OAT munkacsoport

³²² OAT repülések

Az EUROCONTROL által javasolt legfontosabb előírások:

- légiforgalom-szervezési célból a pilóta nélküli légi járművek fő üzemmódjának elengedhetetlen része a repülőeszköz pilótájának (kezelőjének) folyamatos jelenléte. A pilóta bármely pillanatban legyen képes beavatkozni a repülés irányításába. A tartalék üzemmód biztosítsa, hogy a repülőgép visszatérjen önálló repülésre abban az esetben, ha teljesen megszűnik az irányítási adatkapcsolat a pilóta (kezelő) és a repülőeszköz között, és óvja a többi légtérhasználó biztonságát;
- a pilóta nélküli légi járművek feleljenek meg a VFR³²³ és IFR³²⁴ szabályoknak, mivel az UAV repülések hatással vannak az OAT repüléseket végrehajtó pilóta által vezetett repülőgépek működésére. VFR repülés esetén a pilótának értékelni kell tudnia a meteorológiai körülményeket repülés közben;
- a pilóta nélküli légi járművek ugyanúgy tartsák be az elsőbbségre vonatkozó szabályokat, mint ahogyan a többi légtérhasználó;
- az ellenőrzött légtérben IFR műveleti repülést végrehajtó UAV számára a más légtérhasználóktól történő elkülönítés elsődleges eszköze a légiforgalmi irányítói utasítások betartása, azonban más módon is szükséges biztosítani az ismeretlen repülőeszközzel történő összeütközés elkerülését;
- légiforgalmi szolgáltatás igénybevétele során a pilóta nélküli légi jármű irányítója folyamatosan ellenőrizze a jóváhagyott repülési terv betartását;
- az UAV-k irányítói ismerjék részletesen saját repülőgépük teljesítményjellemzőit. A légiforgalmi irányítók ezek közül csak azokat ismerjék, amelyek az irányításuk alatt álló többi, forgalommal való koordináláshoz szükségesek;
- a pilóta nélküli légi járművek az ember által vezetett repülőgépeken megköveteltekhez hasonló repülési, navigációs és kommunikációs funkcionális képességekkel rendelkezzenek;
- a repülőeszköz pilótája rendelkezzen egy független kommunikációs eszközzel (pl.: telefonnal), amelyen keresztül tartani tudja a kapcsolatot a légiforgalmi irányítóval, ha a normál összeköttetés megszakad közöttük;
- az UAV-k repüléseire vonatkozó időjárás- és időjárási minimumokat az egyes pilóta nélküli légi jármű rendszerek berendezéseinek és azok képességeinek, a pilóta képzettségi fokának, a repülési szabályoknak, amelyek szerint a repülést végre fogják hajtani, valamint annak a légtér kategóriájának figyelembe vételével kell meghatározni, amelyben a repülést végrehajtják.

5.2.3 Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (EASA)

Az Európai Repülésbiztonsági Ügynökséget a polgári repülés területén a közös szabályokról és az e szervezet létrehozásáról szóló 1592/2002/EK (2002. július 15.) európai parlamenti és tanácsi rendelet állította fel, melynek feladatai különösen a repüléstechnikai termékek, alkatrészek és berendezések légialkalmassági és környezetvédelmi bizonyítványaira, valamint később a légi járművek üzemeltetésére, a légi jármű-vezetők szakszolgálati engedélyeire és harmadik országok légi járműveinek biztonságára irányulnak.

Az EASA Alap- és Végrehajtási Szabályzatának hatálya sem az állami légi járművekre (katonai, vám, rendőrségi, kutató-mentő, tűzoltó, parti őrség vagy hasonló tevékenységeket és szolgálatokat ellátó légi járművekre), sem bizonyos kategóriájú polgári repülőeszközökre nem terjed ki.

³²³ Látvarepülési szabályok

³²⁴ Műszer szerinti repülési szabályok

A szabályzatok hatálya alól mentesülő légi járműveket az EASA Alapszabályzata sorolja fel, melyek az alábbiak:

- kifejezetten kutatási, kísérleti, vagy tudományos célokra tervezettek vagy átalakítottak, amelyeket valószínűleg nagyon korlátozott számban gyártanak;
- volt katonai repülőeszközök;
- 150 kg vagy ennél kisebb műveleti tömegű pilóta nélküli légi járművek.

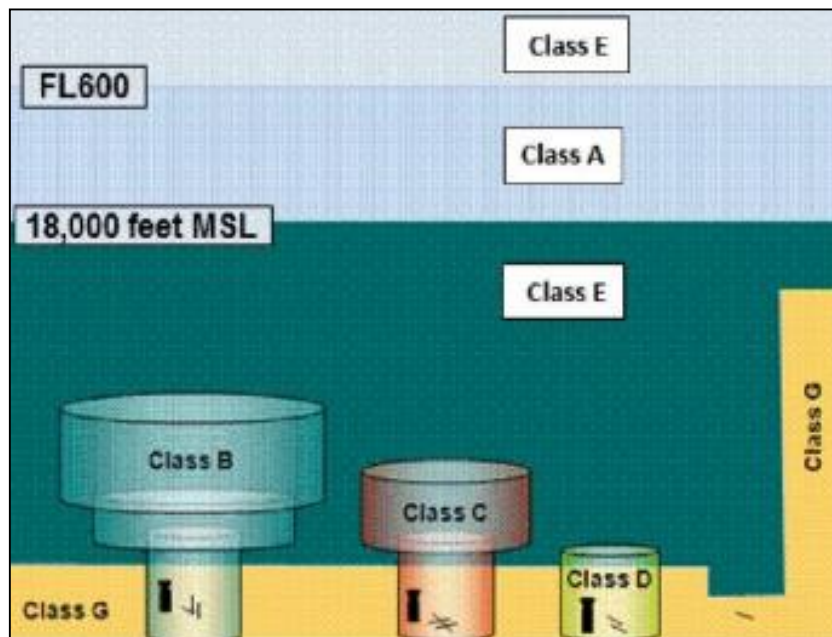
Minden Alapszabályzat és Végrehajtási Szabályzat hatálya alá eső repülőeszköz (pl.: 150 kg-nál nagyobb tömegű, nem kísérleti vagy állami célra használt UAV, az EASA által kibocsátott légi alkalmassági bizonyítvánnyal kell, hogy rendelkezzen.

Minden olyan légi járműre, amelynek nem kell megfelelnie az EASA előírásainak (pl.: állami), a légi alkalmassági minősítés és a folyamatos légi alkalmasság szempontjából a nemzeti szabályozók vonatkoznak.

5.3 SZABÁLYOZÁS AZ EGYES ORSZÁGOKBAN

5.3.1 Amerikai Egyesült Államok

Az Amerikai Egyesült Államokban a jelenleg meglévő pilóta nélküli légi járművek döntő többségét továbbra is a Védelmi Minisztérium üzemelteti, azonban az ipari fejlődés eredményeképpen más állami szervezetek, valamint civil üzemeltetők fokozott mértékben keresik a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának lehetőségét saját céljaik megvalósításának érdekében.



5.14. kép Légtér-osztályok a NAS-en belül³²⁵

Az amerikai Szövetségi Légügyi Hivatal (a továbbiakban: FAA) által kiadott szabályozás³²⁶ az állami és a polgári pilóta nélküli légi járműveknek a Nemzeti Légtér Rendszerbe³²⁷ történő integrálásának elképzelését tartalmazza. Ezen dokumentum alapvetően a légiforgalom-szervezés vonatkozásában vizsgálja a pilóta nélküli repülőeszközök integrációjának lehetőségét. A ConOps

³²⁵ Forrás: Szövetségi Légügyi Hivatal (FAA): A pilótánélküli repülőeszköz rendszerek (UAS) integrációja a Nemzeti Légtér Rendszerbe (NAS). Üzemeltetési Konceptió. 2.0 verzió. (2012.09.28)

³²⁶ ConOps: Concept of Operation – üzemeltetési koncepció

³²⁷ NAS – National Airspace System

szabályozza a Nemzeti Légtér Rendszeren belül valamennyi légtérosztályt, valamint a felszínről végrehajtott és óceán feletti műveleteket. Az 5.14. ábrán láthatóak azok a légtérosztályok, melyekre a dokumentum végig hivatkozik.

A ConOps legfontosabb előírásai a következők:

A polgári pilóta nélküli légijárművek üzemeltetéséhez speciális légialkalmassági engedély kibocsátása szükséges, melynek fajtái: a *különleges repülési engedélyek* és a *kísérleti engedélyek*. Míg az előbbiek az új repülőeszközök teszteléséhez szükségesek, addig az utóbbiakat kutatási célokra, a hajózó személyzetek kiképzésére, valamint a piackutatási tevékenységekhez adják ki.

A kétfajta engedély között a fő különbséget a légialkalmasságot jóváhagyó hatóság jelenti. Az állami pilóta nélküli légijárműveknél az üzemeltető rendelkezik a repülőeszközök légialkalmasságának igazolásával, a polgári üzemeltetők esetében pedig az FAA méri fel az UAV-eket, és adja ki a speciális légialkalmassági engedélyt.

A pilóta nélküli légijárművek számára általában nem engedélyezik a lakott területek fölötti repülést, és általában további korlátozásokat is alkalmaznak, pl.: az időjárási körülmények és a napszak tekintetében is.

Bizonyos helyeken az FAA egy védett folyosót alakít ki, amely biztosítja a pilóta nélküli légijármű számára az átrepülést egy „A” osztályú légtérből egy különleges tevékenységek számára kijelölt légtérbe. Általában egy időben csak egy repülőeszköz tartózkodhat egy engedélyezett műveleti területen. Ahogyan a műveletek időben egyre hosszabbak lesznek és/vagy a légtérnek egyre nagyobb területét fogják használni, a légiforgalmi áramlás-szervezésnek egyre nagyobb lesz a szerepe a stratégiai légtérigazgatásban.

Ha a repülés „A” osztályú, ellenőrzött légtérből, a feladat végrehajtására kijelölt különleges tevékenységek számára meghatározott légtérbe vezető útvonalon történik, a légiforgalmi irányító a szabványos elkülönítési eljárásokat alkalmazza. Ha az átrepülést „E” osztályú légtérben hajtják végre, a légiforgalmi irányító elkülönítési szolgáltatást és forgalmi tájékoztatást biztosít, miközben a kijelölt vizuális megfigyelő feladata, hogy az „észleld és kerüld ki” módszer segítségével védelmet biztosítson a VFR repülőgépekkel szemben.

Közforgalmi repülőtereken vagy repülőterek közelében, „B”, „C”, vagy „D” osztályú légtérben, a pilóta nélküli légijármű műveletek a CAA³²⁸ keretein belül engedélyezettek, ezekre a műveletekre általában kis forgalmi sűrűségű repülőtereken, vagy irányító toronnyal rendelkező katonai repülőtereken kerül sor. A hajózó személyzet az egyes légtérsektorokra megállapított VHF vagy UHF frekvenciákon kommunikál a légiforgalmi irányítóval.

5.3.2. Nagy-Britannia

A Brit Légügyi Hatóság³²⁹ által kiadott 722. Általános Légügyi Irányelvek dokumentum, naprakész iránymutatást ad a Nagy-Britanniában folytatott pilóta nélküli légijármű műveletekre vonatkozóan, melynek célja a rendszerek fejlesztésében résztvevők segítése a minősítés útjának meghatározásában, annak biztosítása érdekében, hogy minden ilyen repülőeszköz rendszert üzemeltető megfeleljen az előírt szabványoknak és eljárásoknak.

A Polgári Légügyi Hivatal – Svédországhoz hasonlóan – azt az alapelvet követi, hogy Nagy-Britannia területén működő UAV-eknek ugyanazon, vagy még szigorúbb biztonsági és működési szabályoknak kell megfelelniük, mint az ember által vezetett repülőgépeknek. Ez jelenleg azt jelenti,

³²⁸ Mentességi vagy Engedélyezési Igazolás

³²⁹ Civil Aviation Authority – CAA (a továbbiakban: Polgári Légügyi Hivatal)

hogy általában az előbbieket csak veszélyes légtereken belül repülhetnek. Kivételes esetekben, ezen kívüli repülés megszervezhető, alapos és körültekintő előzetes tervezéssel, valamint azzal a feltétellel, hogy kizárólag e repülőeszköz használja az ideiglenesen elkülönített légteret.

A dokumentum általános célja, hogy kiemelje azokat a légialkalmassággal és műveleti szabványokkal kapcsolatos biztonsági követelményeket, amelyeknek meg kell felelni, mielőtt egy pilóta nélküli légi jármű rendszer, üzemeltetési engedélyt kap Nagy-Britanniában. Míg jelenleg a vizuális irányítás határain kívüli UAV-rendszer repüléseket elkülönített légterekre korlátozzák, a cél olyan szabályozó keretrendszer kidolgozása, amely lehetővé teszi ezek tevékenységének teljes integrációját a hagyományos légi járművek műveleteivel, az Egyesült Királyság teljes légterében.

Bizonyos pilóta nélküli légi jármű rendszer gyártók és üzemeltetők korlátozott repülési ismereteire figyelemmel, az útmutató általános jellegű. Szükség esetén a Polgári Légügyi Hivatal írásos tanácsokkal egészíti ki a kiadványt. Az irányelv célja, hogy a pilóta nélküli légi jármű rendszereknek legalább olyan biztonsági és üzemeltetési szabványoknak kell megfelelniük, mint a fedélzeten lévő pilótával repülő (hagyományos) légi járműveknek. Így az UAV műveleteknek ugyanolyan biztonságosnak kell lenniük, mint a hagyományos légi járművekkel végrehajtottaknak.

Az útmutató, definiált pilóta nélküli légi jármű rendszerekre vonatkozik, azonban nem foglalkozik a felfegyverzett, UAV-kkal, irányítható fegyverrendszerek³³⁰ használatával. Ugyanígy nem tárgyalja a sport- és szabadidős célokra használt repülőgép modelleket sem, melyekre külön szabályozás irányadó.

Nagy-Britanniában a polgári és a katonai, pilóta nélküli légi járművekre külön szabályozás vonatkozik: a katonai követelményeket a Védelmi Minisztérium határozza meg. Ez alapján katonai légi járműnek minősül minden olyan repülőeszköz, amely a védelmi miniszter minősítése szerint katonaiaként kezelendő.

A brit szabályozás alapján minden, nem katonai légi járműnek a polgári követelményeknek kell megfelelnie, így nincsenek külön rendelkezések a nem katonai, de állami célú repülési feladatokat végrehajtók más fajtáira (pl.: rendőr, kutató-mentő, tűzoltó, parti őrség és hasonló tevékenységeket és szolgáltatásokat ellátók).

A brit jogszabályok lehetővé teszik a hagyományos légi járművek biztonságos és eredményes üzemeltetését minden légtérsztyában. Az UAV-k üzemeltetőinek ugyanazonokon a kereteken belül kell működniük.

A pilóta nélküli légi jármű rendszereknek nincs automatikus légtérhasználati joguk, ha a biztonság nem garantálható, vagy ha műveleteik indokolatlan negatív hatással lennének a többi légtérhasználóra. Az utóbbiakal történő integrálás érdekében az UAV-rendszer üzemeltetőinek gondoskodniuk kell arról, hogy repülőeszközeik bizonyíthatóan ugyanolyan szinten megfeleljenek a szabályoknak és eljárásoknak, mint a hagyományosak.

A pilóta nélküli légi jármű rendszereknek képesnek kell lenniük végrehajtani a légiforgalmi szolgáltató utasításait, és megfelelni a használandó légtér osztályához tartozó felszerelés követelményeinek. Az ATS utasításokat a hagyományos légi járművek végrehajtási idejéhez hasonló kereteken belül kell végrehajtani.

A repülőeszköz szolgáltatóval történő első kapcsolatfelvétel alkalmával minden UAV hívójelének tartalmaznia kell a „pilóta nélküli” kifejezést, hogy a légiforgalmi irányítók biztosan tudatában legyenek annak, hogy ilyen rendszer repülését irányítják. Amennyiben sor kerül részére külön intézkedésre, az irányító légiforgalmi irányító egységgel, alapvető, hogy ezek nem csök-

³³⁰ Pl.: manőverező robotrepülőgépek vagy hasonló, pusztító anyagok célba juttatására tervezett eszközök

kentik a többi légtérhasználó helyzetismeretét.

Az UAV-k elkülönített légtereken kívüli repülésekor a rendszer parancsnokának és/vagy pilótájának folyamatosan figyelemmel kell kísérnie a légijármű teljesítményét és a légiforgalmi szolgáltatóval folytatott valamennyi kommunikációt. Az utóbbi utasításainak gyors végrehajtása érdekében – a hagyományos repülőgépekhez hasonlóan – elengedhetetlen, hogy bármely pillanatban meglegyen az aktív irányítás azonnali átvételének képessége.

A levegőben történő összeütközések elkerülésére Nagy-Britannia nem-elkülönített légtereiben, a pilóta nélküli légijármű rendszer műveleteket a pilóta közvetlen, segédeszköz nélküli vizuális látóhatárán/látótengelyén kívül nem engedélyezik, elfogadható észlelő és elkerülő rendszer nélkül.

5.3.3 Franciaország

A francia szabályozás³³¹ alapján a pilóta nélküli légijárművekkel végrehajtott repülések a franciaországi katonai légiforgalom részét képezik. A szabályozóban foglaltak szerint ezeket időben és/vagy térben el kell különíteni a többi légtérhasználótól, ami korlátozott, ideiglenesen korlátozott, tiltott, ideiglenesen elkülönített, határokon átnyúló, valamint „A”–„D” osztályú légterekben, repülőtéri irányítói és irányítói körzetek meglétét feltételezi. A pilóta nélküli légijárműveknek a meghatározott légtérben kell maradnia, amely magába foglalhatja a munkaterületeket és az indító/leszálló helyeket is, azonban a repülőeszközöknek két munkaterület közötti mozgásához egy folyosóra van szükség, melyet a polgári légiforgalmi hatóságokkal koordinálnak annak érdekében, hogy a légijárművet a más típusú légiforgalomtól elkülönítsék.

5.3.4 Svédország

A Svédországban végrehajtandó UAV műveleteket a Svéd Fegyveres Erők Katonai Repülésbiztonsági Felügyelete által kiadott „2. UAV Eljárásrend (2003. április 08.)” dokumentum szabályozza. A svéd szabályozás szerint az UAV-k nem okozhatnak nagyobb biztonsági kockázatot, mint az ember által vezetett repülőgépek. Ennek megfelelően a 2. és 3. osztályú pilóta nélküli légijármű rendszerek repülése csak elkülönített légtérben engedélyezett, azonban a 4. osztályba tartozókra vonatkozó irányelv elméletileg lehetővé teszi az ebbe besorolt eszközök repülését olyan légtérben is, amely nyitott a polgári légiforgalom számára, feltéve, hogy az egyes légtérosztályokra vonatkozó légiforgalmi szolgálatokkal kapcsolatos követelményeknek megfelelnek. A UAV rendszernek tehát rendelkeznie kell valamennyi olyan rendszerbiztonsági szinttel és funkcionális képességgel, amelyekkel egy hasonló légtérben repülő, ember által vezetett repülőgép rendelkezik.

5.4 KÖVETKEZTETÉSEK

A kulcsfontosságú technológiák tökéletesedésével nyilvánvalóvá vált, hogy a pilóta nélküli légijárműveket nem csak katonai célokra lehet alkalmazni. Ezek használata mellett szól az is, hogy számos szerepkörben alacsonyabb üzemanyag-fogyasztásuk és hosszantartó, ismételt repülésre jobb felhasználhatóságuk miatt hatékonyabbak, mint a hagyományos repülőgépek. Az egységesített előírásoknak megfelelően repülő UAV-k, a hatékony légtérfelhasználásra pozitívan hatnak.

Hazai célunk, hogy a pilóta nélküli légijárműveket a magyar légtérbe integráljuk, nem pedig az, hogy hozzáillesszük. Az integrációhoz szükséges feltétel azon minimum teljesítményszintek és szükséges funkcionális képességek megállapítása, amelyekkel az UAV-knek rendelkezniük kell ahhoz, hogy rendszeresen használhassák a magyar légteret. Mindez jelentősen csökkenti a pilóta

³³¹ 2250. számú DIRCAM utasítás (2004.01.05)

nélküli légi járművek üzemeltetéséhez szükséges külön engedélyek iránti igényt. Ha nem alkalmazzák az előírásokat, az gátolhatja a katonai, pilóta nélküli légi járművek fejlesztésének folytatását, amely negatív hatással lehet egy sor olyan nemzeti és nemzetközi programra, melyeknek célja a hagyományos harci repülőgépek e repülőeszközökkel történő felváltása. Ez kárt okoz az európai iparnak, és azzal a kockázattal jár, hogy az európai haderőknek korszerűtlen harci technikát kell tovább alkalmazniuk.

A hatályos légügyi törvény tág értelmezési lehetőséget kínál, – bár tudomásom szerint jogharmonizációs kötelezettségünk e téren nincs – sőt szükséges a pilóta nélküli légi jármű új fogalmának bevezetése a pontosabb jogalkalmazás, illetve jogértelmezés biztosítására. A cél a törvényi rendelkezések olyan módon való meghatározása, hogy azokat általánosságuknál fogva ne kelljen folyamatosan felülvizsgálni (módosítani), a törvényben következőképpen csak egy általános UAV definíció meghatározása szükséges.

Megfontolásra javasolt az ICAO vagy FAA általános előírásainak hazai jogba való átültetése, illetve implementálása, a pilóta nélküli légi járművekre specifikusan jellemző, engedélyeztetési eljárás jelenlegi nemzetközi szabványokból való adaptálása.

Az UAV-k repülései tehát számos kulcsfontosságú területen új szabályozók megalkotását teszik szükségessé, például az üzemeltető feladatának meghatározását a repülőeszköz más forgalomtól való elkülönítésében, ezért azok alkalmazásához szükséges jogszabályi alap megteremtése érdekében törvényi felhatalmazás szükséges a pilóta nélküli légi járművek üzemeltetési szabályainak miniszteri rendeletben történő meghatározásához.

E repülőeszközökkel történő légiközlekedési tevékenység végzésére jogosító engedélyeket az elsőfokú légiközlekedési hatósági feladatokat ellátó Nemzeti Közlekedési Hatóságnak célszerű kiadnia.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] dr. Angyal Zoltán: Légiközlekedési jog az Európai Unióban HVG ORAC Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2011.
- [2] Dr. Moys Péter: Nemzetközi légi jog. Kézirat Budapest, 2006.
- [3] Federal Aviation Administration: Integration of Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System Concept of Operations, V2.0 2012. szeptember 28.
- [4] Civil Aviation Authority Safety Regulation Group: CAP 722 - Unmanned Aircraft System Operations in UK 2012.
- [5] ICAO Cir 328 Unmanned Aircraft Systems (UAS) Approved by the Secretary General and published under his authority, 2011.
- [6] 1971. évi 25. törvényerejű rendelet a nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény és az annak módosításáról szóló jegyzőkönyvek kihirdetéséről
- [7] 1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről (Lt.)
- [8] 141/1995. (XI. 30.) Korm. rendelet a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény végrehajtásáról
- [9] 2005. évi CLXXXIV. törvény a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb események szakmai vizsgálatáról (Kbvt.)
- [10] 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről
- [11] 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről
- [12] 3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól
- [13] 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légtérében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól
- [14] 7/2009. (VI. 11.) HM rendelet a Magyar Honvédség légvédelmi készenléti repüléseiről
- [15] 21/1998. (XII. 21.) HM rendelet az állami légi járművek nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus- és légi alkalmasságáról

- [16] 32/2001. (IX. 28.) KöViM rendelet a légi járművek lajstromozásának szabályairól
- [17] 63/2001. (XII. 23.) KöViM rendelet a polgári légi járművek típus- és légi alkalmasságáról
- [18] 16/1998. (X. 28.) HM-EüM együttes rendelet az állami célú légi közlekedés szakszemélyzetének szakszolgálati engedélyeiről
- [19] 5/2003. (II.1.) HM rendelet az állami célú légi közlekedés szakszemélyzetének képzéséről
- [20] 5/2001. (II. 6.) KöViM rendelet a légi közlekedési szakszemélyzet szakszolgálati engedélyeiről
- [21] 32/2009. (VI. 30.) KHEM rendelet a hajózó személyzet képzéséről és szakszolgálati engedélyéről
- [22] 44/2009. (IX. 4.) KHEM rendelet a polgári repülés hajózó személyzete egyes tagjainak repülési idejéről
- [23] 17/2008. (IV. 30.) GKM rendelet a léginavigációs szolgálatot és légiforgalmi szolgáltatást ellátó szakszemélyzet szakszolgálati engedélyéről és képzéséről
- [24] 13/2012. (III. 6.) NFM rendelet a légi járművek és légi jármű komponensek karbantartásának személyi jogosításairól és képzési követelményeiről
- [25] 123/2005. (XII. 29.) GKM rendelet a légi közlekedési balesetek, a repülőesemények és a légi közlekedési rendellenességek szakmai vizsgálatának szabályairól
- [26] 35/2008. (XII. 5.) KHEM–HM–IRM együttes rendelet a kizárólag állami légi járművel bekövetkezett légi közlekedési balesetek, repülőesemények és légi közlekedési rendellenességek szakmai vizsgálatának részletes szabályairól, valamint a kizárólag állami légi járművel összefüggő üzembentartói vizsgálat szabályairól
- [27] 39/2001. (III. 5.) Korm. rendelet a légi közlekedési kötelező felelősségbiztosításról
- [28] 1592/2002/EK (2002. július 15.) európai parlamenti és tanácsi rendelet a polgári repülés területén a közös szabályokról és az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség létrehozásáról
- [29] 2004. évi CXL. törvény a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól

6

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁNAK METEOROLÓGIAI ASPEKTUSAI

Felmerül a kérdés, hogy az atmoszféra mindenkori állapota, hogyan befolyásolja az UAV repülésének komplex folyamatát? Elsősorban a repülés dinamikáján keresztül fejt ki hatását, vagy a repüléshez kapcsolódó, de nélkülözhetetlen egyéb feladatok elvégzését gátolhatja inkább? Ahhoz, hogy ezekre a kérdésre válaszolni tudjunk, röviden át kell tekintenünk az UAV repülések fizikai hátterét és a légkör tulajdonságait, szerkezetét. Ezt követően bemutatjuk az általunk fejlesztett meteorológiai támogató rendszer elemeit és alkalmazásának lehetőségeit.

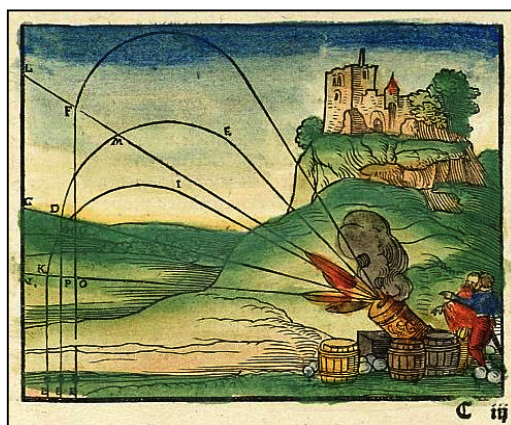
6.1 A REPÜLÉS ÉS AZ ATMOSZFÉRA KAPCSOLATA

6.1.1 A repülési módok rövid áttekintése

Tágabb értelemben egy test olyan elmozdulását, amikor az utat a felszíntől eltávolodva teszi meg két pont között, repülésnek nevezhetjük. Ez a mozgás lehet irányított (kormányzott) vagy – beavatkozás nélküli – irányítatlan (nem kormányzott), egyaránt. Ha aszerint vizsgáljuk a repülési folyamatot, hogy milyen fizikai folyamatokon keresztül valósul meg, az alábbi formáit különböztethetjük meg:

- hajítás;
- légballon (léghajó);
- rakéta és
- merev- vagy forgószárnyas repülés.

Hajítás esetén nyilvánvaló, hogy adott kezdősebesség és szög mellett végrehajtott repülés pályája a Föld esetében minden esetben ballisztikus lesz. Ez a repülési mód – mivel a kezdeti mozgási energiából táplálkozik – nem igényli a légkört, mint közeget, ezért olyan bolygón is működik ahol nincs atmoszféra. Természetesen mozgás közben a test pályája – a legtöbb esetben – nem módosítható (6.1. kép).

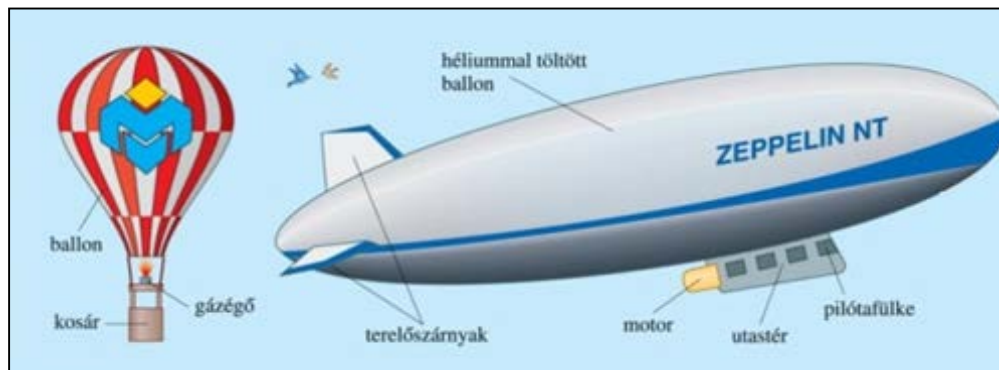


6.1. kép A ferde hajítás, mint a repülés egyik megjelenési formája³³²

³³² Forrás: <http://3.bp.blogspot.com/>-

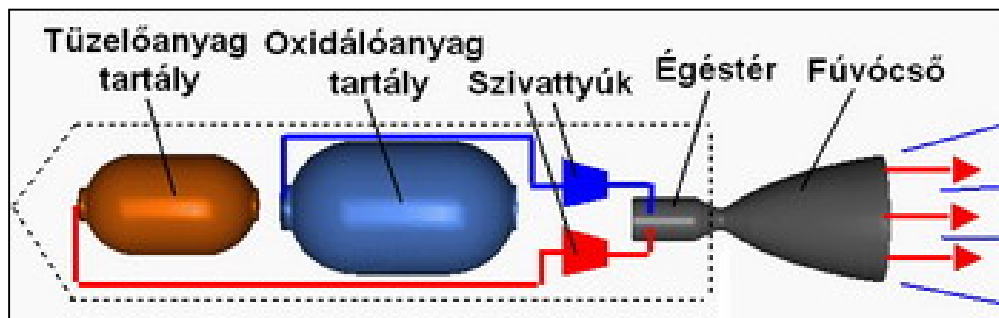
31C3F5PtAes/UHH0FRYEVbI/AAAAAAAADDc/IWldSGE7f0Y/s1600/ferde_haj%C3%ADt%C3%A1s_1547.jpg

A léggalton esetében az Archimedes által leírt fizikai törvény alapján lehetséges a repülés, vagyis az elv az, hogy a ballonban valamilyen módon kisebb sűrűségű gázt kell alkalmazni, mint a környező levegő sűrűsége. Ez lehetséges olyan gáz betöltésével, aminek átlagos molekulatömege jóval kisebb, mint a levegőé (H₂ vagy He a leggyakrabban alkalmazott két gáz. A hidrogén a legkisebb molekulatömegű, olcsóbb, de robbanékony. A He biztonságos, ugyanakkor sajnos drága.). Igen gyakran a légköri levegő felmelegítésével állítják elő és tartják fenn a fentebb leírt sűrűség-különbséget a repüléshez. Ez a mód általában nem, vagy csak korlátozottan teszi lehetővé a kormányozhatóságot (6.2. kép).



6.2. kép A felhajtó-erőn alapuló léggalton és léghajó repülési módok³³³

A rakéta elven történő repülés során a mozgáshoz szükséges energia tüzelőanyag és oxidáló szer elégetéséből származó, nagy sebességű égéstermék által szolgáltatott tolóerőből származik (6.3. kép). A mozgás fizikai alapelve Newton törvényei (hatás-ellenhatás) alapján értelmezhető. Ez a meghajtás, légkörben és légkörön kívül is alkalmazható, valamint a fúvócső mozgatásával a repülőeszköz kormányozható is. Ugyanakkor – különösen a légkörön kívül, orbitális pályán, a precíziós manőverek végrehajtásához – külön gyorsító/fékező hajtómű és reaktív fúvókarendszer beépítése is szükséges. A mozgó tömeg folyamatos csökkenése (az üzemanyag és oxidálószer fogy), és a közel állandó tolóerő miatt, igen nagy végsebesség érhető el ezzel a típusú meghajtással.

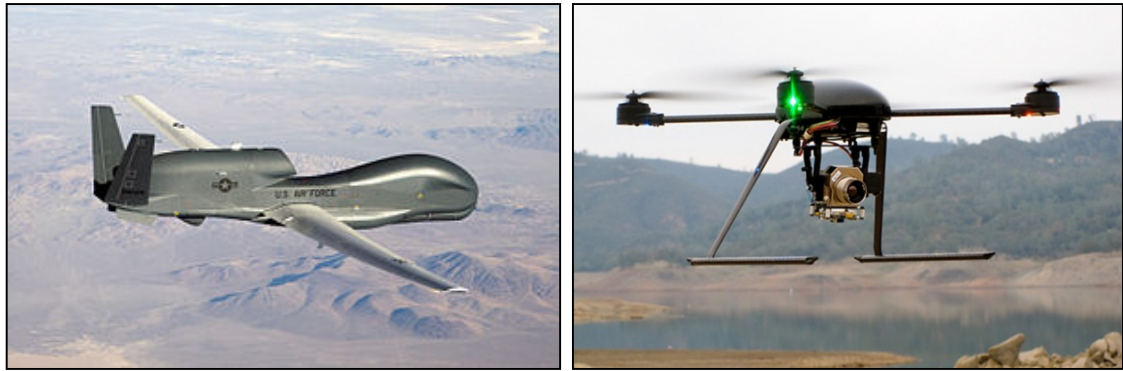


6.3 kép A rakéta hajtás megvalósítása³³⁴

A merev- vagy forgószárnyas UAV repülés mindenképpen feltételezi a légkör, mint gáznemű közeg jelenlétét, hiszen ebben az esetben a repüléshez szükséges erőhatásokat az áramló levegő okozta statikus nyomáskülönbségek hozzák létre (6.4. kép). Mindemellett a repülés ilyen módja – a repülőeszközök megfelelő kialakítása mellett –, teljes mértékben kontrollált, azaz kormányzott. Tekintve, hogy a repülési módok közül ez utóbbi a leginkább elterjedt és egyben alkalmazott, a továbbiakban, ha repülésről beszélünk, csak ezt a típust értjük alatta.

³³³ Forrás: https://www.mozaweb.hu/course/fizika_7/jpg_big/cd_f7_086_3.jpg

³³⁴ Forrás: <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Kepek/FolyTRak.jpg>

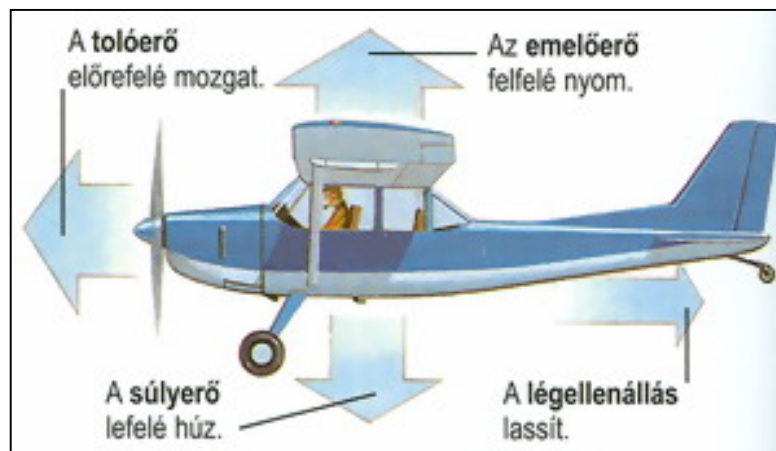


6.4. kép Merev szárnyú (bal oldal) és forgó szárnyas UAV eszközök repülés közben³³⁵

6.1.2 A repülést lehetővé tevő fizikai folyamatokról

A repüléshez, mint mozgáshoz szükséges, hogy erők lépjenek fel a repülőeszközön, ugyanis repülés közben a Föld felszíne felett haladva, az eszköz súlyát ki kell egyensúlyoznunk. Ezt az erőhatást Bernoulli törvénye alapján, az áramló levegő által létrehozott differenciált statikus nyomás-eloszlásból származó emelőerő biztosítja. Bernoulli törvénye értelmében (amely nem más, mint a mozgó folyadékra vagy gázra érvényes energia megmaradás összefüggése) értelmében a mozgó közegben mért dinamikus (mozgási energia) és statikus (helyzeti energia) nyomások összege állandó. Amennyiben egy test körül létre tudunk hozni egy olyan nem-szimmetrikus sebesség-eloszlást, hogy a szétvált áramlási mezőben a test felett nagyobb az áramlási sebesség, mint alatta, akkor ott a megnövekedett dinamikus nyomás alacsonyabb statikus nyomással párosul. Ennek eredményeképpen, egy függőlegesen felfelé irányuló erőhatás (aerodinamikai emelőerő) alakul ki, amely az áramlás sebességével növekedik. Ha a levegő áramlási sebessége elér egy bizonyos értéket, ez az emelőerő képes kiegyensúlyozni a repülőeszköz súlyát, így lehetővé válik a mozgás a felszíntől eltávolodva (repülés), adott magasságon.

Természetesen a légkörben ezt az adott sebességű áramlást magának a repülőeszköznek kell létrehoznia azáltal, hogy a hajtóműve, az ehhez szükséges toló- vagy vonóerőt megtermeli. A mozgás közben azonban a légkör, mint közeg, ellenállást (légellenállási erő) fejt ki a repülőeszközre, amit a hajtóművek által szolgáltatott erőhatás egyensúlyoz ki egyenes vonalú, egyenletes sebességgel történő repülés esetén. Ilyen esetben tehát az aerodinamikai emelőerő a repülőeszköz súlyát, a hajtómű toló- vagy vonóereje pedig a légellenállást egyenlíti ki (6.5. kép).



6.5. kép Az aerodinamikai erők és hatásai a repülőeszközre

³³⁵ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_Hawk_1.jpg;
https://illuminate.usc.edu/assets/media/149/DFX4_31.jpg

Az emelőerő és a légellenállási erő nagysága az alábbi tényezők függvénye:

- a repülőeszköz geometriai kialakítása;
- a körüláramlott test felületének nagysága;
- az áramló levegő sűrűsége;
- az áramló levegő, repülőeszközhöz viszonyított sebessége.

Azért, hogy az emelőerő minél nagyobb legyen egy adott sebesség esetén, a repülőeszközök geometriai kialakítása során az ún. szárnyat alkalmazzák a felület megnövelése céljából. A repülőeszköz (de különösen a szárny) geometriai kialakításánál fontos, hogy egy adott légáramlás mellett, a légellenállási erő minél kisebb, a kialakuló emelőerő pedig lehetőleg minél nagyobb legyen.

A légköri levegő sűrűsége meteorológiai folyamatok eredményeként változik, de ennek a változásnak több összetevője van, amit a későbbiekben vizsgálunk. Az atmoszféra mozgásai szintén fontos szerepet játszanak az UAV eszköz repülési sebességének alakulásában, ráadásul a mozgó levegő dinamikus nyomása a repülési egyensúlyt is befolyásolhatja.

6.1.3 A statikus légkör felépítése, alapvető tulajdonságai

Bolygónk legkisebb sűrűségű szférája a légkör, mely az alsó 60–70 km magasságban ideális gázkeverék, melyet nitrogén, oxigén és nemesgázok alkotnak alapvetően, a magasabb régióban viszont már plazmaként viselkedő, ionok sokasága található. Az időjárási folyamatok azonban a légkör alsó zónájában az ún. troposzférában zajlanak, ami a mérsékelt övben az alsó 10–12 km-es réteget jelöli. Az időjárás alakítása szempontjából a legfontosabb összetevő a – rendkívül szeszélyes térbeli és időbeli eloszlású – légköri víz. A víz légkörünkben kizárólag a troposzférában jelenik meg és négyféle állapotban is előfordul (gőz, folyékony, jég, túlhűlt), ugyanakkor az ezek közötti fázisátmenetek fontos szerepet játszanak a légköri energetikában, felhő- és csapadékképződésben egyaránt.

Atmoszféránk alapvetően statikus viselkedésű, aminek eredménye egy általános vertikális légnyomás és sűrűség eloszlás kialakulása, melynek jellege a magassággal exponenciálisan csökkenő. Ez nagyon lényeges momentum, hiszen a tengerszinti átlagos levegő sűrűség már kb. 5500 m magasságban megfelelődik (hasonló igaz a légnyomásra is). A hőmérséklet változása a magassággal a troposzférában lineárisan csökkenő tendenciát mutat, melynek a légköri víz halmazállapot-változásaiban és a konvektív feláramlások kialakulásában van nagy szerepe.

A levegő sűrűségének változása – ahogy korábban láttuk – alapvetően hat az UAV eszközök repülési dinamikájára. Fontos tehát tudnunk, hogy a sűrűség időbeli és térbeli megváltozásának milyen dimenziói lehetnek az atmoszférában. Egy adott földrajzi helyet kiválasztva (adott tengerszint feletti magasságban), a levegő sűrűségének *időbeli* változékonyságnak két fontos aspektusával érdemes foglalkozni:

- rövid idő alatti (1–2 óra alatt) történő megváltozás;
- hosszú távú (évszakos, éves) megváltozás.

Az előző azért fontos, mert akár egy repülési feladat alatt is jelentősen megváltozhat a levegő sűrűsége (így az UAV repülésének dinamikája is), a másik szempont pedig inkább üzemeltetési szempontból lehet lényeges. A sűrűség-változás nagyságrendjének meghatározásához vegyük figyelembe, hogy a sűrűség a hőmérséklet és a légnyomás függvénye (általános gáztörvény), mégpedig olyan módon, hogy a hőmérséklet szerepe a nagyobb. Tehát a rövid távú sűrűség-változás vizsgálatakor azt kell megnézni, hogy van-e olyan meteorológiai folyamat, ami jelentősen meg tudja változtatni a hőmérsékletet, akár 1–2 órán belül az adott helyen? A mérsékelt övben a legerősebb sűrűség-változások rövidtávon, a hidegfronthoz kapcsolódnak, de mindössze kb. 6–8%-ot tesznek ki, ami nem számottevő.

Másrészről, ha az éves periódust vizsgáljuk, kiindulhatunk az abszolút hőmérsékleti és légnyomás ingadozás szélsőértékeiből: a hazánkban mért legalacsonyabb és legmagasabb hőmérsékleteket és légnyomásokat figyelembe véve, az évszakos abszolút sűrűségváltozás mértéke 35–40% is lehet! Ez már nagyon jelentős változás, ami fel- és leszállásnál erős dinamikai különbségeket képes okozni az UAV-k esetében is. Általánosan igaz, hogy a magas hőmérséklet és alacsony légnyomás (magas nedvességtartalommal) alacsony sűrűségű levegőt (nyári félév), másrészt alacsony hőmérséklet és magas légnyomás (alacsony nedvességtartalommal), nagy sűrűségű léggömböt eredményez (téli félév).

A *térbeli* sűrűség-változékonyság vizsgálata esetén érdemes feltenni a kérdést, hogy milyen irányban várhatunk gyors változást a légkörben? Figyelembe véve az UAV-k repülési sebességét, elmondhatjuk, hogy csak függőleges elmozdulás esetén kell gyors sűrűség-változásra felkészülni, de ebben az esetben igen jelentősre! Pl. 1500 m magasságban 15%-kal, 3000 m magasan már 30%-kal, 5500 m-en pedig 50%-kal csökken a levegő sűrűsége! Fontos megjegyezni, hogy ez a sűrűségcsökkenés a magassággal lényegében általános, a földrajzi helytől és nagyrészt az időjárástól függetlenül megjelenik!

Beszélnünk kell a légnyomás függőleges változékonyságán alapuló magasságmérés kérdéséről is. Ahogyan korábban említettük, a légnyomás vertikálisan nagyon pontosan meghatározható módon változik (exponenciális csökkenés), így lehetőség nyílik ezen elv alapján az UAV eszközök magasságmérésére is. Ehhez a fedélzeten egy megfelelő pontosságú (0,1 hPa) statikus légnyomás-mérő berendezésre van szükség, és ha a referencia felületen (pl. repülőtér) is ismert a légnyomás, akkor a magasság értéke meghatározható. A pontos magasság értékének meghatározásához szükséges még a két szint közötti átlaghőmérséklet is, amit a nemzetközi normál légkörből (ISA) vesznek figyelembe.

6.1.4 A dinamikus légkör

Bár a légkör alapvetően statikus egyensúlyban van, gyakran találkozhatunk horizontális és vertikális mozgásokkal benne. Ezek a mozgások ún. légköri mozgásrendszerekhez kapcsolódnak, melyek tér- és időskálája az alábbi ábrán látható (6.6. ábra.):

Időtartam/ térbeli kiterjedés	Hónap/hét		Nap	Óra	Perc/ másodperc	Skála
10 000 km	Planetáris hullámok					Makro α
2000 km		Baroklin hullámok, ciklonok, anticiklonok				Makro β
200 km		Frontok, hurrikánok				Mezo α
20 km			Alacsony jet, zivatarlánc			Mezo β
2 km			Zivatar, CAT, városi hatás			Mezo γ
200 m				Tornádó, konvekció, hegyi hullám		Mikro α
20 m				Termik		Mikro β
					Turbulencia	Mikro γ
	Klimatikus	Szinoptikus	Mezo	Mikro		Skála

6.6. ábra A légköri mozgásrendszerek tér- és időskálái³³⁶

³³⁶ Forrás: Sándor és Wantuch, 2006.

Általánosan igaz, hogy a rövid ideig tartó légköri mozgásrendszerek kisméretűek, a hosszabb élettartamúak pedig nagyok. A legnagyobb méretű légtömeg áthelyeződéssel járó folyamatok alkotják az általános cirkulációt (makro skála), a frontális rendszerek és a zivatarok már a mezo skálába tartozó mozgások, míg a tornádók, termikék és a turbulencia, a mikro skálán megfigyelhető jelenségek (6.6. kép).

Ugyanakkor, a makro skálán megjelenő rendszerekről elmondható, hogy esetükben a horizontális mozgások sebessége egy-két nagyságrenddel nagyobb, mint a vertikális mozgásoké, tehát a légkör viselkedése ezen a skálán függőlegesen stabilis, míg a mezo skálától haladva a mikro skáláig, megváltozik a helyzet: a vertikális mozgások sebessége nagyságrendileg megegyezik, vagy nagyobb a horizontális mozgáséval! Ez a szituáció a légköri instabilitás miatt alakulhat ki, mely azt jelenti, hogy a függőlegesen mozgó légrézre emelőerő hat, mely mozgását gyorsítani és egyben fenntartani képes, akár a troposzféra tetejéig. A legismertebb, szemléletes példái a légköri instabilitásnak a zivatarok, zivatar-láncok megjelenése, melyekhez kapcsolódó felhők teteje a troposzféra legfelső szintjéig (néha magasabbra is) nyúlnak. Ezen kívül a mezo- és mikro-skálán is vannak horizontális mozgások, tehát ezeken a tartományokon is kell széllel számolnunk! A légköri horizontális mozgásokat (szél) elsődlegesen az adott szintben kialakuló légnyomás-különbség, míg a vertikális mozgásokat leggyakrabban a sűrűség-különbségből fakadó felhajtóerő alakítja. A három fő skála legjellemzőbb mozgásrendszereit a 6.7. kép mutatja be.



a. mérsékelt övi ciklon

b. zivatar

c. turbulencia

6.7. kép A meteorológiai méretskálák jellemző mozgásrendszerei (a. makro-, b. mezo-, c. mikroskála)³³⁷

6.1.5. A víz szerepe a légkörben

A légkörben előforduló víz esszenciálisan fontos szerepet játszik az időjárás alakításában. Száraz légkör esetén (ahogyan a nemzetközi normál légkörben is), az időjárási folyamatok csak a hőmérsékleti és a légmozgásokkal kapcsolatos változékonyságból tevődnének össze. A víz, amennyiben gáznemű állapotban van jelen az atmoszférában, teljesen átlátszó. Amikor a halmazállapota megváltozik és cseppfolyós vagy szilárd fázisba lép át, jelentősen rontja a levegő átlátszóságát (csökken a látástávolság). Ebben az esetben a kondenzálódott vagy kifagyott víz felhőzetet alkot. Ahhoz hogy a víz kondenzációja megtörténjen, a levegőnek hűlnie kell, amely folyamat gyakran a légréz emelkedésével valósul meg. Az emelkedés közben kondenzálódott vagy kifagyott elemek a felhőben tovább emelkednek és a felhőzetet függőleges irányban kiterjesztik (gomolyos felhőzet).

A levegő által befogadható vízgőz maximális mennyisége, hőmérsékletének exponenciális függvénye, azaz a melegebb időszakban (nyári időszak) jóval több vízgőzt tartalmazhat a levegő, mint alacsony (pl. téli) hőmérsékleten. Ezért a nyári félévben a kondenzációval járó hőleadás mértéke is nagyságrendekkel nagyobb, mint télen. Részben ez okozza, hogy a függőleges emelkedéssel járó mozgások a légkörben ekkor zajlanak intenzíven.

³³⁷ Forrás: Czender Cs. (szerk): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.

Amikor a felhőzetben a felhőelemek olyan méretűvé válnak, hogy a feláramlás nem tudja tovább emelni őket, elkezdnek kihullani és különféle csapadék formájában a felszínre esnek. A kihullási sebesség, a csapadék elemek mérete és koncentrációja a nagy feláramlási sebességű nyári tornyos gomolyfelhők és a zivatarfelhők esetén a legnagyobb (intenzív záporok és jégeső). A téli időszak alapvetően réteges jellegű felhőzetében a feláramlási sebesség alacsony, a hőmérséklet alacsony, ezért a kihulló csapadék intenzitása, cseppmérete és koncentrációja kicsi (szitálás, eső) valamint gyakran fagyott, vagy vegyes halmazállapotú. Lényeges említeni, hogy minden hulló csapadék csökkenti a levegő átlátszóságát.

A légkörben előforduló víznek van egy ún. átmeneti állapota, amikor is a halmazállapot folyékony, de a hőmérséklete $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt van, amit túlhűlt fázisnak nevezünk. Az olyan felhőben, amely a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os izoterma fölé nyúlik, megjelenik a túlhűlt vízcseppek sokasága és lebegve, lassan mozogva, egészen a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os magasságig is képesek ebben az állapotban maradni (bár addigra a legtöbb csepp megfagy már). Ez az állapot azonban instabil, ami azt jelenti, hogy ha külső behatás éri a cseppeket, azonnal megfagynak! A repülés szempontjából ez a szituáció alapvető fontosságú, amire később visszatérünk.

6.2 AZ UAV-K REPÜLÉSÉRE VESZÉLYES SZITUÁCIÓK A LÉGKÖRBE

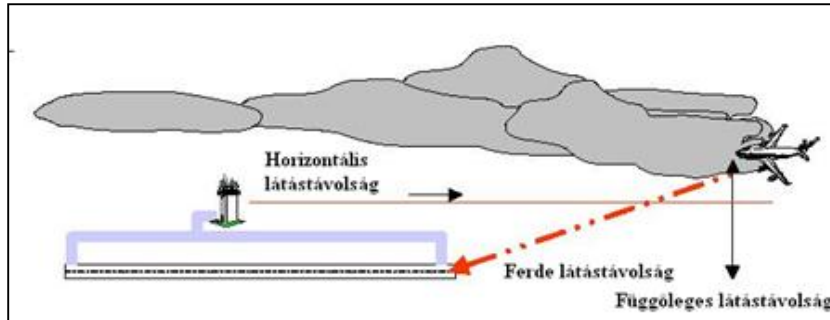
6.2.1 Az UAV-k repülésére veszélyes meteorológiai jelenségek

Az UAV-k repülésekor, valamint az eközben elvégzendő feladatok végrehajtása idején, a légkörben számos olyan veszélyes szituáció alakulhat ki, melyek azok sikertelenségét, vagy akár a repülő eszköz elvesztését, megsemmisülését is okozhatják. A következőkben ezeket a helyzeteket tekintjük át, a korábban megismert légköri mozgásrendszerek alapján történő csoportosítást figyelembe véve.

Az UAV-k repülési feladatának végrehajtása közben az alábbi veszélyes meteorológiai jelenségekkel kell számolnunk:

- alacsony felhőalap magasság és/vagy látástávolság;
- erős szélkés, alacsony szintű szélnyírás, különböző típusú turbulencia;
- jegesedési helyzetek;
- intenzív csapadékhullás;
- légköri elektromos hatások (elektrosztatikus feltöltődés, villámcsapás).

A levegőben kondenzálódott (vagy ritkábban kifagyott) felhőelemeken történő további rövidhullámú sugárzás-vesztés (extinkció) miatt csökken az a távolság, amelyről egy adott tárgy még biztonságosan azonosítható, vagyis ebben az esetben, a látástávolság degradációjáról van szó. A látástávolság csökkenése, magát a repülést és a repülés alatt elvégzendő feladatot is korlátozhatja vagy akár lehetetlenné is teheti. Tekintve, hogy a fény egyenes vonalban terjed, a látástávolság irányfüggő karakterisztika, ezért különböző látástávolság értelmezések léteznek a repülésben. A leggyakoribb a horizontális (meteorológiai) látástávolság, melyet a földfelszín felett, szemmagasságban észlelhetünk. Az UAV eszköz szempontjából két további fontos látástávolság definíció adható meg: a ferde irányú, amely elsősorban a leszállás vagy megközelítés alatti, általában a leszállóhely irányában értendő látástávolságot jelenti és a függőleges irányú, amely a repülés bármely fázisában, a közvetlen Föld irányú látástávolságot reprezentálja (6.8. kép).



6.8. kép A különböző típusú látástávolságok értelmezése³³⁸

A kondenzációs (kifagyási) folyamat eredményeképpen kialakuló felhőzet, és az ezzel együtt járó alacsony látástávolság – hasonlóan a pilóták által vezetett légi járművekhez –, a vizuális helyzet-meghatározást nem teszi lehetővé. Különösen veszélyes, ha ez alacsony magasságon fordul elő, kis magasságú feladat végrehajtásakor, vagy fel- és leszálláskor (6.9. kép).



6.9. kép A bevezető fénysor látványa alacsony ferde irányú látástávolság mellett történő megközelítéskor³³⁹

Felhőalapról akkor beszélünk, ha az észlelt felhőzet mennyisége egy adott, legkisebb magasságon legalább 5/8 (okta) mennyiségű. Ha ez a magasság alacsonyan van, az UAV eszközök felhőben történő repülés közben akár kiemelkedő tereptárgyaknak is ütközhetnek (6.10. kép).



6.10. kép Alacsony felhőalap megjelenése a felszín felett³⁴⁰

³³⁸ Forrás: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2008_3/2008_3_Bottyán_Zsolt_image016.jpg

³³⁹ Forrás: <http://sportysnetwork.com/airfacts/wp-content/blogs.dir/13/files/2011/04/Approach.jpg>

³⁴⁰ Forrás: <http://www.on.ec.gc.ca/canwarn/images/pg106t.jpg>

Az erős légmozgás az UAV eszközök repülésének dinamikai egyensúlyának megbontásával, az eszköz pályájának drasztikus megváltoztatását is képes előidézni. Extrém esetben a repülőeszköz szerkezeti törését is okozhatja (6.11. kép).



6.11. kép Intenzív szélnyírás okozta egyensúlyvesztés. Balra: utasszállító gép leszállás közben. Jobbra: UAV eszköz leszállás közben³⁴¹

Tekintve, hogy a légáramlás sebességének növekedésével az egyben lökéses jellegűvé is válik – az átlagos áramlási sebesség mellett –, annál jóval nagyobb sebességet is magában hordoz. Nagy áramlási sebességek mellett az áramlási mező nem homogén, így két pont között jelentős szélsősebesség-különbségek adódnak, melynek tetszőleges két pontja között különbségét képezve kapjuk az ún. szélnyírás vektort.

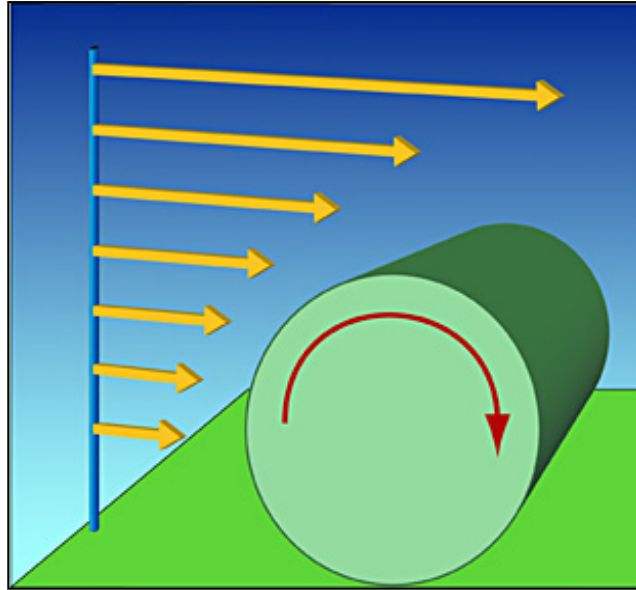
Minél nagyobb ennek a nagysága a két pont távolságához képest, annál inkább számíthatunk az UAV eszköz repülési pályájának jelentős módosulására, melyet kormányzással korrigálni szükséges! Amennyiben ez a szélnyírás alacsony magasságban történik, előfordulhat, hogy nincs idő a korrekcióra és az UAV eszköz lezuhan! Maga a szélnyírás létrejöhet csak a szél irányának, vagy csak sebességének egy adott zónán belüli megváltozásából, de gyakran mind a két jellemző, 3 dimenzióban, egyszerre változik (6.12. és 6.13. ábrák).



6.12. kép Irány szerinti nyírás: a szélirányok irány szerinti változása önmagában szélnyírás³⁴²

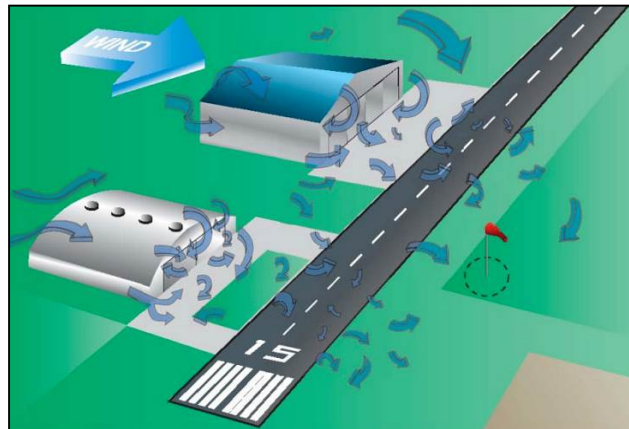
³⁴¹ Forrás: <http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/photos/2/9/6/1615692.jpg>;
<http://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/958c920a-7f9b-4ad2-9807-f9a4e95d1ef1/UploadedImages/Aurora-Skate-UAV.jpg>

³⁴² Forrás: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tstorms/images/directionalshear.jpg>



6.13. kép Sebesség szerinti nyírás: a szélességek irány szerinti változása önmagában szélnyírást okoz³⁴³

Amikor az áramlás sebessége nő, egy adott sebességnél hirtelen laminárisból turbulensbe megy át, azaz az alapáramlás sebességvektorától jelentősen eltérő helyi sebességvektorok figyelhetők meg. Igen gyakran örvények is képződnek a légkörben ennek hatására. Erősítheti az örvények kialakulását (és így a turbulens jellegét), amikor mesterséges vagy természetes tereptárgyak állnak az áramlás útjába (6.14. és 6.15. ábrák).



6.14. kép Turbulencia kialakulása mesterséges tereptárgyak által perturbált légáramlás esetén³⁴⁴



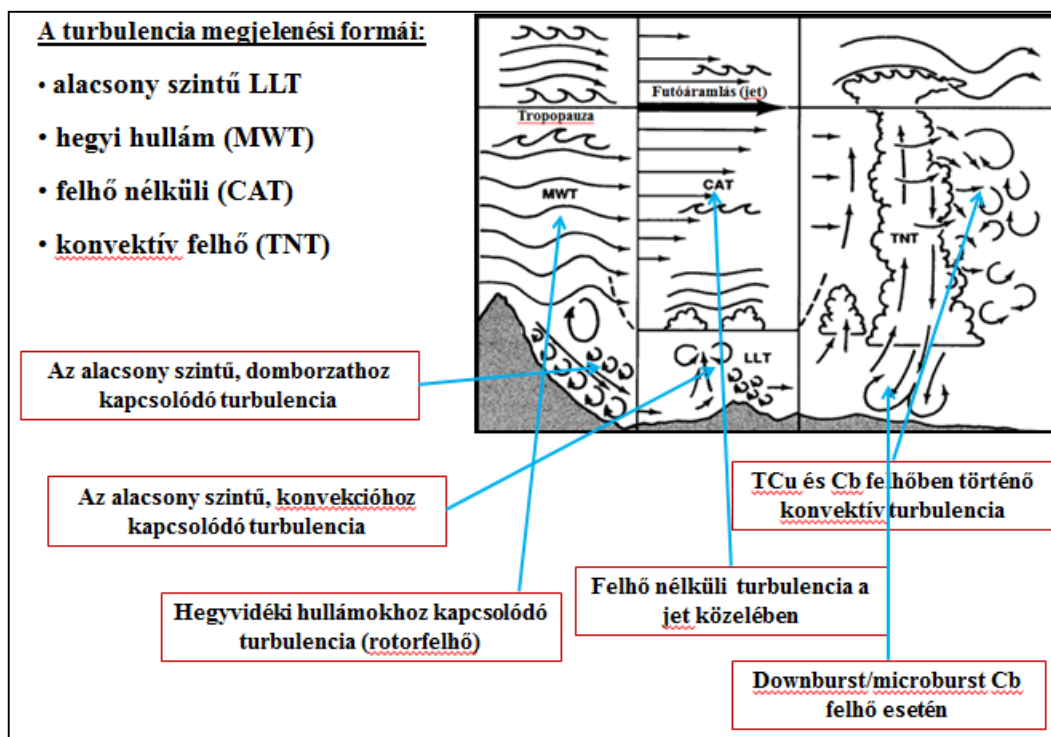
6.15. kép Erős turbulencia megjelenése természetes tereptárgy (hegy) mögött³⁴⁵

³⁴³ Forrás: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tstorms/windshear.htm>

³⁴⁴ Forrás: http://www.americanflyers.net/aviationlibrary/pilots_handbook/images/chapter_10_img_31.jpg

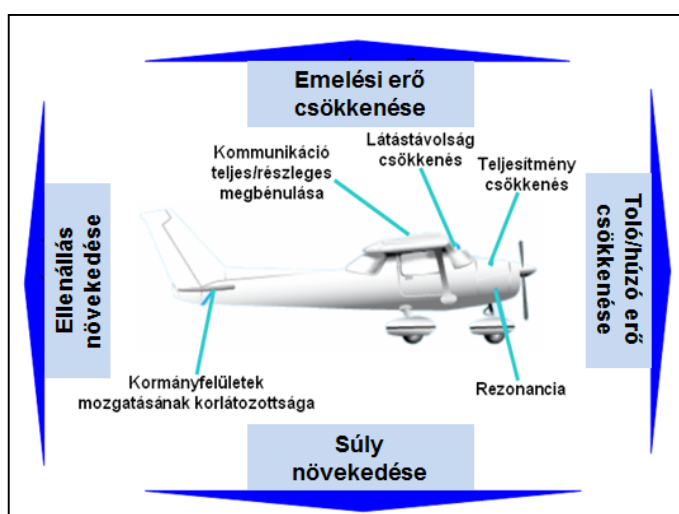
³⁴⁵ Forrás: http://www.americanflyers.net/aviationlibrary/pilots_handbook/images/chapter_10_img_31.jpg

Légkörben kialakuló alapvető turbulenciákat a 6.16. kép szemlélteti. Látható, hogy a turbulencia, a talaj közeléből egészen a troposzféra tetejéig (tropopauza) megjelenő légköri mozgásfajta. Az UAV eszközöket alapvetően az alacsonyabb rétegben megjelenő alacsony szintű turbulencia (LLJ), a hegyi hullámmozgás alkotta turbulencia (MWT) és az erős konvektív fel- és leáramlások okozta turbulencia (TNT) veszélyezteti. Nyilvánvaló, hogy azok az UAV eszközök (pl. Global Hawk), melyek repülési magassága nagyobb, mint a troposzféráé, azokra a futóáramlások (JET) okozta és a felhő nélküli turbulencia (CAT) is rendkívül veszélyes.



6.16. kép A légköri turbulencia fajtái

A víz a légkörben – alapvetően a felhőkben – átmeneti ún. túlhűt állapotban is előfordulhat. Ennek az instabil, folyékony állapotban lebegő víznek fontos tulajdonsága, hogy amennyiben ütközik a felhőben repülő UAV felületével, azonnal ráfagy! Ezt a jelenséget felületi jegesedésnek hívják, melynek számos – az UAV-k repülésére is veszélyes – aspektusát a 6.17. ábrán mutatja be.



6.17. kép A felületi jegesedés okozta problémák a repülőeszközök esetében³⁴⁶

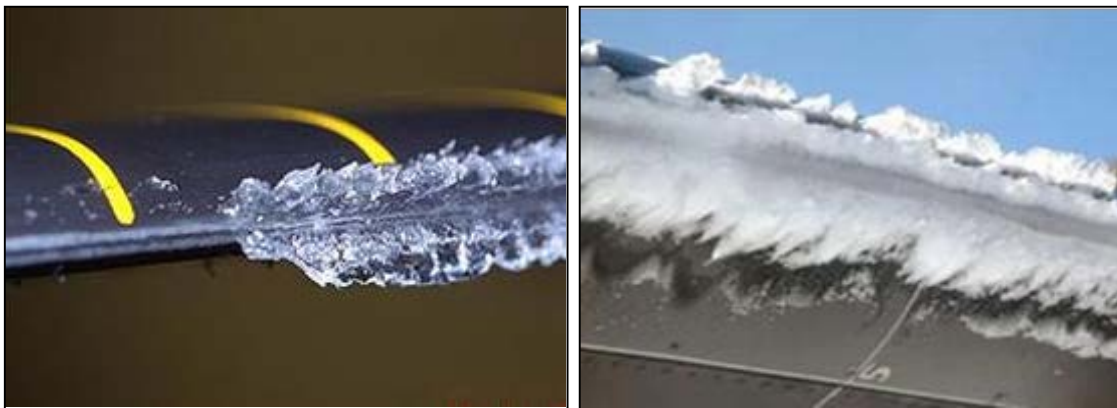
³⁴⁶ Forrás: Hadobács, 2011.

Az ábrán látható, jegesedés okozta problémák – ha nem is szükségszerűen jelentkeznek mindig egyszerre – az UAV-k szempontjából különösen jelentősek:

- a jéglerakódás okozta súlynövekedés, mert a nagy felületű szárnyakon megtapadt jég – még ha vékony rétegű is – tömege az UAV tömegéhez képest igen jelentős lehet;
- ennek következményeként rendszerint a súlyponti helyzet is megváltozik, ami stabilitás változashoz, akár kormányozhatóság veszteshez is vezethet.

A felsoroltak külön-külön is az UAV eszköz lezuhanását okozhatják.

Az UAV eszközök rendszerint nem rendelkeznek olyan jégtelenítő (anti-icing) rendszerrel, amely repülés közben lehetővé tenné a jéglerakódás megelőzését, vagy a már kialakult jég leválasztását a sárkány felületéről. Ráadásul, az UAV-k többségének szárnya nagy karcsúságú és viszonylagos vastagságú, belépő élének görbületi sugara is igen nagy, ezért olyan felhőbe belerepülve, amely túlhűlt vízcseppeket tartalmaz, az utóbbi felületén rendkívül gyorsan összegyűlnek azok, majd ezt követően igen rövid idő alatt kialakul a jegesedés (6.18. kép).



6.18. kép Különböző típusú jégbevonat kialakulása a szárny belépő élénél
Bal oldal: átlátszó (clear) jéglerakódás, jobb oldal: zúzmara-szerű (rime) jéglerakódás³⁴⁷

Túlhűlt vízzel azonban nem csak felhőben találkozhat az UAV, repülés közben. Abban az esetben, ha ónos csapadék (ónos eső, ónos szitálás) hullik, még felhő alatt repülve is igen intenzív felületi jegesedést tapasztalhatunk, mert a felhőből kihulló túlhűlt cseppek jóval nagyobb méretűek, mint a felhőben lebegő cseppek. Így ugyanazon sebesség mellett, időegység alatt az UAV eszköz által összegyűjtött túlhűlt víz mennyisége (és így a felületre kifagyott jég mennyisége), jóval nagyobb lehet, mintha felhőben repülnénk. Természetesen a felületi jégbevonat kialakulásakor a repülő eszköz felületének hőmérséklete is fagypont alatti kell, hogy legyen, ami általában igaz is, ha ebben a zónában repülünk, mert a környezeti levegő hőmérsékletét a nagy felületű szárnyak gyorsan el is éri.

Nyilvánvaló, hogy a jégakkréció sebessége alapvető kérdés a repülőeszköz szempontjából. A jegesedés intenzitását alapvetően meteorológiai, aerodinamikai és geometriai (alaki) tulajdonságok határozzák meg:

- az áramló levegő hőmérséklete (környezeti hőmérséklet);
- folyékony túlhűlt víztartalom a felhőben;
- ütköző cseppek mérete és eloszlása;
- UAV repülési sebessége;
- UAV felszínének hőmérséklete;
- UAV repülési magassága;
- UAV szárnyának geometriai tulajdonságai.

³⁴⁷ Forrás: http://www.thefullwiki.org/Icing_conditions; <http://www.ehfc.net/>

Időjárási szempontból azt mondhatjuk, hogy minden olyan felhőben történő repülés potenciálisan magában hordozza a felületi jegesedés veszélyét, amelynek magassága nagyobb, mint a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ magassága a légkörben.

Az intenzív csapadékhullás elsősorban a látástávolságot csökkenti, ami alapvetően a repülés fel- és leszállási manővereire lehet veszélyes, főleg, ha manuális irányítással repül az UAV eszköz. Másrészt, a repülési feladat végrehajtását gátolhatja, amennyiben az felderítési, célkövetési vagy távérzékelési jellegű, hiszen ilyenkor sem a látható, sem az infravörös tartományban nem lehetséges a megfigyelés, csak igen korlátozott távolságon belül. Külön említést érdemel az intenzív csapadékok között a jégeső, mert ennek a repülő eszközre komoly fizikai hatása van, amely esetleg az UAV eszköz tényleges törését is okozhatja. Fontos még a csapadékból származó nagy vízfluxus is, ami az UAV eszköz felületét érve behatolhat abba – amennyiben az nincs felkészítve erre – elektromos rövidzárlatot okozva, akár a repülőgép elvesztését is okozhatja.

A légköri elektromosság elsősorban a zivataros meteorológiai szituációkban lehet igen jelentős hatással az UAV rendszer működésére. A zivatarban és környékén mindig előforduló villámcsapások – amennyiben az UAV eszközt éri – tönkre tehetik az elektromos fedélzeti berendezéseket, és ez által véget vethetnek a repülési feladat végrehajtásának, valamint a gép elvesztéséhez is vezethetnek (6.19. kép).



6.19. kép Villámcsapás ér egy UAV eszközt (bal oldali kép) és egy utasszállító repülőgépet (jobb oldali kép) repülés közben³⁴⁸

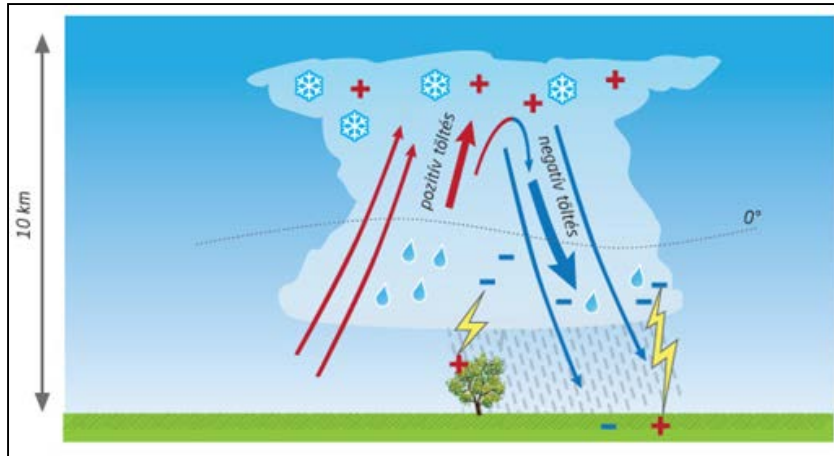
A zivatarban az elektromos tevékenység az intenzív függőleges mozgások energiájából táplálkozik. A felhő fejlődése során keletkező folyékony (vagy túlhűlt) felhőcseppek felületén a negatív töltések, míg a kialakuló jégzemek felületén a pozitív töltések halmozódnak fel. Az említett mozgások ezeket a különböző töltésű felhőelemeket vertikálisan (néha horizontálisan is) szétválasztják, amely eredményeképp elektromos tér alakul ki, adott potenciál-különbséggel. Az előzőekben leírtakból adódóan a felhő magasabb régiójában, és a tetején leggyakrabban pozitív töltések, míg az alsó részén negatív töltések akumulálódnak (6.20. kép). Amikor két eltérő töltésű régió között a potenciál-különbség egy adott értéket elér, villámcsapás formájában nagyon rövid idő alatt, nagy mennyiségű töltés semmisül meg (rekombinálódik). Ha ez a folyamat két felhőzóna között zajlik le, felhő villámról, ha a felhő és a földfelszín között megy végbe, földvillámról beszélünk (6.21. kép).

³⁴⁸ Forrás:

http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2011/February/PublishingImages/UAV_storm_illo_flat.jpg;

<http://3.bp.blogspot.com/>-

WjYpOMTVfik/UEcnBj78qmI/AAAAAAACQg/Rd58IE5ICNI/s1600/lightning_strike.jpg



6.20. kép Töltések szétválasztása és rekombinálódása zivatarban³⁴⁹



6.21. kép Földvillám és oldal irányú felhő villámok zivatarban³⁵⁰

A troposzférában megfigyelhető villámok zivatarokhoz kapcsolódnak, így alapvetően nyáron fordulnak elő. Kivételként csak a téli időszakban előfordul, intenzív hidegfronti betörésekhez kapcsolódó villámlásokat említhetjük, de gyakoriságuk messze elmarad a nyáritól.

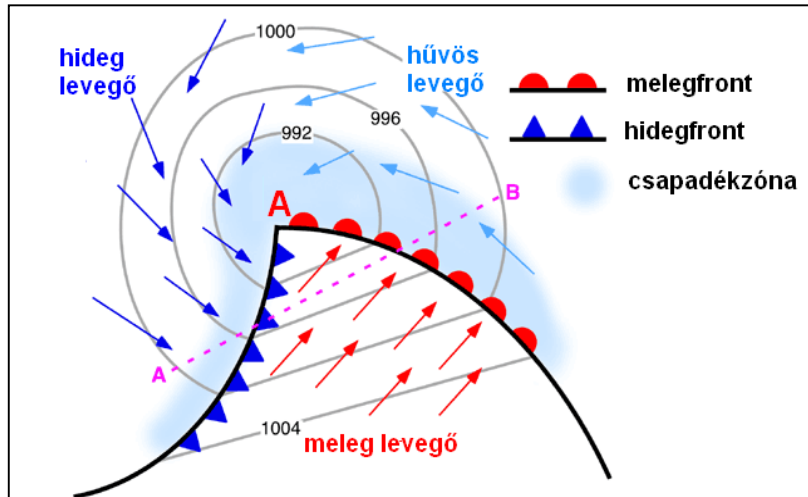
6.2.2. Makro és mezo skálán kialakuló mozgásrendszerekhez kapcsolódó veszélyes időjárási jelenségek

A mérsékelt övben, az időjárás alakításában rendkívül nagy szerepük van a makro (szinoptikus) skálán kialakuló ciklonoknak, melyeken belül a különböző légtömegeket időjárási frontok választják el egymástól. A ciklonokban meleg- és hidegfrontok alakulnak ki, melyek a ciklonokkal együtt mozognak, helyeződnek át (6.22. kép).

Amikor a ciklon meleg szektorában mozgó meleg levegő felsiklik a nála sűrűbb hideg légtestre, akkor alakul ki a meleg front. Ha vertikális metszetben vizsgáljuk a meleg frontot, két típust különböztethetünk meg: a stabil és az instabil meleg levegőt hordozó szituációt, ahogyan az alábbi ábrán is látható (6.22. kép).

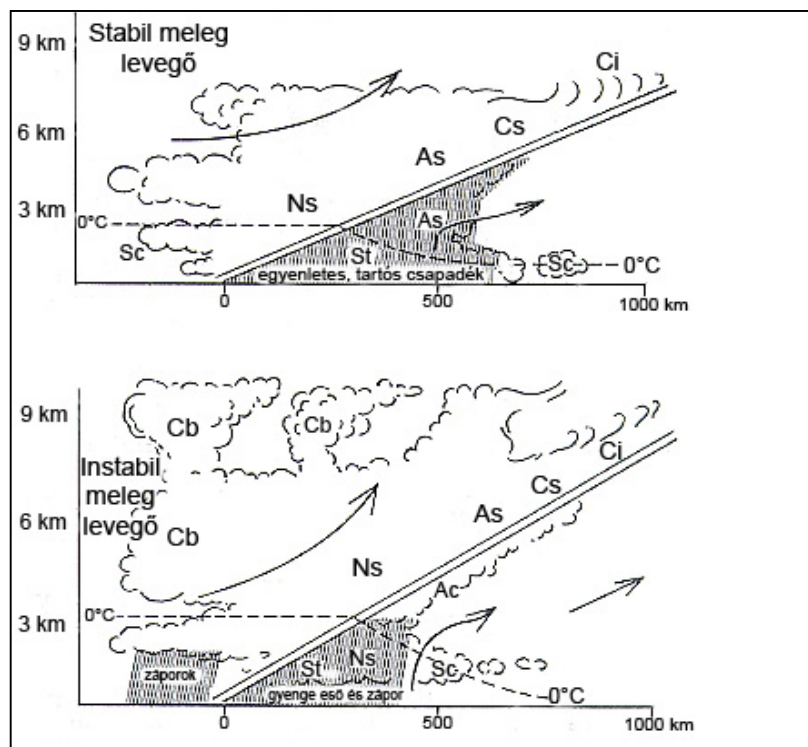
³⁴⁹ Forrás: http://koponyeg.hu/img/hirek/2011/05/0_lexikon_2-01.jpg

³⁵⁰ Forrás: <http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/59182407.jpg>



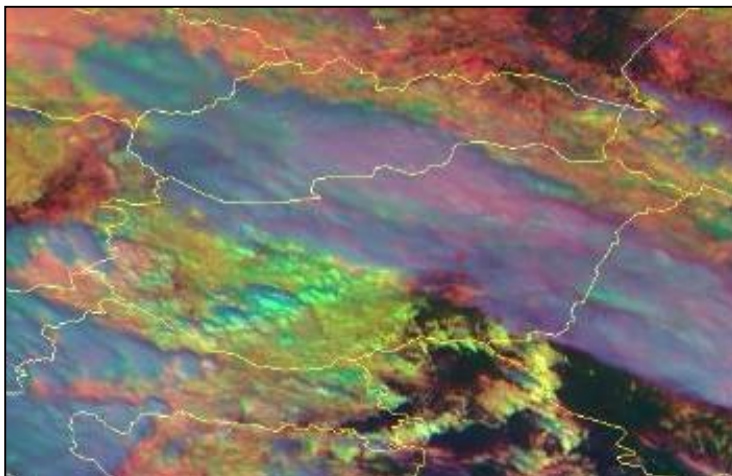
6.22. kép A mérsékelt övi ciklon szerkezete a frontokkal³⁵¹

A meleg levegő felsiklása miatt mindkét esetben kialakul a front előtt egy alapvetően réteges felhőrendszer (Ci, Cs, As, Ns), melyben alapvetően kis függőleges sebességek figyelhetők meg. Így ezekben a felhőkben gyenge, vagy közepes turbulenciára lehet számítani. Ugyanakkor a fronthoz közeledve a felhőzet vastagodik (Ns), és a felhőalap is erősen lesüllyed, kiterjedt csapadékhullás mellett, ami nyáron eső, télen hó. A 0 °C (szaggatott vonallal jelölve az ábrán) felett, a túlhevült vízcseppek miatt jegesedésre kell számítani. A kiterjedt felhő- és csapadékzóna miatt a látástávolság is jelentősen romlik, még a talaj közelében is. A nyári félévben gyakran erősen instabil nedves, meleg levegő tölti ki a felsiklási zónát, és a függőleges irányú emelkedés hatására felszabaduló latens hő hatására zivatarok (Cb) ágyazódhatnak be az esőréteg felhőzetbe (Ns). Ebben az esetben, a kialakuló zivatarok erős szél- lökessel, turbulenciával, jegesedéssel, jégesővel, villámcsapással, alacsony felhőalappal és látástávolsággal veszélyeztethetik az UAV eszközök repülését (6.23. kép alsó kép és 6.24. kép).



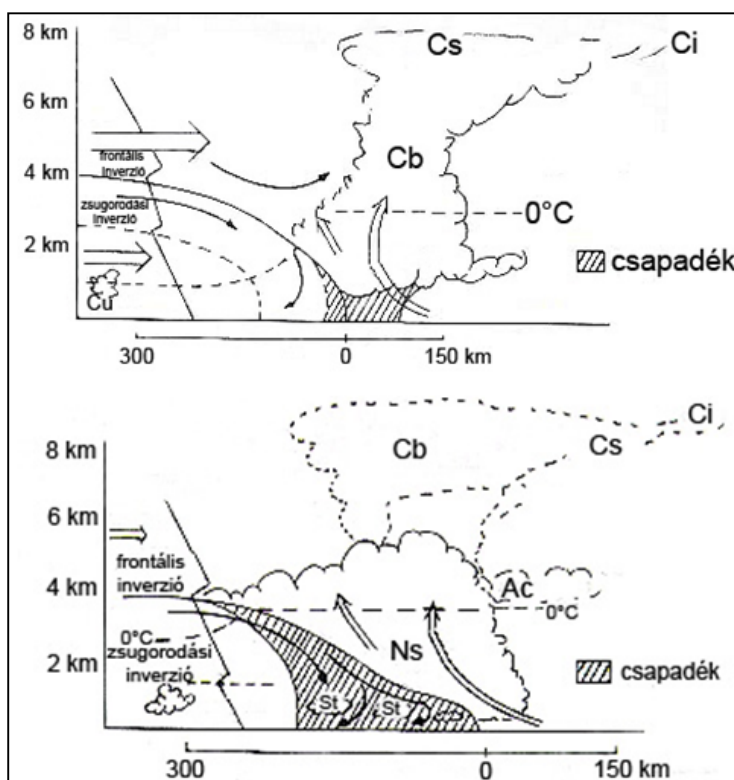
³⁵¹ Forrás: <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/ff/04-levego/images/013.png>

6.23. kép Stabil (felső kép) és instabil meleg levegőt hordozó melegfrontok vertikális metszetei³⁵²



6.24. kép Esőréteg felhőzetbe (Ns, zöldessárga szín) beágyazódott konvektív cellák (TCu, halvány kék szín) a nyári félévben a Dél-Dunántúl felett³⁵³

A ciklonban a meleg frontot a gyorsabb mozgású hideg front követi, melynek során a sűrűbb hideg levegő benyomul a melegebb légtömegbe és a magasba emeli azt. Az intenzív emeléssel járó hűlés folyamán a meleg, nedves levegő kondenzálódik és a felszabaduló latens hő segítségével tovább emelkedve, létrehozza a fronthoz közeli zivatarfelhőzetet (Cb). A lassú mozgású (elsőfajú) hideg front, és a lassú mozgású (másodfajú) hideg front metszete a 6.25. ábrán látható.



6.25. kép Az első- (alsó kép) és másodfajú (felső kép) hideg front vertikális metszete³⁵⁴

A mérsékelt övi légkör konvektív feláramlási rendszerei közül a repülésre leginkább veszélyesek a zivatarok. A zivatar a légkörben kialakuló, intenzív instabilitás eredményeképpen előforduló, erős

³⁵² Forrás: Czender Cs. (szerk): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.

³⁵³ Forrás: EUMETSAT – NKE Repülésmeteorológiai Laboratórium

³⁵⁴ Forrás: Czender Cs. (szerk): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.

emelő mozgással kapcsolatos, elektromos kisülésekkel kísért jelenség. A zivatar jelensége az ún. zivatar felhőhöz (Cb) kapcsolódik, melyben rendkívül erős fel- és leáramlási rendszerek fejlődnek ki és a felhőzet függőleges mérete gyakorlatilag a felszíntől egészen a tropopauzáig terjed (6.26. kép).



6.26. kép Zivatarfelhő üllővel (bal oldali kép) és esőfüggöny zivatarban (jobb oldali kép)³⁵⁵

A zivatar (mely keletkezése alapján konvektív vagy frontális típusba sorolható) kialakulásához szükséges kiindulási feltételek a következők:

- a troposzféra jelentős magasság-tartományára kiterjedő intenzív instabilitás;
- nagy nedvességtartalom a légkör viszonylag vastag tartományában;
- valamilyen folyamat, ami a levegő emelését lehetővé teszi.

Zivatar kialakulásával csak akkor számolhatunk, ha egy vastag rétegben fennáll a feltételes instabil egyensúlyi állapot, továbbá viszonylag magas a harmatpont a talajon, a magasban pedig alacsony a telítési hiány. Mivel a légkör nem statikus állapotú rendszer, ezért a különböző hőmérsékletű és nedvességű légrétegek áthelyeződése (advekcója) jelentősen módosíthatja a troposzféra fizikai tulajdonságait. Így pl. ha a magasban hideg advekció zajlik, akkor az tovább labilizálja a légkört és kedvezőbb feltételeket teremt a zivatarok képződéséhez. Az emelő folyamatok, mint indító (trigger) hatásként jelennek meg a zivatarkepződésnél. A konvektív emelkedést elindíthatja számos, már ismert jelenség, így pl. termikus feláramlás, konvergencia, frontális emelőhatás, domborzati tényező stb. Az emelő hatás feladata az, hogy eljuttassa a légrést abba a magasságba, ahonnan már a légkör nedves, labilis állapotban van, és onnan a felhajtóerő segítségével tovább tudjon emelkedni. Az orografikus (domborzati) hatás nem csak az emelésben játszik szerepet, hanem a déli fekvésű lejtők intenzívebb felmelegedésével, a talaj közeli feláramlást is nagymértékben erősíti. Nem véletlen, hogy hegységeink déli előterében igen gyakran, hamarabb alakulnak ki zivatarok, mint az alföldi régióban, melyet számos mikroklimatikus tényező is befolyásol (pl. a növényzet, a talaj minősége, felszíni vizek elhelyezkedése stb.), ezért fontos ismernünk pl. a repülőtér környezetét is, ahonnan üzemeltetjük az UAV-t.

Amennyiben egy erős, multi-cellás zivatar fejlődését segíti egy erős vertikális szélnyírás, kialakulhat a „zivatarok királya”, a szupercellás zivatar. Fejlődésében nem csak az igen erős konvekció dominál, hanem a vízszintes tengelyű örvényesség függőleges tengelyűvé transzformálódása is rendkívül fontos tényező. Emiatt a szupercellás zivatarfelhő lassan forog a vertikális tengelye körül, benne a feláramlás spirálisan megy végbe és hatalmas méretűvé növekedik (6.27. kép). Átmérője akár a 30–50 km-t is meghaladhatja és függőlegesen áttörheti a tropopauzát is (a hazánkban 2008. május 20-án észlelt óriási szupercella magassága kb. 14 km volt)! Leggyakrabban elsőfajú hidegfronthoz kapcsolódóan alakul ki, de annak konvergencia vonalának mentén is létrejöhet.

³⁵⁵ Forrás: Czender Cs. (szerk): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.



6.27. kép Szupercellás zivatárfelhő³⁵⁶

A szupercellához kapcsolódóan előfordulhatnak tornádók vagy felhőtölcsérek (tubák) is. Maguk a tornádók már a mikro-skálához tartozó jelenségek (6.6. kép). Mivel hazánkban kizárólag szupercellához kapcsolódva figyelhetők meg, ezért itt röviden összefoglaljuk a rájuk vonatkozó ismereteket. A tornádótölcsérek az ún. anyafelhőből (amely természetesen szupercellás zivatárfelhő) ereszkednek lefelé. Amíg nem érte el a felszínt, addig felhőtölcsérről beszélünk, de ha már a felszínhez hozzáért (touch down), onnantól kezdve tornádó a neve (6.28. kép).



6.28. kép Szupercellából kialakult tornádó az Alföldön³⁵⁷

A tornádóban igen intenzív, többféle mozgás alakul ki: fel-és leáramlás, örvénylés, haladó mozgás és a domborzat követése egyaránt megfigyelhető. Kezdetben a felhőtölcsér majdnem függőlegesen ereszkedik a talaj felé, közben a vége elkeskenyedik, majd idővel oldalirányban kitérhet, és a talajjal egyre kisebb szöget zárhat be. A tornádók áthaladásakor jelentős nyomáscsökkenést tapasztalhatunk, ezért igen erős szívó hatás lép fel, amely romboló hatást fejt ki a talajon lévő tereptárgyakra nézve. A felszíni pusztítás egy keskeny sávban történik, de lényegesen szélesebb ez a sáv, mint maga a tornádótölcsér átmérője. A tornádókat erősségük szerint osztályozzák. Hazánkban gyenge, illetve közepes erősségű tornádókat észleltek. A zivatárok az UAV eszközökre a korábban leírt veszélyes jelenségeket mind magukban hordozzák, ezért repülés során mindenképpen messze elkerülendő.

³⁵⁶ Forrás: Czender Cs. (szerk): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.

³⁵⁷ Forrás: <http://www.szupercella.hu>

6.3 AZ UAV-K METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSÁNAK RENDSZERE

6.3.1 Alapelvek

Az előzőekben áttekintett, az UAV-k repülésére és feladat-végrehajtására veszélyes meteorológiai jelenségek és szituációk prognosztizálása fontos feladat, hiszen a repülés biztonsága, és a feladat végrehajtásának rizikójának minimalizálása a cél. A következőkben egy olyan rendszer tekinthető át, amely az említett repülő eszközök és az általuk végzett feladatok komplex meteorológiai támogatását kívánja megvalósítani.

A fentebb említett meteorológiai támogató rendszernek az operatív felhasználás során az alábbi követelményeknek kell megfelelnie:

- adjon támogatást a repülési feladatok tervezésének ideje és végrehajtása alatt;
- biztosítsa a nagyobb földrajzi egységre vonatkozó meteorológiai információhoz jutást;
- legyen könnyen elérhető és értelmezhető a nyújtott meteorológiai információ (elsősorban nem meteorológusok használják);
- legyen könnyen adaptálható más földrajzi területre is;
- tegye lehetővé az útvonal optimalizálását a meteorológiai szituáció függvényében és
- adjon figyelmeztetést az esetleges UAV specifikus meteorológiai határértékek várható elérése esetén.

6.3.2 A meteorológiai támogató rendszer felépítése

A meteorológiai támogató rendszert három fontos alrendszer alkotja:

- statisztikus alapú előrejelző rendszer;
- numerikus alapú előrejelző rendszer;
- web alapú megjelenítő rendszer.

Az UAV eszközök repülési ideje alatti meteorológiai támogatásához szükséges statisztikus előrejelzések előállításához, egy METAR távirat-alapú adatbázist készítettünk el, melyben jelenleg Szolnok, Kecskemét, Pápa és Budapest Ferihegy éghajlati adatai szerepelnek 2005 és 2013 közötti időszakból, félórás időbeli felbontással. A repülésmeteorológiai paraméterek becslését (prognózist) egy ún. analógia keresési eljárással végezzük el, amelynek lényege, hogy egy adott időpontban (és azt 3–6 órával megelőzően) előforduló időjárási változáshoz hasonlóan megtörtént időjárási szekvenciát keres az említett adatbázisban. A megtalált hasonló, korábban előfordult időjárás-változás jellegét figyelembe véve alakítjuk ki a mostani szituáció várható alakulásának legvalószínűbb szcenárióját, mint statisztikus prognózist.

A munka során az egyik jelentős problémát az jelentette, hogyan alakítsuk ki a hasonlósági metrikát, ami alapján két időben változó időjárási szituációt hasonlónak fogadunk el. Ezt a feladatot – a nemzetközi szakirodalom alapján – egy fuzzy alapú, minden, az adatbázisban szereplő meteorológiai paraméterre (kategória) külön-külön definiált hasonlósági rendszer kidolgozásával oldottuk meg, figyelembe véve hazánk éghajlati és geográfiai adottságait. Az analógiák kereséséhez felhasznált változók listáját az 6.1. táblázat tartalmazza. Az itt felsorolt paraméterek – időjárási helyzettől függően – a METAR táviratokban rendelkezésre állnak. Az adattípusok között megkülönböztetünk folyamatos és nominális (kategorikus) valamint ordinális (adott sorrenden alapuló) változókat.

Vizsgált jellemző	Mértékegység	Típus
hónap, nap	nap	folyamatos
óra	óra	
szélirány	fok	
szélsebesség	kt	
szellőkés	kt	
látástávolság	m	
szignifikáns időjárás	„nincs”, „eső”, „hó” stb.	nominális
legalacsonyabb felhőzet magassága	láb	folyamatos
felhőalap		
hőmérséklet	°C	folyamatos
harmatpont		
nyomás	hPa	
NATO színkód	„BLU”, „WHT”, „GRN” stb.	ordinális

6.1. táblázat A vizsgált változók mértékegységei és típusai³⁵⁸

A folyamatos paraméterek összehasonlítása során a két változó különbségéhez rendelt hasonlósági mérőszám határozza meg a hasonlóság mértékét, vagy a két változó egymáshoz viszonyított aránya adja meg azt abszolút értékben. Nominális és ordinális adatok esetében az egyes típusok közötti kapcsolatot előre definiálni kell, hogy megállapítsuk annak mértékét. Ez jelen esetben két hasonlósági táblázat (diagonálisan szimmetrikus mátrix) segítségével történt (6.2. táblázat).

Nincs	1			
Szitalás	0,25	1		
Hó	0,1	0,5	1	
Záporosó	0,25	0,25	0,75	1
...
	Nincs	Szitalás	Hó	Záporosó

6.2. táblázat A fuzzy hasonlósági mértékek megadása szignifikáns időjárás jelenségek esetére (részlet)³⁵⁹

Az általunk kidolgozott fuzzy hasonlósági metrika lényegét a következő példán keresztül szemlélthetjük. Legyen a két különböző meteorológiai helyzetet leíró METAR távirat a következő:

METAR "A" 041815Z 30004MPS 4000 RA OVC10 4/0 Q1016 NOSIG RMK GRN=

METAR "B" 151645Z 26003MPS 5000 DZ BKN020 6/2 Q1023 NOSIG RMK WHT=

³⁵⁸ Forrás: Farkas, 2013.

³⁵⁹ Forrás: Farkas, 2013.

Ezek hasonlósága a 6.3. táblázatban megadott adatok alapján értékelhető.

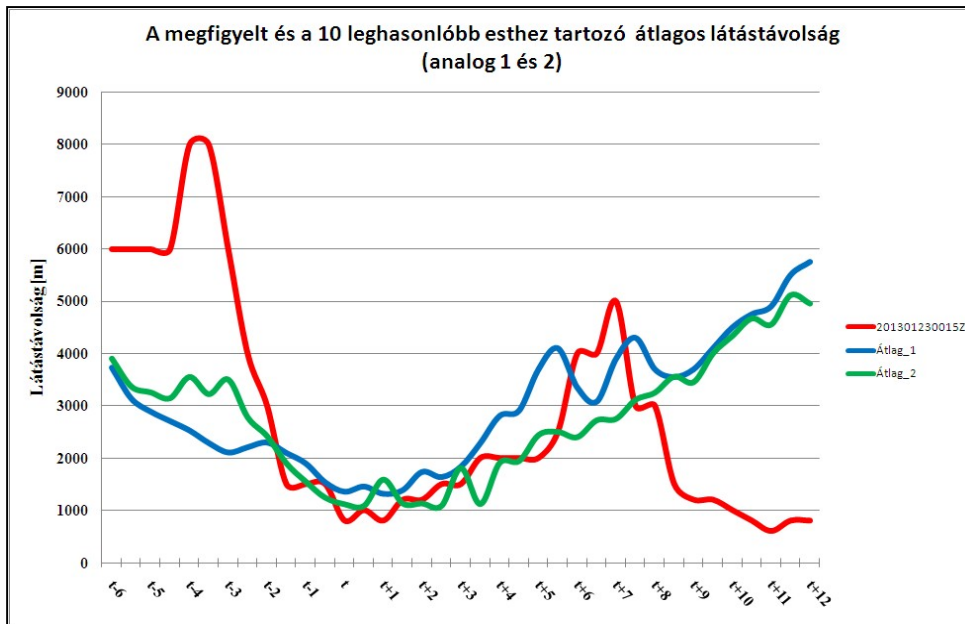
Tulajdonság	METAR "A"	METAR "B"	Hasonlóság (μ_1, \dots, μ_n)
hónap, nap	február 4	február 15	0,7
óra	18:00 UTC	17:00 UTC	0,9
szélirány	300	260	0,25
szélsebesség	8	6	0,75
széllökés	nincs	nincs	1
látástávolság	4000	5000	0,8
szignifikáns időjárás	RA	DZ	0,5
legalacsonyabb felhőzet magassága	nincs	nincs	0,75
felhőalap	1000	2000	
hőmérséklet	4	6	0,7
harmatpont	0	2	0,7
nyomás	1016	1023	0,9
NATO színekód	GRN	WHT	0,5
$\mu_{\text{átlag}} = \frac{(\mu_1 \cdot c_1) + \dots + (\mu_n \cdot c_n)}{12} =$			0,7
$\mu_{\text{minimum}} = \text{minimum}((\mu_1 \cdot c_1), \dots, (\mu_n \cdot c_n)) =$			0,25

6.3. táblázat Két helyzet közötti hasonlósági érték kiszámítása, ahol c_1, \dots, c_n az egyes paraméterek értékéhez rendelhető szorzatsúly (az egyszerűség kedvéért ezt a példában 1-nek tekintjük). Ennek segítségével eltérő arányban vehetjük figyelembe a rész hasonlóságok mértékét³⁶⁰

A fentebb látható $\mu_{\text{átlag}}$ és μ_{minimum} fuzzy tagságfüggvény-értékek a bemeneti feltételeknek megfelelően, mindegy egyes szituációhoz kiszámolásra kerülnek. Ezt követően, csökkenő sorrendben megkapjuk a kiinduló helyzethez illeszkedő k darab átlag szerinti leghasonlóbb, illetve a k darab minimum szerinti leghasonlóbb analóg szituációkat. Ezekből, különböző módszerekkel elő tudjuk állítani az adott meteorológiai kategória valószínűségi előrejelzését.

A módszer működésének bemutatására egy téli, mediterrán ciklonhoz kapcsolódó időjárási helyzetben megkerestük a 10 leghasonlóbb szituációt és elkészítettük az azokból adódó látástávolság előrejelzést, amit a 6.29. ábrán láthatunk. Itt jól látszik, hogy a látástávolság az első nyolc órára mindkét módszer (zöld és kék vonalak) esetén elég jól korrelál a valóban bekövetkezett látástávolságokkal (piros vonal), azonban 8. óra után a görbék széttartása figyelhető meg, ami valószínűleg az eltérő dinamikai folyamatoknak köszönhető és egyben természetes is. Nyilvánvaló, hogy a módszernek (mint minden más módszernek) vannak hátrányai is, ezért az előrejelzési feladatot, a numerikus modellezés nyújtotta lehetőségekkel kombinálva kívánjuk használni, alkalmazni.

³⁶⁰ Forrás: Farkas, 2013.

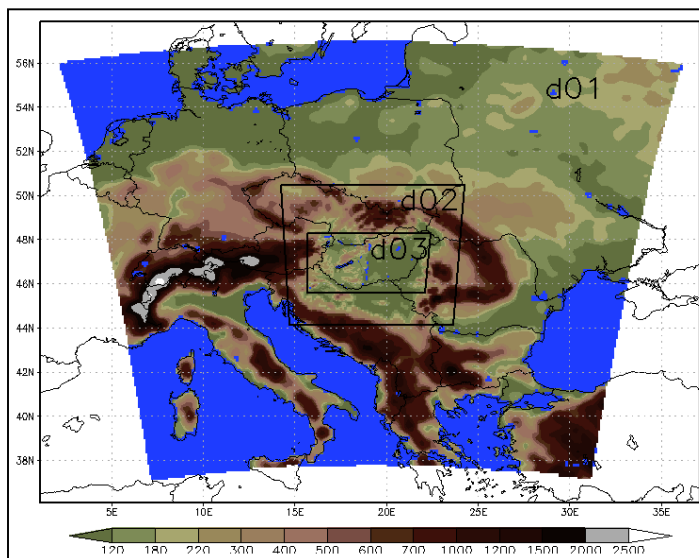


6.29. kép A megfigyelt és a 10 leghasonlóbb esethez tartozó átlagos látástávolság alakulása időben a szolnoki repülőtéren, a statisztikus módszer alapján³⁶¹

A numerikus modellezési alrendszer, egy, a Kárpát-medencére optimalizált WRF alapú numerikus modellre épül, melynek a használatához a kezdeti- és peremfeltételeket az amerikai GFS globális modell nyújtja. Az alkalmazott leskalázási, prognosztikai tartományok adatait a 6.4. táblázat, míg ezek földrajzi elhelyezkedéseit a 6.30. ábrán láthatjuk. Jelenleg a modell operatív módon naponta kétszer fut (0 UTC és 12 UTC adatokkal).

Tartomány	GFS	d01	d02	d03
rácspontok száma	720×180 (globális)	97×97	97×97	202×121
horizontális felbontás	0,5° (~50 km)	22' 500 m	7' 500 m	2' 500 m

6.4.táblázat A beágyazott modell tartományok rácsszáma és felbontása

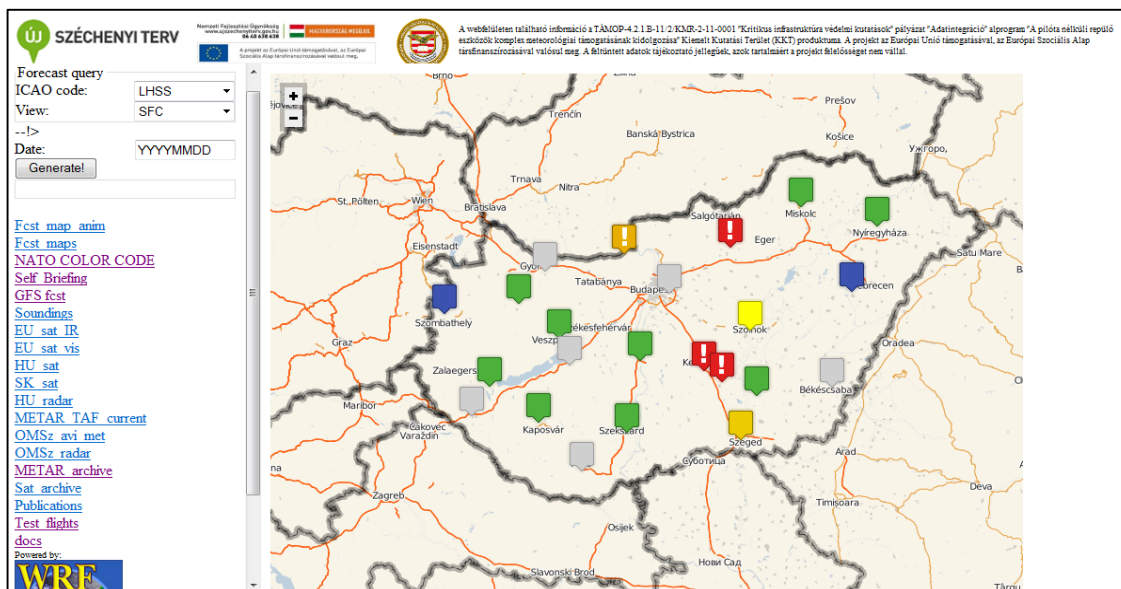


6.30. kép Az alkalmazott teleszkopikus-domain rendszer földrajzi elhelyezkedése a WRF modell esetén³⁶²

³⁶¹ Forrás: Hadobács et., al. 2013

³⁶² Forrás: Gyöngyösi et., al. 2013.

A modell nem-hidrosztatikus, mezo-skálán is jól teljesítő, igen sokrétűen parametrizálható rendszer. A parametrizáció optimalizációja során számos olyan veszélyes repülésmeteorológiai helyzetet elemeztünk, melyek az UAV repülésekre is komoly hatást képesek gyakorolni. Ezeknek a helyzeteknek az elemzése, és a rájuk vonatkozó modell-verifikációk elvégzése után jelöltük ki az operatív futtatáshoz alkalmazandó parametrizáció együttest. Természetesen a WRF rendszer által kapott output eredményeket további utófeldolgozásnak vetettük alá, hiszen a repülésmeteorológiai szempontból fontos időjárási tényezők (pl. a látástávolság, a felhőalap, a turbulencia stb.) előrejelzése ezt igényli.



6.31. kép Az UAV repüléseket támogató meteorológiai rendszer kísérleti web felülete. A színek az adott időpontra előre jelzett felhőalap és látástávolság alapján generált NATO szinkódokat jelentik³⁶³

A meteorológiai modell kimenő adataiból repülésmeteorológiai mennyiségeket kell származtatni, majd azokat oly módon megjeleníteni, kódolni, hogy a felhasználó (pl.: UAV repülő személyzet, döntéshozó, aki általában időjárás-modell adatokkal való munkában kevésbé járatos, korlátozott informatikai lehetőségekkel rendelkezik), könnyen hozzáférhető informatikai platformon tudja elérni azokat (6.31. kép). Egy publikus web felületre kerülnek ki az utófeldolgozást követően az adatok grafikus és numerikusan kódolt formában. A grafikonok két csoportra oszthatók:

- egy-egy kiválasztott földrajzi helyre (repülőterekre, UAV repülések céljára használható katonai gyakorló lőterekre vagy a modelltartomány bármely tetszőleges pontjára kiválasztott helyre) vonatkozó diagramok (felszíni adatok vagy vertikális profilok időbeli menetét bemutató ábrák) és
- felszíni vagy magassági szintre vonatkozó térbeli eloszlásokat térképes formában óránként bemutató ábraszorozatok.

³⁶³ Forrás: <http://meteor24.elte.hu/wrf/index.html>

Nézet típus	Elérhető adatok
térkép animációk	Alacsony, középmagas és magas szintű felhőzet mennyisége, záporos és frontális csapadék intenzitása, szélirány (vektor) és szélesebbesség (színezés), légrétegződés, termikus konvekció intenzitás, konvekciós és kondenzációs szint magassága. A térképek a felhasználó által kívánt átlátszósággal rétegezhetőek egymásra.
felszíni (SFC) paraméterek	QNH, 10 m-es szélesebbesség és szélirány, 2 m-es léghőmérséklet és harmatpont, valamint 1500 m-es konvekciós aktivitás (trigger-) kiváltó-hőmérséklete csapadék mennyiség (mm) és intenzitás (mm/h), konvektív csapadék jellemzői, (alacsony, középmagas és magas szintű) felhőmennyiség meteogram formájában.
számszerű (NUM) felszíni adatok	10 m szélesebbesség, szélirány, csapadék intenzitás, felhőmennyiség, hőmérséklet és harmatpont, trigger hőmérséklet és QNH távirati formában.
számszerű (NUM2) repülésmeteorológiai adatok	Repülésmeteorológiai paraméterek (látótávolság és felhőalap magasság) várható értéke óránként számszerűen megadva.
vertikális profilok (TROPO3) 3000m-ig	Szél, hőmérséklet, légrétegződés és relatív nedvesség várható menete a troposzféra alsó 3 km-es rétegében. A vízszintes tengely az UTC-ben megadott időpont, a függőleges tengely a tengerszint feletti magasság. A mezők tér-időbeli eloszlása színezéssel, illetve a szélirány esetében vektorokkal kerül megadásra.
vertikális profilok (TROPO7) 7000m-ig	TROPO3 nézethez hasonlóan, a nagyobb magasságú repülések céljaira rosszabb átláthatósággal, ám nagyobb, 7 km tengerszint feletti magasságig jeleníti meg a mezők várható magassági és időbeli menetét.
repülésmeteorológiai (UAV) adatok	SFC nézethez hasonló meteogramok a felszíni változókról, ám a WRF „gyári” beépített sémáival származtatott széllokés, felhőalap és látótávolság becslésekkel, a felhő mennyiség és a csapadék megjelenítését elhagyva.
termikus (TERMAL) paraméterek	A termikus konvekció karakterisztikáinak várható időbeli menetét meteogram szerű formában megadó diagramok: magassági hőmérsékleti advekció, konvekciós és kondenzációs szint magassága, Termikus Index profil fejlődése és a számított vertikális sebességek menete.

6.5. táblázat A WRF modell adatokból készülő, jelenleg a felhasználók számára a világhálón keresztül elérhető, UAV repülésmeteorológiai adatok összefoglaló leírása³⁶⁴

A diagramok földrajzi helyének kiválasztása történhet a repülőtér ICAO kódja alapján, a földrajzi koordináták kézi bevitelével, vagy a Google Map térképen kiválasztott pont grafikus megadásával egyaránt. A térképi információk időbeli animációját a felhasználó tetszőlegesen kiválasztott mezők egymásra helyezésével, és időbeli léptetésével kaphatja meg. A numerikus formában megjelenő adatok a METAR és TAF táviratok formájához hasonló kódolt karakter sorozatokként érhetőek el. Az interneten keresztül hozzáférhető adatokra vonatkozóan, melyek 96 órás időtávra adnak tájékoztatást, és naponta két alkalommal frissülnek, a 6.5. táblázat ad magyarázatot. Fontos szempont még az adatok megjelenítésénél, hogy azok, egy korlátozott internet elérésű helyen is könnyen hozzáférhetőek legyenek, akár mobil eszközön, kis sáv szélesség mellett, de akár a repülés tervezésénél is kellő mennyiségű információval szolgáljanak egy nagyobb informatikai kapacitás esetén. A repülésmeteorológiai viszonyok várható alakulásáról ad áttekintést, az oldal frissítésének időpontjában várható NATO színekód megjelenítésével a NATO színekód térkép, mely alapértelmezettként jön fel az oldal betöltésekor (6.31. ábra).

³⁶⁴ Forrás: Gyöngyösi et. al. 2013.

Tervezzük továbbá, hogy a WRF dinamikai modell eredeti statikus (földrajzi) adatbázisát, a helyi sajátosságokat az eredeti globális adatbázisnál nagyobb részletességgel tartalmazó talajtani (TAKI), és felszínhasználati (CORINE) adatbázisaival cseréljük le. A hazai sajátosságoknak még inkább megfelelő talaj hidrológiai és felszíni parametrizációs együtthatók alkalmazásával kívánjuk a Kárpát-medencére tovább optimalizálni az előrejelző rendszert meghajtó dinamikai modellünket. A modell-fejlesztéseket a korábbinál hosszabb (legalább egy éves) időszakon kívánjuk verifikálni, szignifikancia vizsgálat segítségével.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Sándor Valéria és Wantuch Ferenc: Repülésmeteorológia. OMSZ kiadás. 2006.
- [2] Terry T. Lankford: Aviation Weather Handbook. McGraw-Hill. 2000.
- [3] Jereb Gábor: Aerodinamika és repülélmélet I.-II. Műszaki könyvkiadó. 1987.
- [4] Daniel S. Wilks: Statistical methods in the atmospheric sciences. Academic Press, 1995.
- [5] Roger A. Pielke: Mesoscale meteorological modeling, Volume 78, (International Geophysics). Academic Press, 2001.
- [6] David J. Stensrud: Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, 2009.
- [7] Bottyán, Z., 2011: Estimation of structural icing intensity and geometry of aircrafts during different conditions – a fixed-wing approach. Időjárás, Vol. 115., No. 4., 275-288.
- [8] Szilder, K., McIlwain, S., 2011: "In-Flight Icing of UAVs - The Influence of Reynolds Number on the Ice Accretion Process", SAE Technical Paper 2011-01-2572, doi:10.4271/2011-01-2572.
- [9] Jacobs, A. J. M., N. Maat, 2005: Numerical Guidance Methods for Decision Support in Aviation Meteorological Forecasting. Wea. Forecasting, 20, 82-100.
- [10] Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Duda, M.G., Huang, X.-Y., Wang, W., Powers, J.G., 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3 NCAR/TN-475+STR, June 2008, NCAR Technical Note.
- [11] Wang, W., Bruyère, C., Duda, M.G., Dudhia, J., Gill, D., Lin, H.-C., Michalakes, J., Rizvi, S. and Zhang, X., 2009: ARW Version 3 Modeling System User's Guide, July 2009, NCAR MMM Tech. Note.
- [12] Paulik Beáta, Dr. Wantuch Ferenc és Ozoli Zoltán: Pilóta nélküli légi járművek meteorológiai üzemeletetése, Repüléstudományi Közlemények, 24, (2), 315-325, 2012.
- [13] Bottyán Zsolt, Wantuch Ferenc, Tuba Zoltán, Hadobács Katalin és Jámbor Krisztián: Repülésmeteorológiai klíma adatbázis kialakítása az UAV-k komplex meteorológiai támogató rendszeréhez, Repüléstudományi Közlemények, 24, (3), 11-18, 2012.
- [14] B. K. Hansen: A Fuzzy Logic-Based Analog Forecasting System for Ceiling and Visibility. Weather Forecasting, Vol.22, 1319-1330, 2007.
- [15] B. K. Hansen: Analog forecasting of ceiling and visibility using fuzzy sets, 2nd Conference on Artificial Intelligence, American Meteorological Society, 1-7., 2000.
- [16] Hadobács Katalin, Tuba Zoltán, Wantuch Ferenc, Bottyán Zsolt és Vidnyánszky Zoltán: A pilóta nélküli légi járművek meteorológiai támogató rendszerének kialakítása és alkalmazhatóságának bemutatása esettanulmányokon keresztül. Repüléstudományi Közlemények, 25, (2), 405-421, 2013.
- [17] Gyöngyösi András Zénó, Kardos Péter, Kurunczi Rita, Balczó Márton és Bottyán Zsolt: Időjárás kutató- és előrejelző modell alkalmazása pilóta nélküli repülések komplex meteorológiai támogatására Magyarországon. Repüléstudományi Közlemények, 25, (2), 435-458, 2013.
- [18] Z. Bottyán, F. Wantuch, A. Z. Gyöngyösi, Z. Tuba, K. Hadobács, P. Kardos, and R. Kurunczi: Development of a Complex Meteorological Support System for UAVs. World Academy of Science, Engineering and Technology, 76., 1124-1129., 2013.
- [19] Farkas Balázs: Fuzzy logikán alapuló analóg előrejelzések vizsgálata a felhőzet és látástávolság értékeire vonatkozóan. Földtudományi (meteorológus szakirány) BSc. Szakdolgozat (Témavezető: Dr. Bottyán Zsolt). Debreceni Egyetem. 2013.
Czender Csilla (szerk.): Kézikönyv meteorológiai asszisztensek részére. MH. GEOSZ kiadvány. 2009.

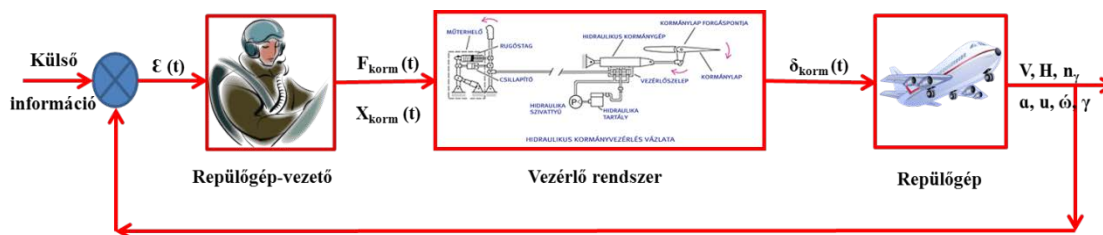
7

EMBERI TÉNYEZŐ A PILÓTA
NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK ÜZEMELTETÉSÉBEN

A repülés történetét csak úgy, mint annak szabályait vérrel irták. Közhely ez, de mint minden ilyennek, jelentős a valóságtartalma. A repülésben mindig is meghatározó jelentősége volt az ember jelenlétének, ami napjainkra sem változott. Sajnos, azt is el kell ismernünk, hogy az esetek nagy többségében az ember ennek a bonyolult rendszernek leggyengébb láncszeme, függetlenül attól, hogy katonai vagy polgári légi közlekedésről beszélünk. Nincs ez másképpen a viszonylag nem jelentős múltra visszatekintő pilótanélküli repülőeszközök alkalmazásában sem. Ezért elsődleges fontossággal bír a gépet irányító ember alkalmassága erre a feladatra, mely követelményeinek meghatározása jelenleg is a repülést (is) szolgáló humán tudományok (repülőorvostan és élettan, repülő pszichológia, teljesítmény- és szomato-diagnosztika) elsődleges feladatai közé tartozik. Nem különbözik ez, az UAV alkalmazási területén sem, bár ezek az egészségügyi követelmények természetesen eltérnek a valós repülést (légi harcot) végrehajtó pilóta élettani-teljesítmény mutatóitól, mivel az utóbbi élettani stresszorainak súlya, repülésbiztonsági kockázati szintje is eltérő. E fejezetbe, a pilótanélküli repülőeszközök kezelőivel szembeni követelmények elméleti és gyakorlati alapjait törekszünk bemutatni.

7.1 BEVEZETÉS

Bármilyen gépet, így a légi járművet irányító (vezérlő, szabályozó) ember (pilóta, kezelő, operátor) annak működ(tet)ésekor, vele közösen *ember-gép rendszert* alkot. Ez tulajdonképpen olyan szabályozási kör, melynek egyik eleme a repülőgépvezető, irányító jeleit (parancsait) a légi jármű belső kormányzerveinek megfelelő $F_{korm}(t)$ erővel (intenzitással), irányba, a szükséges $X_{korm}(t)$ úthosszal (mértékkel) történő kitérítésével közli a vezérlő rendszerrel (7.1. ábra).

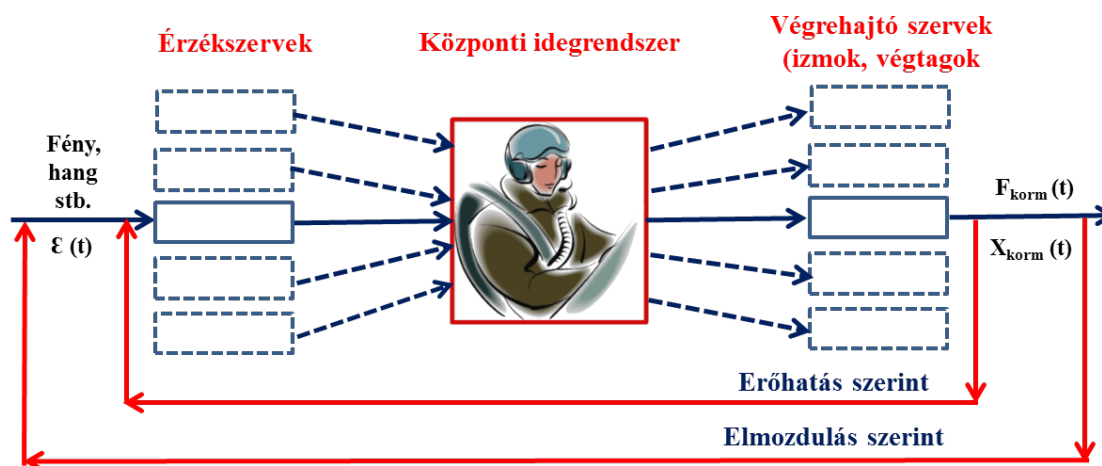
7.1. ábra A repülőgépek rendszerei³⁶⁵

Ennek hatására, – gyakorlatilag késleltetés mentesen – arányosan, $\delta_{korm}(t)$ értékkel kitér(nek) a megfelelő külső kormányzerve(ek), aminek következtében megváltozik a repülőgép térbeli helyzet és/vagy mozgásállapota (v, H, n_y, α stb.). Utóbbiak közvetlenül és műszerek, kijelzők segítségével visszacsatolódnak az irányítóhoz, aki észelve ezeket, integrálva az aktuális külső információkkal (analizálva, szintetizálva, azokat), – az előzőekben leírt módon – további parancsjeleket generál. E bemutatott hatásmechanizmusa gyakorlatilag független attól, hogy közvetlenül a merev, vagy forgószárnyas repülőeszköz fedélzetén, annak pilóta-fülkéjéből, esetleg attól jelentősen (akár több száz/ezer kilométerrel) távolabb, a földön, másik légi jármű fedélzetéről, operátor-pult mellől történik. Az eredményességet a vezérlőrendszer korszerűsége, ergonómiai megfelelősége, az információáramlás megbízhatósága, sávszélessége fedettsége, valamint a

³⁶⁵ Óvári: Repülőgépek rendszerei (multimédiás tananyag NKE, BMGE hallgatók számára) /kézirat/ ZMNE 2009.

pilóta (operátor, kezelő) felkészültsége és pszicho-fiziológiai adottságai, állapota, az adott cél-feladat megvalósítására való alkalmassága határozza meg. (E fejezetben belül csak e problémakörrel összefüggő legfontosabb kérdéseket tekintem át.)

A 7.1. ábrán bemutatott ember-gép rendszer egyik elem a pilóta, szabályozás-elméleti szempontból maga is egy alrendszer is (7.2. ábra), amely működésének hatékonyságát – elméleti felkészültségén, kreativitásán, gyakorlottságán stb., túl – érzék- valamint végrehajtó-szervei működési minősége, pontossága, állóképessége stb. alapvetően meghatároz.



7.2. ábra Az ember-gép rendszer elemei³⁶⁶

Hatékony irányító rendszer csak úgy hozható létre, ha annak kialakításánál figyelembe veszik az ember alábbi fiziológiai, pszichikai sajátosságait:

- az érzék- és végrehajtó szervek által feldolgozható információk, illetve a kiadható parancsjelek száma korlátozott. Az idegrendszer több, egyidőben, különböző csatornán beérkező jelet képes szintetizálni, integrálni, majd differenciált parancsjelet kiadni, ezek azonban bizonyos mennyiségű hibát is tartalmazhatnak;
- a külső hatásra (ingerre) az emberi válaszreakciók késnek (átlagosan 0,2–0,3 másodpercet);
- az emberi finomszabályzó tevékenység – az időtől és megkövetelt pontosságtól függően – tehetetlenséggel bír, azaz csak fokozatosan csökkenő amplitúdójú, alul- és túlszabályozásokon keresztül valósul meg;
- csökken a szabályozási folyamat pontossága, ha az érzékszervekre érkező jelek túlzottan gyengék, erősek vagy gyorsak ($f > 2,5\text{--}3$ Hz), illetve kedvezőtlenek a munkavégzés körülményei (hideg, meleg, túlterhelés stb.);
- az érzékszervek érzéketlenségi zónákkal rendelkeznek, ezen kívül a beérkező jelek egy részét kiszűrjük (nem feltétlenül a kevésbé fontosakat);
- az érzékszervek megbízhatósága működés közben (kifáradás, monotónia, hipobárikus hypoxia, túlterhelés stb.) csökken;
- a végrehajtó szervek maximális és folyamatos terhelhetősége korlátozott (fáradás).

Ezek többsége – ha nem is valamennyi azonos mértékben – egyaránt befolyásolja a légi járművét közvetlenül annak fedélzetről, vagy a földről rádióparancsokkal irányító repülőgépvezető tevékenységét.

Részletes elemzés mellőzésével, könnyen belátható azonban az is, hogy érdemi különbségek is mutatkoznak a közvetlen és a távirányításos repülőgépvezetés stressz-tényezői között. Alapvető, hogy míg egy (különösen vadász-) repülőgépvezető munkájának minőségét alapvetően befolyá-

³⁶⁶ Óvári: i.m.

solja a túlterhelés, vagy az esetlegesen meghibásodott légkondicionáló rendszer miatt bekövetkező hipobarikus hipoxia, addig ez pilótánélküli légi járművet irányító operátornál periférikus szempontként sem jelentkezik. Utóbbiak tevékenységét viszont vélelmezhetően sokkal inkább meghatározza a monotonia, a csak műszereken keresztül történő nem ritkán jóval nagyobb késleltetéssel történő információ visszacsatolás.

Mindezekből következnek:

- az egyezők mellett érdemben különböző követelmények, prioritások is megjelennek a pilótánélküli légi járművek irányítóival szemben, így ezeket célszerű definiálni és érvényesíteni kiválasztásukkor. (Azaz, pl. nem feltétlenül a volt repülőgépvezetők a legalkalmasabbak UAV operátornak!);
- az alábbiakban meghatározóan az UAV- kezelőjére ható tényezőket és stresszorokat szükséges vizsgálni.

7.1.1 Látás, térbeli orientáció

A repülés közben a pilóta által felfogott és értékelt információ 80%-a vizuális. A jövő látásjavító berendezései ezt 90%-ra emelik. A sisakhoz illesztett kijelzők/display-k, az éjjellátó berendezések (NVG, *night vision goggles*), a sisakvizorok (nukleáris robbanás okozta fényfelvillanás, lézer, éles napfény ellen védőbevonattal ellátott plexi/üveglapok) célja a pilóta vizuális teljesítményének, munkavégző képességének fenntartása, fokozása illetve kiterjesztése minden napszakra, minden időjárási – légköri viszonyra [7]. Ez, egyúttal az avionikai és fegyverkezelő rendszerekkel való integrációt is jelenti: amerre a pilóta néz, arrafelé vetül ki a sisak kijelzőre az aktuális harci helyzetet jelző grafikai kép illetve arrafelé (tehát akár hátra is) rakétát is indíthat: nincs szükség a hagyományos rakéta befogásra egy 30 fokos előreirányuló kúpszögben. Az éjszakai látást a fényerősítés elvén működő szerkezet és foszforreszkáló képernyő teszi lehetővé. Előnye óriási: megtartott operativitás (teliholdnál szinte nappali látóélesség) sötét adaptáció nélkül. Hátránya a beszűkült (kb. 40 fokos) látómező (a legújabbaknál is kb. 45–50 fokos, a kísérleti négy csöves, 100 fokos látóteret biztosító amerikai NVG pedig túl nehéz), csökkent mélységlátás és háromdimenziós képérzékelés. Természetesen a nagysebességű repülés egyéb problémái is hangsúlyozottan jelentkeznek a repülőgépnél. A vizuális információ feldolgozó képesség és a figyelem megosztás korlátozott volta a cselekvési időt is behatárolja [48].

7.1.1.1 Térbeli dezorientáció

A térbeli orientáció és helyzet felismerési képesség a pilótának a repülőgéphez, a környezethez, másik repülőeszközhöz, illetve a földhöz viszonyított helyzetének helyes érzékelése a jelenben és e viszony adekvát előrevetítése a korlátozott jövőbe. Ennek elvesztése az orientációs hiba, mely repülő-katasztrófák közvetlen oka lehet (fel nem ismert vagy I. típusú dezorientáció), továbbá a folytatódó és ismétlődő illúziók által fenntartott érzékelési konfliktus miatt (felismert vagy II. típusú dezorientáció) stresszhez, mentális összeroppanáshoz (rövidzárlathoz), neurózishoz, végül repülési averzióhoz vezethet [9]. A korszerű vadászgépek kínálta dinamikusan változó gyorsulási környezet a vizuális és vesztibuláris szenzorok (félkörös ívjáratok és graviceptor szőrsejtek) folyamatos ingerlését jelenti, a G vektor lényegi változása nélkül. Ezen illúziók és a kísérő nystagmus³⁶⁷ ellen küzdeni lehet a műszeres repülés még biztonságosabbá tételével, a tudatosulást nem követelő perifériás látórendszer imitálásával (a kabintető fémívét fedő lámpasor egy Földstabilizált vizuális környezetmintát kínál a szemnek a MALCOLM rendszerben, amely a horizontot reprezentálja). A többfunkciós, jól átlátható képernyők, a színes grafikus megjelenítések, a tekintetáthelyezést kiküszöbölő HUD mind a gyors áttekintést, a „NAGY KÉP”, mint egész átfogását segítik elő, a fegyver- és avionikai rend-

³⁶⁷ Szemtekerezés – A szemgolyók ritmusos rezgése, akár ingaszerű, szabályos, akár szaggatott, egyenetlen.

szerek zökkenőmentes kezeléséhez. Vészhelyzetben a vizuális és auditoros vészjelzők (ez utóbbiak hypoxiában tovább hatékonyak) tudatosítják pl. egy másik gép vagy a Föld közelségét.

Röviden ezek azok a hatások, amelyek a leginkább megnehezítik a pilóták és ezen belül is a katonai pilóták életét. Ezek a vizsgálatok képezik a repülőorvosi vizsgálatok alapját is. Ezek nagyon komoly és egzakt vizsgálati módszerek, amelyekkel még a földön ki lehet szűrni az alkalmatlanokat. [48].

7.2 A PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK KEZELŐIVEL SZEMBENI KÖVETELMÉNYEK

7.2.1 Az alkalmasság (pályaalkalmasság) alapvető kérdései

A tudományos pályaalkalmasság-tan elméletének fő problémái:

- az alkalmasság mibenléte;
- megismerhetőség;
- a vizsgálatok indokoltsága;
- validitás;
- felhasználhatóság

gyakorlata, pedig a legcélravezetőbb alkalmassági vizsgálatok módszertanának kidolgozására irányul. Az ilyen vizsgálatokkal lehetőség szerint a beválás valószínűségét is kutatni kell.

Az alkalmasság vizsgálat a kiválasztási folyamat része, szakasza:

- a tevékenység jellemzőinek figyelembevétele;
- az alkalmassági követelmények elbírálása;
- a kiválasztás célszerű módszereinek alkalmazása;
- a kiválasztással kapcsolatos döntés-előkészítés és döntés;
- a beilleszkedés és a beválás elősegítése.

Egy adott tevékenység végzésére az alkalmas, aki ismeretei, képességei és az egész személyisége (érzelmi adottságai, alkalmazkodása, motivációi, tulajdonságai) alapján az adott területen, tartósan legalább átlagos teljesítményt tud nyújtani, egészségének károsodása és személyiségének torzulása nélkül. A vizsgálatának egyidejűleg kell a rátermettség megállapítására és az alkalmatlanság kiszűrésére irányulnia. Az alkalmasság csak potenciálisan állapítható meg, a tevékenység végzés gyakorlatában dől el, hogy a valóságos megfelelés, beválás létrejön-e.

Az *ember- tevékenységi kör* rendszer, többrétű megfelelést jelent (egészségügyi, jogi, szakmai, vezetői stb.). Ugyanakkor ez minden esetben az egész emberre, annak egész személyiségére vonatkozik. Ennek alapján beszélünk az alkalmasság belső személyi (pszichológiai) feltételeiről:

- ismeretek (tudás);
- képességek – készségek;
- személyiség tulajdonságok [32].

7.2.2 Történeti áttekintés

Az UAV (pilóta nélküli légi járművek) bármilyen célú katonai alkalmazása, a polgári hasznosítás diverzifikálása (és a katonai alkalmazásokkal történő harmonizációja) már a 20. század utolsó évtizedében felvetette az UAV-k működtetésével kapcsolatos technikák, harcászati eljárások és műveletek összegzését. Figyelembe véve a rendkívül sokcélú alkalmazási lehetőséget (felderítés, precíziós csapásmérés, ellenséges légvédelem lefogása stb.) és az időkeret drámai lecsökkenését a célpont azonosításától a harcérintkezésig, szükség van a humán munkavégző képesség

kiterjesztésére, javítására: ez magában foglalja az UAV irányítópult tervezését, a légi járművek interoperabilitását, a sokszoros UAV eszközkészlet felügyeletét menedzselését. (A humán operátor és az UAV közötti kapcsolat lehet direkt irányítású, mint a „Predator”-nál és lehet programozott vezérlésű, mint a „Global Hawk”-nál. A NATO-n belül számos bizottság, munkacsoport kezdett foglalkozni a témával: AG 7 (Air Group 7), HFM (NATO Védelmi és Kutatási Ügynökségen belül a Humán Faktor, Orvosi csoport) és az UAV Panel.

7.2.3 Nemzeti sajátosságok

Az USAF Amerikai Légierő a „Global Hawk”-on nehéz szállító, tanker üzemanyag szállító, helikopter/felderítő pilótákat alkalmazott, ezt a bevetések összetettsége, a változó harci körülmények és a rövid reagálási idő indokolták. (Németországban az EuroHawk operátorai, amely Global Hawk platformmal rendelkezett, 3×8 órás missziós időbeosztással rendelkeztek.) A „Predator”-ral harci/bombázó pilóták hajtották végre feladataikat, 2 fős személyzetként, 12 órás misszió esetén 2 óránként váltották egymást. Az egészségügyi követelmények az USAF AFI 48-123 szerint: II. katonai hajózó egészségügyi osztály standardok és a III. osztály szerinti FAA (polgári) egészségügyi standardok teljesítése (kereskedelmi műszeres repülési szint a pilóták és navigátorok számára). A minősített UAV operátorok 2 éves forgásban kerültek ebbe a beosztásba. A Haditengerészetnél és a Tengerészgyalogságnál a haditengerészeti repülőkhöz lehettek UAV „mission commander” bevetési parancsnokok, egyéb személyzet magánpilóta engedéllyel csak operátor. Az US ARMY-nál nem kellett minősített repülő-hajózó állományi besorolás, csak földi kiképzés, minden szakaszban. Olaszországban aktív pilóták repültek a „Predator”-t. Németországban az akkori szabályozás szerint az UAV operátor, mint parancsnoki pilóta („pilot in command”) dolgozik, de az egészségügyi követelmények még megegyeznek az AT12 (légi forgalmi irányító) standardjaival. A brit Királyi Haditengerészet már 50 éve automatizált légitámasztókat alkalmaz, jelenleg MASE (Medium Altitude – 5000–25 000 láb közötti magasságon repülő, Short Endurance <4 óra időtartamú) UAV típusokkal repülnek, nagyrészt előre programozott üzemmódban, amely azonban szükség esetén a kezelő által felülvezérelhető. Jelenleg nincs előírt légitapasztalat/hajózó minősítés, az éves Légitforgalmi irányító standardot kell teljesíteni. (Közeljövőben hajófedélzeti UAV-t terveznek, melyet a Sea King Mk7 fedélzetről operátor irányít.) A brit Hadsereg „Predator”-ait a Királyi Tüzérség személyzete üzemelteti, noha a Hadsereg Légi Hadtestje szabja meg az egészségügyi követelményeket. Az Amerikai Hadseregben a tüzérség is üzemeltet UAV-kat. Az USAF-nál pilóták működtetik a drónokat, de az UAV-k típusa és szerepe különböző, több tényleges pilóta (légi vezetés) tapasztalatot kíván, mivel kevésbé automatizáltak az ARMY verziójához képest. FAA transzkontinentális járatokra dolgoz ki irányelveket az UAV-ok működtetésére (pl. FEDEX-nél)³⁶⁸.

Az UAV műveletek során a feladatok végrehajtásához szükséges elvárt mentális teljesítmény, érzékszervi teljesítőképesség szükségessé teszi az adott beosztásra jelentkező operátorok megfelelő egészségügyi alkalmassági vizsgálatát, szelekciós kritériumok meghatározását. Ezek a követelmények természetesen eltérnek a valós repülést (légi harcot) végrehajtó pilóta élettani-teljesítmény mutatóitól, mivel a repülés élettani stresszorok súlya, repülésbiztonsági kockázati szintje eltérő³⁶⁹.

Napjainkra az RPA-k alkalmazásának elterjedése szinte napról napra növekszik. Csak az Egyesült Államok hadseregében több mint 4000 különböző pilótánélküli repülőeszközt alkalmaznak. Emellett az is szól, hogy bekerülési költségét tekintve jelentősen alacsonyabb, mint a legújabb generációjú vadászrepülőgépeké (F-22; F-35; T-50).

Ezeket a légi járműveket ugyan nem „hajózó” pilóta irányítja, de olyan komplex repülési és harci

³ FEDEX: Federal Express: Szövetségi Gyorsposta szolgálat

³⁶⁹ DR. SZABÓ Sándor András: UAV (pilóta nélküli légi jármű) műveletek humán tényezőinek elemzése repülésbiztonsági szempontból „Repüléstudományi Közlemények” Különszám 2013. 482. oldal

rendszerek, ahol a működtetésért felelős földi operátor felelőssége alapvető. Kiképzésük, hosszú távú munkaképességük biztosítása nem jelent akkora terhet, mint a pilóták hasonló felkészítése. Konkrét lehetőség nyílik arra, hogy az egészségügyi alkalmassági vizsgálatok spektrumát szűkítsék. A szimulátoron történő képzés egyszerűsítése – lényegesen alacsonyabb anyagi ráfordítást követel. Egyértelmű, hogy az ilyen eszközök bevetése, bármely célból is kerülnek alkalmazásra, a repülésbiztonsági problémák mellett komoly nemzetbiztonsági jelentőséggel is bír. Mivel, ha valamely emberi hiba miatt felderíthető és elemezhető állapotban kerül az ellenség birtokába, az jelentős műszaki és katonai veszteséget jelenthet. Így már érthető az a követelménytámasztás, amelyet a szakemberek a kezelők számára megállapítanak, legyen az akár egészségi állapotára, cselekvőképességre vonatkozó, az legalább olyan jelentőségű, mint az „igazi” pilóta bármely, a repüléshez köthető képessége. Az operátor munkavégző képességének elemzése, a humán faktor hiba lehetőségeinek kizárása ezért alapvető. Erre vonatkozóan például az Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa (Phoenix Arizona) már külön UAV szekciót³⁷⁰ szervezett, ahol az előadásokon nagy hangsúlyt kapott a kiválogatás szempontjainak elemzése, a szellemi teljesítmény magas szinten tartásának hatékony módszerei és a kifáradás megelőzésének lehetősége [48].

A hozzáférhető külföldi szakirodalom feldolgozását kiegészítik a hazai vizsgálati protokoll kialakítására irányuló, jelenleg is zajló, a humán tudományok széles körét felölelő, kutatások is. Ezek egyrészt a jelöltek antropometriai vizsgálatát, motoros képességeik felmérését és földi körülmények között, szimulátorban nyújtott repülési teljesítményüket és mentális funkciók értékelését foglalják magukba. A kutatómódszertan alkalmazásával lehetőség nyílik a kognitív feladatot kísérő stressz reakció jellemzésére, ezáltal a tűrőképesség és beválási valószínűség megállapítására. A vizsgálati eredmények, amennyiben megfelelő validitási szint igazolja a kutatók hipotéziseit, úgy hosszú távon alátámaszthatják az alkalmassági kritériumok életszerűségét.

Az egészségügyi követelmények faktorai:

- közös kiképzési és oktatási elvek a közös (több-nemzeti) hadműveletekhez és az interoperabilitáshoz;
- fizikai és mentális munkaterhelés;
- pszichomotoros és térbeli tájékozódó képesség;
- attitűd (repülőgép állásszög, magasság stb.) tudatosság és kontrol;
- szituációs/helyzeti tudatosság (például légi összeütközés: MAC³⁷¹ elkerülése);
- új kijelzők és műszerek ergonómiai tulajdonságai;
- CRM (crew resource management): légi személyzet komplex humán erőforrás menedzselése, az együttműködés javítása;

A NATO tagországok egyeztetett állásfoglalása alapján elfogadták azokat az alapelveket, amelyek meghatározhatják az RPA kezelőszeméllyel szembeni egészségügyi követelményeket:

- a funkcionális képességekre kell a standardokat építeni, hogy az UAV irányítását képes legyen fenntartani (és a potenciális kontrol vesztes követelményeit ki tudja védeni);
- a hadsereg által használt UAV-k (Predator és Watchkeeper) egyszerűen kontrollálhatók (egér + billentyűzet), csak minimálisan van szükség a hagyományos kéz-szem koordinációra. A személyzet valamely tagjának pillanatnyi cselekvőképtelensége nem kiemelt kockázati tényező, mivel az UAV-k általában előre programozottak és az operátorok nem egyedül dolgoznak;
- alapvető a jó látási és hallási teljesítmény az elvárt magas audio/vizuális input, információfeldolgozási kapacitás igénye miatt;

³⁷⁰ ASMA annual conference, www.asma.org, (2010.12.6)

³⁷¹ MAC – Mid Air Collision – Légi összeütközés

- az UAV működtetés megfelelő lehet olyan légi személyzet számára, aki többé már nem alkalmas repülőszolgálatra;
- külön értékelendő a kontrol vesztés potenciális kockázata az UAV típusától, szerepétől függően (pl. nagy UAV (polgári) ellenőrzött légtérben, versus kis, automatizált UAV katonai légtérben);
- a meglévő létező egészségügyi standardokból kell kiindulni, ezeket kell finomítani az UAV típusától, szerepétől és a kockázattól függően;
- a toborzási és a kiképzett repülő-hajózt megartó követelmények alapvetően a funkcionális képességektől függenek: mennyire képes kontrollálni az UAV-t, megfelelni az általános hadronemi alkalmassági követelményeknek, mennyi a hirtelen cselekvőképtelenség kockázata.

Ezeknek az elveknek az elfogadása után az RPA operátorok számára közös egészségügyi standardokat fogadtak el:

- a kidolgozott követelményeket alkalmazzák minimum követelményként, mind a repülőorvosi kiválogatás, mind az éves vizsgálatok során azon UAV-k operátorainál, melyeket az emberes/pilóta vezette repülőeszközökre vonatkozó nemzeti szabályok szerint alkalmaznak;
- olyan UAV operátoroknál, melyek látótávolságban csak néhány száz láb magasságban, lezárt vagy katonai műveleti légtérben működnek, elegendő néhány alapvető követelményt teljesíteni;
- speciális követelményrendszert kell érvényesíteni olyan UAV-k kezelőknél, ahol kontrollált (légtérirányítás alatt álló) légtérben polgári vagy katonai pilóta vezette repülőeszközzel kell együtt repülni, vagyis nemzetközi útvonalakat kell használni. ezeknél az operátoroknál a nemzeti hatóság által kibocsátott licenc (szakszolgálati engedély) szükséges, mely megfelel a nemzeti és nemzetközi jogi szabályozásnak.

Ezekből a szabványokból kiindulva az együttműködő országok meghatározták azt, hogy referenciaként az RPA-k következő osztályozása alkalmazható:

- 1. kategória:** Kisméretű, rövid hatótávolságú UAV, amely nem igényel licenc (szakszolgálati) engedélyt vagy regisztrációt, korlátozott/zárt/műveleti katonai területen működik;
- 2. kategória:** közepes UAV, amely licencet vagy regisztrációt igényel. A felszállás és leszállás katonai/korlátozott területen, a repülési útvonal korlátozott légtérben történik;
- 3. kategória:** közepes vagy nagyméretű UAV, amely engedélyt vagy regisztrációt igényel, mind korlátozott, mind ICAO által ellenőrzött (polgári) területen és légtérben működik, IFR vagy VFR repülési szabályok szerint. A légtér használata megosztott más polgári, pilóta vezette repülőgépekkel.

Jelenleg a NATO tagországok hadseregeiben az alábbi katonai repülőorvosi standardokat dolgozták ki és alkalmazzák:

1. az UAV operátorok egészségügyi követelményrendszere alapvetően kockázat-alapú és nem megszorító jellegű. Kezeli a különböző UAV kategóriák eltérő követelményeit a műveleti jellegtől függően (hatótávolság, magasság, légtérbe integráltság foka, összetett feladatok pilóta nélküli és pilóta által vezetett repülőgépek közös hadművelete során);
2. az 1. kategóriájú UAV operátorok egészségügyi standardjai nem igényelnek speciális repülőorvosi értékelést. A vizsgálati alanyoknak a vonatkozó nemzeti standardokat kell teljesíteni a folyamatos hivatásos szolgálat során (esetleg további nemzeti standardokat kell alkalmazni);
3. a 2. kategóriájú UAV operátorok és idesorolt minősített kezelő személyzet számára a földi légiirányító egészségügyi követelményeit kell teljesíteni;
4. a 3. kategóriájú UAV operátorok számára a légi személyzet/pilóta egészségügyi standardjait kell teljesíteni, a vonatkozó nemzeti standardok szerint. Légi személyzetnek számít minden fedélzeten tartózkodó a repülés alatt. E dokumentum vonatkozásában a személyzet fedélzeti

pozíciója egyenértékű a navigátor vagy fedélzetmester (rakodás és hasznos teher felelőse) beosztásával. A 3. kategóriájú UAV operátor legyen képes fenntartani az UAV határozott irányítását egész időtartamban, a cselekvőképtelenség minimális kockázatával. Kielégítő látóélességgel és színlátással kell rendelkeznie. Alapvetően a légi személyzet repülőorvosi standardja megfelel a 3. kategóriájú UAV operátoroknak. Ugyanakkor mivel az operátor nincs kitéve a valós repülési körülmények fizikai követelményeinek, a nemzetek kialakíthatják a saját speciális UAV operátor egészségügyi követelményrendszerét, biztosítva, hogy ez nem befolyásolja kedvezőtlenül a repülésbiztonságot (sem a földön levőket, akik fölött átrepülnek, sem azokat, akik ugyanabban a légtérben tartózkodnak);

5. külön értékelési eljárás lehet szükséges azon személyek (jelöltek vagy tervezett operátorok) szűrésekor, akik repülési tapasztalattal nem rendelkeznek (alapvetően a személyiség releváns minőségi jegyeit és a kognitív/megismerési funkciókat kell mérni).
6. a 2. és 3. kategóriájú UAV operátoroknak éves repülőorvosi vizsgálaton kell részt venniük, beleértve a kórelőzmények felvételét is [48].

7.3 AZ EMBERI TÉNYEZŐ MINT HIBAFORRÁS

7.3.1 Pilóta és operátor környezeti kihívásai

„A 4–5. generációs vadászpilóták korában a katonai repülésben magasan képzett, „tökéletesen egészséges”, a repüléssel járó kombinált élettani stressz helyzetekre földi szimulációs helyzetekben (centrifuga, barokamra, forgó GYRO laboratóriumi létesítményben) felkészített pilótákra van szükség. Az ilyen pilóták kiválogatásának, felkészítésének és rendszerben tartásának összköltsége vetekszik a korszerű harci technika és csapásmérő képesség árával”³⁷².

Az RPA műveletekben az emberi hibaforrások skálája eltér az ember vezette légi járművön kiemelt szerepet játszó, a valós repülési környezetből és élettani stresszor tényezőkből eredő hibáktól. Míg a repülőgép fedélzetén a gyorsulás-túlterhelés, az oxigénhiány és a térbeli dezorientáció a leggyakoribb baleseti ok, addig az UAV műveletek során az első két oksoport egészében kiesik, a térbeli tájékozódó képesség elvesztésének pedig új típusai kerülnek előtérbe, ahol nem a mozgási élmény, hanem annak hiánya csapja be az emberi érzékszerveket és vezet hamis helyzetérzékeléshez.

„Az UAV „pilótakabinja” a repülőeszköztől térben és időben elszakadva új helyzetet teremt:

1. hiányoznak (korlátozottak) az érzékszervi ingerek: vizuális funkció tekintetében még több kamera képéből is nehéz összerakni a teljes látóteret. Hiányoznak a hang effektusok (pl. hajtómű hangváltozása rendellenesség esetén). Atípusos a tapintás-nyomási ingerhiány (orrfutó leérése, rendellenesség okozat bukdácsolás);
2. pszichológiai szempont: a bevetés úgy történik, hogy nem hagyja el a megszokott környezetét (maradhatnak a családi, helyi problémák, miközben „lélekből” a feladatra koncentráció miatt messze jár);
3. ergonómiai eltérések: más lehet a kapcsolók helyzete (gyújtás és fegyverindítás kapcsolója a gázkaron);
4. munkalétkör (nagy számú oktatót egy-egy kiképzőre, 50 fő 1 kiképzőre);
5. egyedi kiképzési kihívások, magas műveleti tempo”³⁷³.

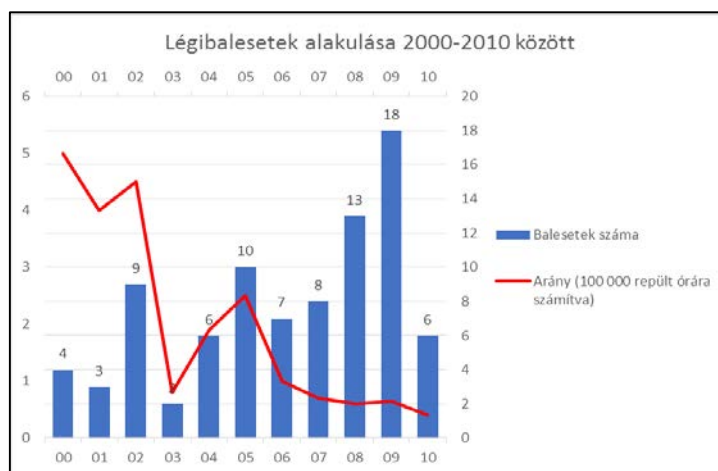
Az amerikai szerzők összehasonlították az „A” osztályú UAV katasztrófák alakulását a 2000-es években („A” osztályú az esemény, ha halált – rokkantságot, vagy totálkáros megsemmisülését

³⁷² DR. SZABÓ Sándor András: i.m. 482. oldal

³⁷³ Dr. Szabó Sándor András: i.m. 482. oldal

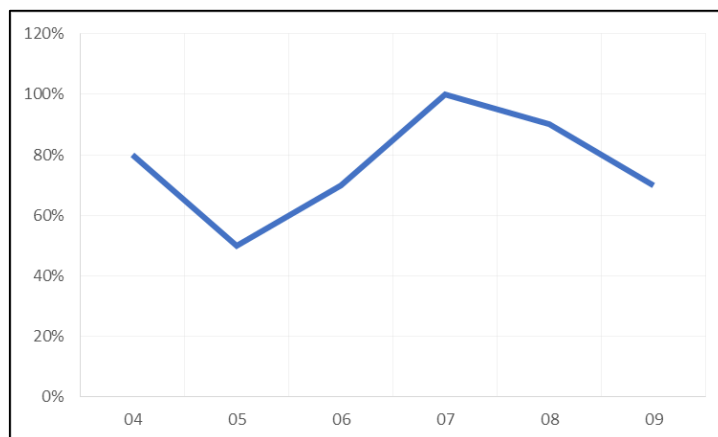
okozza a technikai eszköznek (vagy anyagi veszteség 2 millió dollárnál magasabb (7.3. ábra.).

A beosztási tábla alapján az Amerikai Légierőben bevezetett számítógépes modell (WorkAwake) meghatározza a „veszélyes zónákat”, ahol a szellemi reakcióképesség csökken: ez ellen megfelelő személyzet cserével, a kezelők váltási idejének csökkentésével lehet tenni.



7.3. ábra UAV eszközök „A” osztályú légi katasztrófa gyakorisága (100 ezer repült órára számítva)

Az emberi hiba aránya magas és következménye sem elhanyagolható: míg az USAF UAV baleseteinek 92%-a volt emberi hibának tulajdonítható 2008-ban, addig 2009-ben ez 71%-ra csökkent. (7.4. ábra)



7.4. ábra UAV gépek emberi hiba okozta eseményrátája

Ugyanakkor az emberi hiba okozat kárösszeg csak kisebb mértékben csökkent: 58 millió dollárról 51 millió dollárra azonos időszakot tekintve. Az emberi hiba amerikai rendszerű hierarchizált csoportosításában³⁷⁴ mind eljárásbeli – felügyeleti-ellenőrzési (rendszerhibák), mind személyhez köthető hibák (hibás érzékelés, félreértelmezés, elvárt esemény, tévesztés) is előfordultak [47].

7.3.2 Valós hadműveletek repülésbiztonsági aspektusai

Műveleti-repülésbiztonsági oldalról tekintve a legfontosabb humán tényezőket, a szenzorok alapján történő közvetett térbeli tájékozódó képesség („a nagy kép megragadása”) és a folyamatos logikai információ feldolgozó képesség a legfontosabb. Harris, így ír erről: „mintha Bill Gatesnek dolgozna az ember, amíg a harci bevetést repüli”³⁷⁵. Különösen 2007-ben volt nagy a humán té-

³⁷⁴ HFACS: Human Factors Analysis and Classification System – Emberi Tényező Elemzése és Osztályozási Rendszere

³⁷⁵ HARRIS, T.: Human Factors Challenges in Remotely Piloted Aircraft Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa (Phoenix, Arizona) www.asma.org., (2010.12.6)

nyezők okozta baleseti ráta (100%), de még 2009-ben is a leszállási balesetek mindegyikében egyértelműen azonosítani lehetett az emberi hiba szerepét. (7.1. táblázat) (A kódolt emberi hibaforrások: műveleti eljárás leírás hiánya, adatgyűjtés pontatlansága, műszeres és szenzoros visszacsatolás elmaradása, hibás érzékelés, negatív transzfer hatás, jártasság és rutin hiánya, összetévesztés.)

KATEGÓRIA	Gyakoriság az összes "A" osztályú események számához viszonyítva	Humán faktori vagy hozzájáruló szerepe
Leszállási baleset	17%	100%
Energia ellátási üzemzavar	33%	50%
Fedélzeti rendszer meghibásodása	50%	50%

7.1. táblázat 2009 évi UAV baleseti statisztika és az emberi tényező szerepe az Amerikai Légierőnél [47]

7.3.3 Humán faktor hatásainak korrekciója UAV műveletekben

Az emberi hibák – megfelelő kódolt rendszerben az UAV balesetek esetén is adatbázisba és folyamatos elemzésre kerül, így az esetleges biztonsági kockázatok mennyiségileg becsülhetők és megfelelő korrekció tehető.

- Légi jármű tervezése – bármilyen tervezési, konstrukciós hiba a baleseti adatok alapján javítható.
- Földi irányító központ tervezése:
 - intuitív (az operátor szándékát „megérző”) műszerezettség, szenzoros visszajelzés;
 - automatizáció;
 - leszállást segítő rendszer (perifériás látómező biztosítása, orrfutó kinti érzékelő);
 - immerzív³⁷⁶ környezet (fokozottan valóság-hű kijelzők).
- Kiképzés:
 - elméleti előadások, javított jegyzetek;
 - szimulátor repülés (javított MQ–9 modell), több vészhelyzeti eljárással (keresztstél);
 - valós repülések/UAV repültetések: szakképzett instruktorok, több idő a vészhelyzetek gyakorlására.
- Egyéb operatív tényezők:
 - vészhelyzeti ellenőrző lista, Technikai Karbantartási Utasítás kiadása;
 - akut és krónikus alvási problémák okozta kockázatok csökkentése;
 - személyzeti utánpótlás biztosítása.

A földi kiképző berendezések (szimulátorok) nagy segítséget jelenthetnek, még akkor is, ha kereskedelmi forgalomból kerülnek a rendszerbe. Az első platform (RQ–1), alapvetően a mérnökök oktatására készült és nem kimondottan „pilóta-barát” kijelzőkkel látták el. Utólag került beépítésre a szimulátorba például a Hellfire szimulátor (MQ–1 verzió). A későbbi Predator B szimulátor, még több fegyverzet imitált bevetését tette lehetővé. Jelenleg Irakban hadműveleti területen (OIF és OEF hadművelet³⁷⁷) több tíz CAP³⁷⁸ van állandó készenléti rendszerben, a légi-erő komponens parancsnokának utasítása szerinti váltásos rendszerben. A növekvő hadműveleti igény miatt 2011 végére ez több mint 50 CAP szolgálat ellátását tette szükségessé, a személyzet dinamikus bővítésével együtt. Az átképzésbe bevonható hajózó állomány számára kialakult

³⁷⁶ Immerzívnek nevezzük az olyan technológiákat, amik beszippantják a felhasználókat, a szokásosnál élénkebb, sokrétűbb élményt nyújtanak. Tipikus példa az immerzív technológiára a Kinect kontroller, ahol a teljes testünkkel irányítjuk a gépet és a játékot.

³⁷⁷ A szövetséges erők hadműveletei Irakban. Operation Iraqi Freedom, Operation Enduring Freedom – Iraki szabadság és Tartós szabadság hadműveletek

³⁷⁸ Combat Air Patrol – légi őrtárat

repülési ösztöneik ellen működik a kiképzési folyamat. A szenzor operátorok, akik a kijelzők adatait elemezve segítik elő a térbeli orientációt alapvetően képfeldolgozó specialisták.

Egy pilóta operátor mellett akár 4 szenzorkezelő is dolgozhat, akik csak az érzékelőktől kapott információkat dolgozzák fel. Még így is túl sok feladat hárulhat rájuk, nőhet a cselekvési idő, főleg MAC³⁷⁹ környezetben, ahol az UAV-k „rajokban” repülnek. Ebben a felállásban akár 4 UAV-t is irányíthat egy csapat az LVC-IA³⁸⁰ hangsúlyozottan valóságű környezetben. Ez megköveteli az ember-gép rendszer elemeinek teljes integrációját a HSI³⁸¹ alapelveinek megfelelően. Ennek legfontosabb része a HMD – sisakcélzó (head mounted display).

ELŐNYEI:

- könnyű, nappali fényviszonyok között is olvasható kivetítés, mely javítja a térbeli tudatosságot;
- mélységlátás sztereoszkópikus feldolgozás révén;
- vestibuláris (egyensúlyozó szerv felőli) információk alapján mozgásélmény generálása;
- már átkutatott területek képi információinak megőrzése;
- földi célpontok/tárgyak gyors beazonosítása;
- fejmozgás vezérelt dome kivetítés (domeprojection).

HÁTRÁNYAI:

- térbeli dezorientáció;
- mentális szimulátor betegség;
- térbeli feloldás nehezítettsége;
- időbeli késés;
- cél kijelölés duplikált folyamata.

7.3.4 Kifáradás

Külön kell elemezni a tartós munkavégzésből fakadó szellemi teljesítmény deficitet. A valós repülést végrehajtó harci pilótánál (pl. bombázó bevetésen) jól ismert probléma a hosszú távú repülés közben fellépő idegi fáradtság és testi vegetatív tünetek jelentkezése, a szellemi teljesítmény hanyatlása jól korrelál a véralkohol szint emelkedésével. Az UAV operátorok munkája során szintén jelentkezhetnek a folyamatos munkavégzés okozta problémák: felborul a 24 órás napi munkarend és a munkahét ciklusa, miközben a folyamatos váltáshoz szükséges állomány általában nem áll rendelkezésre³⁸². Ennek következtében a kognitív éberség, mentális reakcióképesség adott napszakhoz köthető szintje felborul az alvás és munkafázis rendszertelen változásával. A hosszantartó UAV műveletek és az aktív munkaidőszak napszaki vándorlása aktív Predator pilótánál is okozott már hirtelen teljesítménycsökkenést, a műveleti helyzet átláthatóságának elvesztését és „bealvást”. A kognitív éberség időbeli alakulását függvényként felfogva számos algoritmust dolgoztak ki különböző változókkal, ahol a legfontosabbak: a pillanatnyi teljesítmény potenciál, a teljesítmény hanyatlás időgörbéje, az alvás alatti regeneráció időgörbéje, és a napszaki együttható értéke. Ezeket együttesen a napi ébrenlét és alvás mennyiségi viszonya határozza meg, amelyek alapján komplex kockázat elemzés végezhető az elemi és járulékos domének tényezőinek súlyozott analízisével (7.5. ábra).

³⁷⁹ MAC – Multi Aircraft Control

³⁸⁰ Live, Virtual, and Constructive (LVC) simulation- -LVC Integrating Architecture (LVC-IA) hangsúlyozottan valóságű (élő, virtuális, konstruktív szimuláció, integrált szerkezettel)

³⁸¹ Human System Integration – ember-gép integrációja

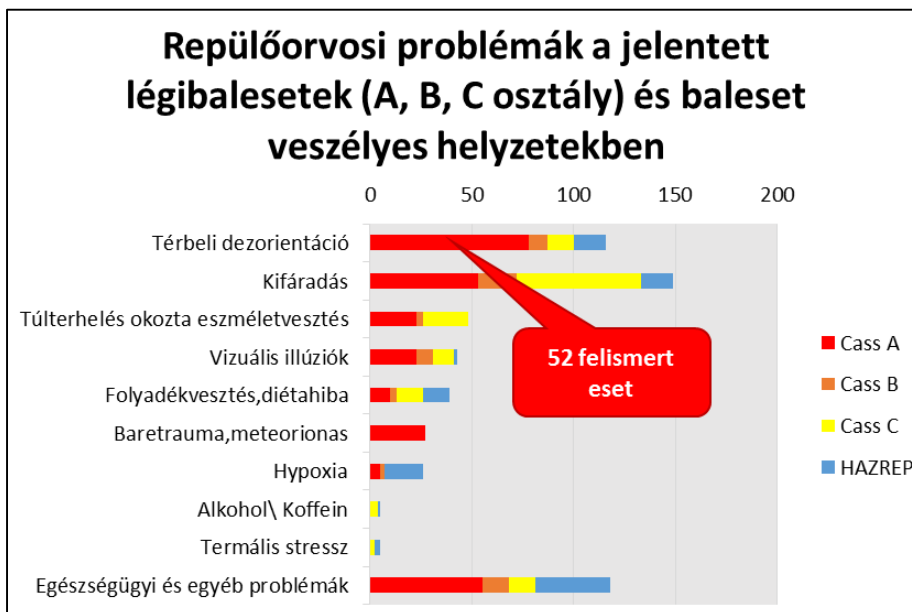
³⁸² LEE, L, Wesensten, N: Fatigue Risk Mitigation in UAS Operations, www.asma.org., (2010.12.6)



7.5. ábra Kifáradás elemei és járulékos tényezői [47]

A nappali és éjszakai műszak periódust összehasonlítva megállapítható, hogy az éjszakai műszak (22 óra 30 perc és 07 óra) első nyolc napjában a munkahatékonyság a kritikus 75% alá csökkenhet. (A program nem veszi figyelembe az egyéni különbségeket és a gyógyszeres, pszichostimulánsok okozta teljesítmény növekedést és természetesen valódi műveleti körülmények között elvárt és mért teljesítmény adatokhoz kell hasonlítani. Ilyen értelemben a végfelhasználók a Predator századok, ahol a WorkAwake beosztást tervező program használhatósága eldől.

Az US NAVY Amerikai Haditengerészet szintén nagy erőfeszítést tesz a fáradtság okozta műveleti problémák megelőzésére: a két évtizedet átívelő felmérésben közel 150 légi eseményben igazolták a kifáradás elsődleges kiváltó szerepét, ebből 52 eset „A” osztályú légikatasztrófa volt (2000–2006 között 20 ilyen eset volt) (7.6. ábra).



7.6. ábra Kifáradás okai szerepe az Amerikai Haditengerészet légi baleseteiben [47]

Egyéb balesetekben is közel 20%-ban hozzájáruló tényező volt, megháromszorozza a téves érzékelés és a repülési szabálysértési esetek gyakoriságát. Összesen 25 repülőeszköz elvesztéséért, 70 halálos áldozatért, és 560 millió dollár anyagi kárért felelős 2000–2008 között a haditengerészetnél³⁸³. Bár a haditengerészeti UAV műveletek során a közvetlen humán veszteség minimalizálható, az anyagi kár a repülőeszközök és speciális felszerelések egyre elterjedtebb alkalmazása miatt tovább

³⁸³ DAVENPORT, N.: Fatigue in Naval Aviation. 2010. május 11. ASMA konferencia www.asma.org, (2010.12.6)

nóhet, a repülési idők analógiájára heti-havi-éves bontásban az operátorok számára is maximalizálni kell a szolgálatban töltött időt. Erre vonatkozóan saját számítógépes ütemtervező/beosztást készítő programjuk van, és oktatják is az alvászavarok, kifáradás operatív jelentőségét³⁸⁴ is.

Az FAA a polgári repülési hatóság keretein belül szintén elemzi a kifáradás okozta kockázatot hasonló állománycsoporton.³⁸⁵ (Az USA területén 316 létesítményben több mint 15 ezer légiforgalmi irányító napi 55 000 repülőgépet irányít, akiknél a kifáradás okozta kockázat csökkentése alapvető.) Valamennyi irányító, felügyelő kérdőívet töltött ki, 15 irányító központban 208 légiforgalmi irányító pedig kétéves kifáradásos vizsgálatban is részt vett, ahol a teljesítményüket, fizikai aktivitásukat, alvásukat naplózták, pszichomotoros agyi teljesítményüket (vigilancia-éberség) monitorizálták. Ezek alapján módosítják a munkarendet, az elvárt feladat intenzitást, a munkaközi szüneteket, értékeli a potenciális alvászavarokat, nagy hangsúlyt fektetnek az oktatásra, egészségügyi felvilágosításra.

7.4 UAV KEZELŐSZEMÉLYZET KIVÁLOGATÁSÁNAK BEMENETI KÖVETELMÉNYEI

7.4.1 Általános szempontok az UAV operátor jelöltek kiválogatásában

A modern légierő változó stratégiájában az azonnali reagálóképesség prioritást élvez. Ennek kvintesszenciája az új jelmondat: „Jelezd előre a jövő történéseit, győzd le a váratlant és formáld a jövőt.”³⁸⁶

A hagyományos, pilóta vezette csapásmérő eszközökhöz képest az Amerikai Légierő RPA, azaz UAV műveleteiben a szimultán tömeges csapásmérő képesség új helyzetet teremt: míg a hagyományos vadászpilóta pilótája egyszerre néhány cél leküzdésére alkalmas fegyverzet közül választhat, kognitív döntés eredményeként, egyetlen „kibernetikus operátor”, azaz például egy UAV operátor, mint autonóm bevetés irányító számtalan légi célt tud kezelni, részben automatizált döntéshozatali mechanizmusok révén. Az új háborús zóna a telekommunikációs képességeket biztosító (hátszági) földi irányítóterem (ground control station) lesz, ahonnan az operátorok a bevetéseket irányítják. (Az USAF 330 ezres állományából jelenleg is 106 ezer ember (32%) vesz részt speciális műveletekben, míg a tényleges hajózó állomány létszáma csak 23 800 fő (7%).)

Természetesen ez azt is jelenti, hogy egyre nagyobb számú – magas színvonalú operátori munkára képes – szakállományt kell kiválogatni. A repülő-hajózó állomány kiválogatásának menete a legtöbb légierőben azonos: a jelöltnek először az általános, katonatiszti pályaalakalmassági (beleértve az egészségügyi) vizsgálatokon kell megfelelnie, alapvető pszichomotoros (műszeres) és kognitív teszteket kell megoldania, speciális repülőorvosi vizsgálaton kell megfelelnie. Utána pedig a repülő alapkiképzés során rendszeres szűrésen és válogatási teszteken kell átmennie, a legrosszabb teljesítményűek „kirostálásával”. Nyilvánvaló, hogy a specializált repülőorvosi intézetek képesek a többcélú, teljes szűrési igénynek megfelelni, akár több vonatkozó alkalmassági rendelet minősítését alkalmazva, ezzel térben és időben lerövidítve a szelekció folyamatát. Itt döntő szerepe van a pszichológiai műszeres vizsgálatok komputerezált, számítógépes teszt bázisának, amelyek folyamatosan újra validáltak, előjelzik a jelölt teljesítménye alapján a beválási esélyt.

³⁸⁴ FAST: Fatigue Avoidance Scheduling Tool –Kifáradás elkerülését célzó beosztás tervező eszköz.

³⁸⁵ HUSS, R.: Fatigue Risk Management, 2010. május 11. ASMA konferencia www.asma.org, (2010.12.6)

³⁸⁶ „Anticipate the Unknown, Overcome the Unexpected, & Shape the Future” in Ortega, B.: So what makes special duty special? Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa www.asma.org, (2010.12.6)

Ugyanez az elv követhető az UAV operátorjelöltek esetében, azzal a különbséggel, hogy tekintve a bevételek harcászati jellegét, a legtöbb légielő saját állományából válogat, és a korábbi repülőfedélzeti, pilóta tapasztalat határozottan előnyt jelent. Felmerül a kérdés, hogy a nagyobb, általánosabb populációból válogatva kiszűrhető-e a jelentkezők azon csoportja, akik jobb eséllyel, nagyobb valószínűséggel lesznek jó UAV operátorok. Erre a videojátékokban nyújtott teljesítményt vizsgálták a Német Repülőorvosi Intézetben, összevetve a pilóták minősítéséhez is használt tesztekben nyújtott teljesítménnyel³⁸⁷.

Több szerző szerint a videojátékokat gyakran játékosnál jobb a szem-kéz koordináció, jobb a vizuális rövidtávú memória, és jobb a mentális térbeli forgatásos képesség. Gyorsabb lehet a reakcióidő, jobb a szelektív figyelmi képesség, tökéletesebb a párhuzamos feladatok megoldási képessége („multi-tasking”). A konkrét összefüggést a videojátékban és a pszichomotoros alkalmassági teszteken nyújtott teljesítmény között kevesebben vizsgálták: Goeters és Lorenz 1985-ben úgy találta, hogy egy adott játék (PAC MAN) javította a térbeli tájékozódó képességet és koncentrációt, felfogási-érzékelési sebességet, reakcióidőt és koordinációt. Lang-Ree és Martinussen pedig 2008-ban írta le, hogy a számítógépes PC szimulátorokon szerzett tapasztalatok javítják a pszichomotoros koordinációt és térérzékelést.

A pszichológiai profil szempontjából amerikai szerzők a két legszélesebb körben alkalmazott UAV típus, az MQ-1 Predator és az MQ-9 Reaper operátorainak követelmény rendszerét elemezték³⁸⁸. Műveleti pilóták és parancsnokok véleményét összegezték, hogy szerintük ki a „jó anyag” operátori kiképzésre a személyiségi jegyek, a kognitív szellemi képességek, és a motiváció szempontjából. (A hadműveleti „kereslet” oldaláról nagy a nyomás, 2010-ig 600%-os a túlteljesítés a műveleti repülésekben, a Predator esetében a missziós repült órák száma elérte a 700 000 órát. Mindenképpen szükség van a válogatható – nem pilóta – populáció bővítésére, a lemorzsolódás csökkentésére, a minősítési szempontok egységesítésére.)

Az általános intelligencián túlmenően a vizuális nyomkövetés, a feladatok tér- és időbeli rangsorolása (térbeli orientációs képesség), gyors reakcióidő, tartós és megosztott figyelmi képességek a fontos kognitív jellemzők. A személyiségi jellemzők vonatkozásában a döntési érettség és határozottság, a pozitív hozzáállás-csoportszellem, rugalmasság és kitartás optimális keveréke fontos szempont. A motiváció tekintetében a munkaköri elégedettség, az UAV platform, mint munkahely elfogadása és egyúttal a sajátos „háborús” szereppel azonosulás (akár távolról ölni), elsődrendű. Ugyanakkor e követelmények aránya, fajsúlyossága nem tisztázott abban, hogy az UAV operátor sikeresen „repüljön”, harcoljon és győzzön. A témakör szakértőivel folytatott beszélgetések, a szükséges tulajdonságok listáinak összeállítása után szükség volt a validálásra, a szempontok konszenzus alapján történő beválási valószínűségének értékelésére. Ez majd a kiképzés alatti és az operatív körülmények közötti teljesítmények összevetésével együtt ad átfogó képet minden egyes tényező vagy tulajdonság tényleges fontosságáról.

7.4.2 UAV SZEMÉLYZET VIZSGÁLATI PROTOKOLL

A vizsgálat alaphipotézise, hogy pozitív korreláció található a kedvezőbb (élettanilag normális vagy normálishoz közelebbi) paraméterek és a pszichológia tesztek során mérhető paraméterek, valamint az UAV szimulátorban különböző repülési helyzetekben mért teljesítmény között.

³⁸⁷ REEB, C., EISL, M., SCHWAB, A.: PC-based flight simulator Experience as a predictor for Success in the German Armed Forces Pilot Aptitude Test Battery 2010. május 11. ASMA konferencia előadása, www.asma.org, (2010.12.6)

³⁸⁸ McMILLAN, K., CHAPPELLE, W., KING, R., McDONALD, K.: Psychological Profile of MQ-1 Predator & MQ-9 Reaper Pilots. Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa (Phoenix, Arizona) előadás, www.asma.org, (2010.12.6)

Amennyiben a pozitív korreláció bizonyítható, az azt jelenti, hogy az alany kisebb stressz szint mellett (vagy jobb stressz tűrőképességgel) hajtja végre feladatát, akkor adott UAV operátor valós körülmények közötti teljesítménye előre jelezhető.

7.4.3 Pszichomotoros koordináció

A hozzáférhető külföldi szakirodalom feldolgozását kiegészítik a hazai vizsgálati protokoll kialakítására irányuló, 2012-ben megkezdett és 2013 végéig tartó, a humán tudományok széles körét felölelő „A pilóta nélküli légitársaságok alkalmazásának humán aspektusból történő vizsgálata és a szabályozói környezet meghatározása” című kutatási projekt.

Elv: UAV szimulátoron adott repülési irány (irányszög, sebesség, magasság stb.) tartása, térbeli illetve a kísérő élettani stressz jelek (pulzus variabilitás) együtt értékelhetők a Schuhfried féle visuomotoros alappályás teljesítménnyel.

Hipotézis: Bármelyik repülési paraméterben bekövetkezett deviáció (száma, időtartama) korrelációja a pulzus eltéréssel nagyobb stressz szenzitivitást (esetleg szelektív figyelmi funkciót) igazol, és összevethető az alacsonyabb visuomotoros (osztrák Schuhfried műszeres teszt battérián nyújtott) teljesítménnyel is.

Lehetséges vizsgálati csoportok:

1. csoport 10 fő vizsgálati alany – valós repülési tapasztalattal (pilóta);
2. csoport 10 fő vizsgálati alany – nulla repülési tapasztalattal;
3. csoport 10 fő vizsgálati alany – minősített légiirányító;
4. csoport 10 fő vizsgálati alany – videojáték/szimulátor tapasztalattal.

Módszer:

A. A pszichés teljesítmény jellemzése: a Hornyik József kutató által összeállított virtuális repülési feladat végigrepülése: a laptop-on telepített UAV szimulátor program segítségével légtérrepülést kell végezni adott ideig (5 perc vizsgálati idő minimum), majd bizonyos tájékozódási pontokat visszakeresni., összevetve a visuomotoros koordinációs teszt során nyújtott teljesítmény szinttel, a hiba-tévesztés számát külön értékelve.

B.Élettani jellemzők monitorizálása: valamennyi páciensnél a feladat végrehajtása során végig monitorozni kell a szívfrekvencia variabilitást. Több évtizede ismert, hogy döntően szellemi munkavégzés alatt is kimutatható testi változások jelennek meg, amiket objektív mérési módszerekkel kimutatható. Ezek a következők a teljesség igénye nélkül: idegrendszeri aktivitás (szummációs EEG–P300, fMRI³⁸⁹), endokrin (kortizol), motoros (EMG³⁹⁰, pupillatágasság), kardiovaszkuláris (pulzus, vérnyomás, szív frekvencia variabilitás) stb.³⁹¹. Az EKG alapú analízisek előnye a non-invazivitás és olcsóság, ezért a pszichés kognitív teszt feladat mellett szívfrekvencia variabilitás analízist is végezhető.

A vizsgálatok során az UAV operátor jelöltekre/pilótákra csatlakoztatjuk a Láng, Horváth és munkatársaik^{392,393} által kifejlesztett ISAX (Integrated System for Ambulatory Cardio-

³⁸⁹ EEG: elektroencefalogramm: az agyi elektromos aktivitást mutató regisztrátum. P-300 egyik összetevője a külső inger után 300 msec-mal, fMRI: funkcionális mágneses rezonancia elvén alapuló képalkotó eljárás.

³⁹⁰ EMG: elektromyogramm: itom elektromos aktivitását mérő jel.

³⁹¹ Izsó, L (2001): Developing evaluation methodologies for human-computer interaction Ch 3 p: 11-43. Delft University Press, Delft, The Neatherlands.

³⁹² LÁNG, E., Horváth G (1994): Integrated System for Ambulatory Cardio-Respiratory Data Acquisition and Spectral Analysis (ISAX). User's Manual. Budapest, Hungary.

³⁹³ LÁNG E. (2001). Szívperiódus variabilitás. Oktatási segédanyag. Munka- és szervezetpszichológia Budapesti Műszaki Egyetem. Retrieved from url: <http://www.erg.bme.hu/szakkepzes/fiziologia/2001szpv.pdf> (2013.03.07)

Respiratory Data Acquisition and Spectral Analysis) 5.0-ás prototípusát. A készülékkel folyamatosan rögzítik az EKG alapú szívciklusokat, a kognitív stressz mérési fázisoknak megfelelően pedig idő-tartomány (közepes frekvencia tartományra, time-domain) és frekvencia-tartomány (frequency-domain) alapú elemzések végezhetőek [48].

7.4.4 A fizikai alkalmassági vizsgálatok modellje

Nagyon fontos felismerni azt, hogy az alkalmasság kérdésének pszichológiai aspektusain kívül rendkívül nagy jelentősége van a fizikai teljesítőképességnek is. Ez a megállapítás fokozottan igaz a hadsereg tevékenységére vonatkoztatva, mivel e képesség csak ezeknek a fontos alkotórészeknek az ideális megléte esetén áll fenn, és biztosítja a katona számára a megfelelő harcképességi szintet. A fizikai alkalmasság minden katona hadrafoghatóságának fontos alkotó eleme.

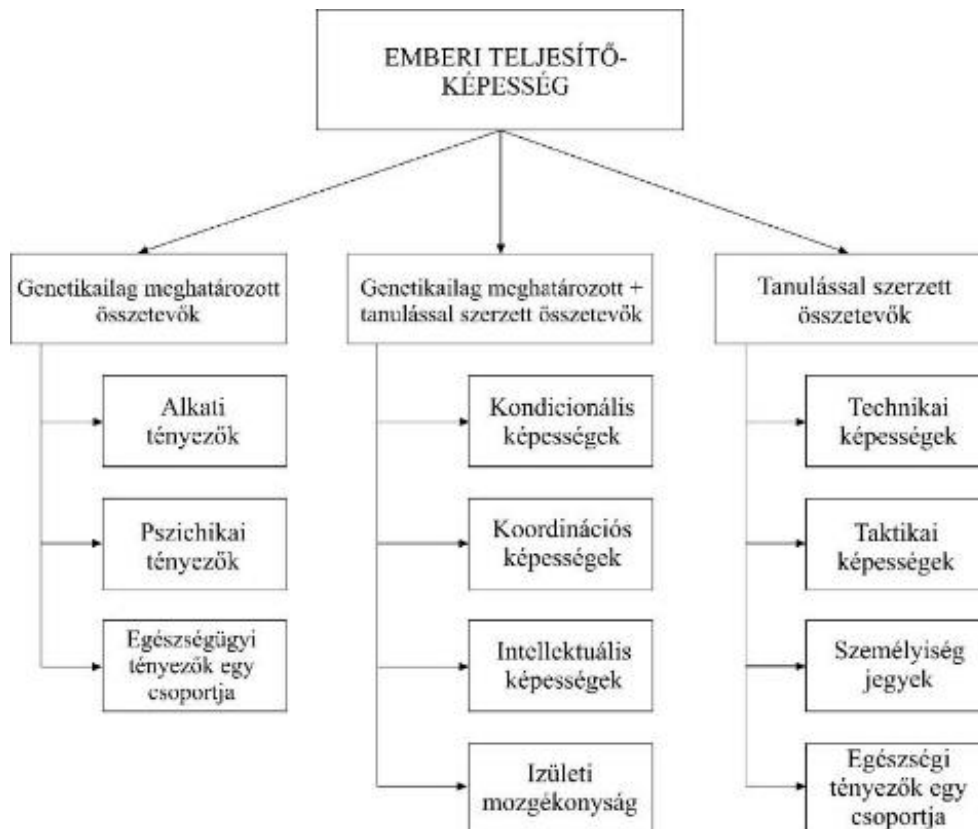
Az amerikai szakirodalmi források szerint a katonai alkalmasság struktúrája a következő:

A katonai alkalmasság alapelemei:

- technikai;
- értelmi;
- érzelmi (emocionális);
- fizikai alkalmasság.

A fizikai alkalmasság komponensei:

1. állóképesség;
2. erő;
3. erő állóképesség;
4. ízületi mozgékonyosság;
5. testösszetétel.



7.7. ábra Az emberi teljesítő képesség

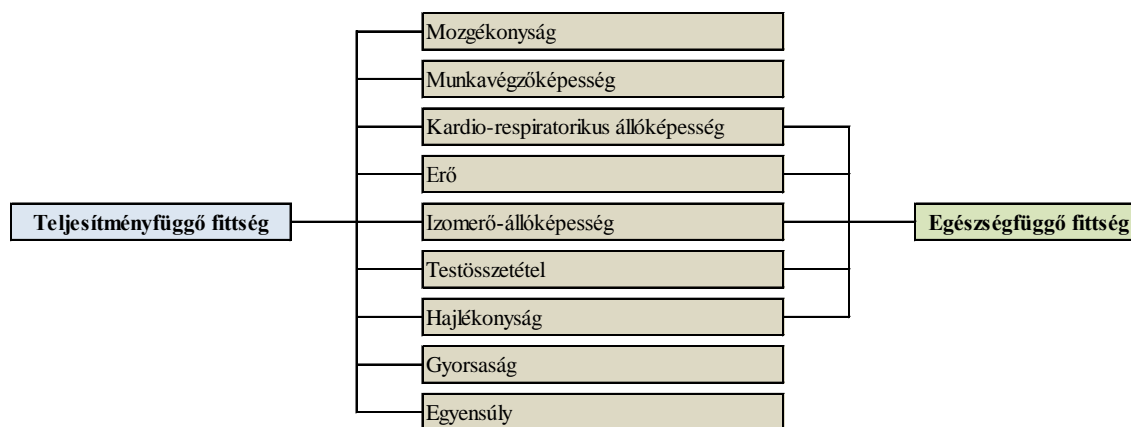
A technikai alkalmasság nélkül a katonának nem lehetnek megfelelő szintű ismeretei (elméleti és gyakorlati), jártásai és készségei, melyek nélkül nem tud majd harcolni. Értelmi és érzelmi alkalmasság nélkül hiányzik a harchoz szükséges motiváció és akarat, fizikai alkalmasság hiányában nem lesz elegendő ereje a harchoz.

Fizikai alkalmasság alatt az amerikai szakértők azt az állapotot értik, mikor a katona teljesen egészséges, képes arra, hogy magas fokú mozgáskoordinációt igénylő feladatokat hajtson végre és szervezete képes jelentős kifáradás után minimális időintervallum alatt regenerálódni, valamint a váratlan helyzetekben rövid határidő alatt képes maximális teljesítményt nyújtani.

A tesztek kiválasztásának kritériumai:

- a tesztek belső (szerkezeti) érvényessége a faktor-analízis segítségével megállapítható legyen, hogy meghatározhatóak legyenek a független paraméterek, kiválaszthatóak legyenek a fizikai fitness dimenzióinak és elemeinek megfelelő tesztjei.
- kimutatható legyen a tesztek külső (egybehangzó) érvényessége, hogy pontosan jellemezze az átlagos fizikai fitness szintjét s, hogy lehetővé tegye a különböző csoportok közötti megkülönböztetést a teljesítmény szintje, illetve intenzitása alapján.
- a tesztek megbízhatósága és objektivitása magas szinten legyen mérhető. Ezt részben a teszt-leteszt próbával, másrészt a különböző tesztelést végrehajtók által mért értékek összehasonlításával ellenőrizhető.
- végül, a nagy volumenű kutatási célú használhatóság mellett, a teszteknek praktikusnak és alkalmazhatóknak kell lenniük más szervezeti keretek között is. Ezért az egyszerűbb tesztek előnyben részesülnek a bonyolultabbakkal szemben, ha ez nem megy a megbízhatóság, az érvényesség és az objektivitás kritériumának rovására [3].

Az 7.9. ábra a fizikai fitness kilenc elemét mutatja be. Látható, hogy egyes elemek közösek, mind a teljesítmény – mind az egészségfüggő fitnessszel kapcsolatosak.



7.9. ábra fitness összetevői [50]

A fizikai fitness fogalmának három fő alkotórésze különíthető el: az organikus, a motoros és a kulturális. Az organikus dimenzió szoros kapcsolatban van az egyén testalkatával az energiatermelési és a munkavégzési folyamatok miatt. A motoros dimenzió a mozgáskontrollt és az izommunkához szükséges ügyesség pszichomotoros kapacitás fejlettségét is magába foglalja. Erre a nagyon összetett fogalomra általánosan a „motoros fitness” kifejezés használatos. Ezt nem lehet egyetlen teszttel vizsgálni, ehhez a motoros fitness különböző elemeit vizsgáló teszt-együttes szükséges. Az alapösszetevők közül három – erő, izomerő-állóképesség és gyorsaság – önmagában is több faktort fed le, ezért két tesztre van szükségünk, hogy ezeket a faktorokat mérhessük. Az ízületi mozgékonyság (hajlékonyság) és az egyensúly egy-egy teszttel mérhető. Lényeges, hogy a teszteknek annak figyelembevételével kell összeállítani, hogy az általános motoros teljesítőképességet mérjék és ne a mozgás-végrehajtási vagy a szakmabeli gyakorlottságot.

7.4.5 Munkahipotézis

A kutatási témából eredő feladatok átgondolása után az alábbi munkahipotéziseket alakíthatók ki:

1. a testi-fizikai képességeken belül a kondicionális képességek alapszintje mellett az összetett koordinációs képességeknek meghatározó szerepe van az UAV kezelőszemélyzet készségeinek kialakításában;
2. a fizikai képességeken belül a kondicionális képességek nem mutatnak jelentős eltéréseket az általánosan elvárható átlagértékekhez képest;
3. a koordinációs és pszichomotoros képességek területén az UAV kezelőszemélyzet jobb eredményt produkálnak az előbbieket átlagánál.

Ezek az alábbiak:

- szenzomotoros koordináció;
- egyensúlyérzék, tér- és tájékozódási képesség;
- vestibuláris rendszer terhelhetőségének fokozása;
- finom motoros koordináció;
- reakció- és mozdulatgyorsaság;
- szenzorium- és mozgásszervek koordinációja.

A fizikai felkészítés eszközeivel ezek a képességek kialakíthatók, a szakkiképzést modelláló módszerekkel a speciális képességek fejleszthetők.

1. a speciális erőjellelű adatok értékei elmaradnak attól a szinttől, amelyet a végzett feladatok élettani hatásai igényelnek;
2. a jelenleg megkövetelt mutatók csak egyes kondicionális képességek mérésére alkalmasak. Hiányzik a koordinációs képességek mérésére alkalmas eljárás, pedig a készségekhez kapcsolódó koordinációs képességeket is mérni, illetve fejleszteni kell;
3. a teljesítmény mennyiségi és minőségi értékei jelentős mértékben romlanak nagyfokú fizikai és pszichikai igénybevétel során, amely a fáradás által kiváltott artefaktumoknak köszönhető [50].

7.5 ÖSSZEFOGLALÁS

1915-ben Nikola Tesla disszertációjában vázolta fel egy pilóta nélküli repülőgép koncepcióját, amely képes lesz az Egyesült Államok védelmére. A pilóta nélküli repülőeszközök napjainkban már ígéretes komplett rendszert alkotnak, a jövőben „a hadsereg szemei” lehetnek. Ugyanakkor az operátor emberi esendősége, hibahajlama változatlan kockázati tényező, még a hagyományos pilóta vezette műveletekkel összehasonlítva is komoly költség kihatással jár katasztrófa esetén. A hadműveleti tapasztalatokra alapozva ugyanakkor kimondható, hogy számottevően javítják a bevetések sikerességét, csökkentik a katonák közvetlen harci terhelését, és az ellenségnek történő közvetlen harci kitettségét, a sérülés veszélyét, fejlesztésük perspektivikus.³⁹⁴ Az 1990-es évek elején fő feladatuk az információ gyors összegyűjtése, feldolgozása és visszaosztása volt, hogy lerövidítsék a szenzorok és a lövés/harci csapás között eltelt időt. Jelenleg zászlóaljnál 25 km-ig 1–2 órás időtartamban, dandárnál 125 km-ig 5–10 órás időtartamban, hadosztálynál szinten 200 km fölötti hatótávolsággal 16 óránál tovább tartó missziókban) alkalmazott, összesen 328 db rendszerben lévő UAS több mint 1 millió órát repült eddig az iraki-afganisztáni hadműveleti övezetben. Csak az Amerikai Hadsereg 2100 fő UAV operátort képez 2012-ben, ami 2003 óta 300%-os növekedést jelent.

³⁹⁴ Eyes of the Army” US ARMY Roadmap for Unmanned Aircraft Systems 2010-2035. UAS ARMY UAS Center of Excellence, Fort Rucker, Alabama url: <http://www-rucker.army.mil/usaace/uas/US Army UAS RoadMap>, (2013.02.25)

A dinamikusan növekvő, speciális szaktudást és képességeket igénylő operátori feladatkör a potenciális jelölt állomány költséghatékony és logikus, szekvenciális szűrését, a szelekciós kritériumok pontos meghatározását, és az igényeknek megfelelő folyamatos áttekintését követeli meg. Bár a gazdasági válság miatt a kiválogatási rendszer preferálja a már előképzettséggel, akár repülési tapasztalattal rendelkező állomány operátori szakkiképzést, a szelekciós elvek egy olyan közös minimumra kell épüljenek, amelyek mindenkire egyformán vonatkoznak. A jelöltek felkészítése és végső gyakorlati oktatása is egységes elvek szerint történik, a kiképzettségi szint is elvárt, azonos. Ha ezt a kiképzés során az operátorok többsége képes teljesíteni, az már jól minősíti a szelekciós elvek életszerűségét.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Óvári Gyula: Repülőgépek rendszerei (multimédiás tananyag NKE, BMGE hallgatók számára) /kézirat/ ZMNE 2009.
- [2] Akselrod S, et al (1981): Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*; 213:220-223
- [3] Dudás Zoltán: A humán tényezők és a CRM elvek jelentősége a távirányítású pilótanélküli légi járművek műveleteiben, Repüléstudományi Konferencia 2012 című konferencia kiadványa 2013. április 11. 314. oldal
- [4] Bocsein, W, Backs RW (2000): Engineering psychophysiology as a discipline: Historical and theoretical aspects. In *Engineering psychophysiology: issues and applications* Backs, RW, Boucsein, W (Eds). Publisher: Lawrence Erlbaum Associates. Place of Publication: Mahwah, NJ. Publication Year: 2000. pp: 6-7. Retrieved from: <http://www.questia.com/PM.qst?a=o&d=97191094> 2012.06.19
- [5] Davenport, N.: Fatigue in Naval Aviation. 2010. május 11. ASMA konferencia www.asma.org, (2010.12.06)
- [6] "Eyes of the Army" US ARMY Roadmap for Unmanned Aircraft Systems 2010-2035. UAS ARMY UAS Center of Excellence, Fort Rucker, Alabama url: <http://www-rucker.army.mil/usaace/uas/USArmyUASRoadMap>, (2013.02.25)
- [7] Farley, R., Heupel, K., Lee, K., Gardetto, P., Johnson, B.: Human Factors in Remotely Piloted Aircraft (RPA). HQ AFSC/SEHI DSN 246-0880, ASMA annual conference, www.asma.org, (2010.12.06)
- [8] Restás Ágoston- Dudás Zoltán: Az UAV katasztrófavédelmi alkalmazásának sajátosságai és humán feltételei, Repüléstudományi Közlemények XXV. évfolyam 2013. 1. szám 23-45. oldal
- [9] Harris, T.: Human Factors Challenges in Remotely Piloted Aircraft Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa (Phoenix, Arizona) url.: www.asma.org, letöltve 2010. dec. 6. -án
- [10] Huss, R.: Fatigue Risk Management, 2010. május 11. ASMA konferencia url.: www.asma.org, (2010.12.06)
- [11] Hyndman, BW, Kitney RI, Sayers, B (1971): Spontaneous rhythms in psychological control systems. *Nature*, 233, 5B18: 339.
- [12] Izsó, L Developing evaluation methodologies for human-computer interaction Ch 3 p: 11-43., Ch 4. p 88 Delft University Press, Delft, The Netherlands. (2001):
- [13] Kalsbeek, JWH, Ettema JH (1963): Scored regularity of the heart rate pattern and the measurement of perceptual and mental load. *Ergonomics* 6, 306.
- [14] Láng, E., Horváth G (1994): Integrated System for Ambulatory Cardio-Respiratory Data Acquisition and Spectral Analysis (ISAX). User's Manual. Budapest, Hungary.
- [15] Láng E. (2001). Szívperiódus variabilitás. Oktatási segédanyag. Munka- és szervezetpszichológia. Budapesti Műszaki Egyetem. Retrieved from url: <http://www.erg.bme.hu/szakkepzes/fiziologia/001szpv.pdf> (2013.03.07)
- [16] Lee, L, Wesensten, N: Fatigue Risk Mitigation in UAS Operations., url.: www.asma.org, (2010.12.06)
- [17] Lowry, R: VassarStats: Website for Statistical Computation. <http://faculty.vassar.edu/lowry/VassarStats.htm> Vassar College. Poughkeepsie, USA.

- [18] McMillan, K., Chappelle, W., King, R., McDonald, K.: Psychological Profile of MQ-1 Predator & MQ-9 Reaper Pilots. Amerikai Repülőorvosi Társaság (ASMA) 2010-es kongresszusa (Phoenix, Arizona) előadás, www.asma.org, (2010.12.06)
- [19] Mulder, G, Mulder-Hajonides van der Meulen, WREH (1973). Mental load and the measurement of heart rate variability . *Ergonomics* 16, 69-83.
- [20] Ortega, B.: So what makes special duty special ? url.: www.asma.org, (2010.12.06)
- [21] Porges, SW at al (1981): The influence of methylphenidate on spontaneous autonomic activity and behaviour in children diagnosed as hyperactive. *Psychophysiol.* 18, 42-48
- [22] Reeb, C., Eisl, M., Schwab, A.: PC-based flight simulator Experience as a predictor for Success in the German Armed Forces Pilot Aptitude Test Battery 2010. május 11. ASMA konferencia előadása, www.asma.org, letöltve 2010. dec. 6. -án
- [23] Sayers, B (1973): Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16, 17-32.
- [24] Weise, F, Heydenreich, F, Runge, U. (1987): Contributions of sympathetic and vagal mechanisms to the genesis of heart rate fluctuations during orthostatic load: a spectral analysis. *J. Auton. Nerv. Syst.*, 21, 127-134
- [25] Womack, BF (1971): The analysis of respiratory sinus arrhythmia using spectral analysis and digital filtering. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 18, 399-409.
- [26] Bruce, D.L.: Medical Standards for UAV operators, workshop összefoglaló 2007. szept. 7. én. e-dok: url: www.nsa.nato.int, ASB, AMDP Forum honlapján regisztrációval elérhető, nem minősített. (2008.05.13)
- [27] McGHEE, J.: Unmanned Aerial Vehicles. Human Factors-US Army Perspective. Aerospace Medical Association éves kongresszusa 2010. e-dok url: <http://www.asma.org> (2010.12.06)
- [28] REEB, C., EISL, M., SCHWAB, A.: PC-based flight simulator Experience as a predictor for success in the German Armed Forces Pilot Aptitude Test Battery 2010. május 11. ASMA konferencia előadása, e-dok. url: <http://www.asma.org>. (2010.12.06)
- [29] STANAG 7192 (4. Tanulmány Tervezet): UAV Operátor Egészségügyi Követelményei, www.nsa.nato.int. ASB, AMDP Forum honlapján regisztrációval elérhető, nem minősített. (2012.12.10)
- [30] STANAG 4670 (1. Kiadás): Kinevezett Pilóta nélküli Légijármű Operátor (DUO) kiképzésével kapcsolatos Útmutató, www.nsa.nato.int ASB, AMDP Forum honlapján regisztrációval elérhető, nem minősített (2012.08.28)
- [31] Williams, K. W.: Unmanned Aircraft Pilot Medical Certification Requirements. Federal Aviation Administration, DOT/FAA/AM-07/3. Office of Aerospace Medicine Washington, DC 2007. február. e-dok. url: <http://www.fas.org/irp/program/collect/ua-pilot.pdf> (2012.02.07)
- [32] Williams, K. W.: An Assessment of Pilot Control Interfaces for Unmanned Aircraft. Federal Aviation Administration DOT/FAA/AM-07/8, Office of Aerospace Medicine Washington, DC 20591 e-dok. url: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA46565> (2012.12.06)
- [33] Dunai Pál: „Alkalmassági követelmények meghatározásának modelljei, a fizikai teljesítmény mérésének módszerei, teljesítményprognosztizálás lehetőségei” – Repüléstudományi Közlemények – XII. évfolyam 30. szám, ZMNE Repülőtiszt Intézet Szolnok, 2000.
- [34] Ángyán Lajos: Az emberi test mozgástana Motio Kiadó, Pécs 2005. ISBN 963 85718 6 1
- [35] Nádori László: Edzéselmélete és módszertana Magyar Testnevelési Egyetem Budapest, 1991.
- [36] Bakos Ferenc. (1989): Idegen szavak és kifejezések szótára. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- [37] Bakos, J.-Bös, K.-Singer, R: Motorische Entwicklung. Ein Handbuch. Verlag Hofmann. Schorndorf. 1994.
- [38] Knapp, B.: A mozgástanulás alapkérdései. MTS OT. Budapest.1968.
- [39] Nádori László: Az érzékszervek szerepe a mozgáskoordinációs folyamatokban. In: Lissák K.-Nemessúry M. (szerk.): Az emberi mozgás automatikája. TTT. Budapest, 1972.
- [40] Nádori László: A mozgáskoordináció információforrásai. TF Tudományos közlemények, 1972. 2/3.
- [41] Csapatpszichológia, Zrínyi Kiadó Budapest, 2006. ISBN 963 327 184 3
- [42] FM 21-20 Physical Fitness Training Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 1 October 1998
- [43] Министерство обороны российской федерации: Наставление по Физической Подготовке и Спорту Вооружённых Силах Российской Федерации (НФП-2001), Редакционно-Издательский Центр Генерального Штаба ВС РФ, Москва 2001
-

- [44] Restás Ágoston: An Approach for Measuring the Economic Efficiency of UAV Applications at Forest Fires Helping Decision Makers; AUVSI Israel 2012, International Conference, 20-22 March 2012, Tel Aviv, Israel
- [45] Schweier, C., Markus, M. [2006] Classification of collapsed buildings for fast damage and loss assessment. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 177-192.
- [46] Stuber, H.C., Restás, Á., Wiggerich, B. [2009] Experiments and Results of Using Small UAS at Wildfires and Upcoming Innovations: Integrated Wildfire Management Supported by SwissCopter Solutions. AIRTEC 09, Heliword International Conference, Frankfurt, Germany, 4-5. November 2009.
- [47] Szabó Sándor András: UAV (pilóta nélküli légi jármű) műveletek virtuális környezetben, Kutatói jelentés III., Nemzeti Közszolgálati Egyetem, TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001. sz. pályázat , "Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások" Adatintegráció alprogram, A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának humán aspektusból történő vizsgálata.
- [48] Szabó Sándor András: UAV (pilóta nélküli légi jármű) műveletek humán tényezőinek elemzése repülésbiztonsági szempontból Repüléstudományi Közlemények XXV. Évfolyam 2013. 3. szám 482-497. oldal
- [49] Szabó Sándor András – Hornyik József: UAV (pilóta nélküli légi jármű) műveletek repülőegészségügyi feltételrendszerének biztosítása, Repüléstudományi Közlemények XXV. Évfolyam 2013. 1. szám 61-77. oldal
- [50] Dunai Pál: Túlerhelésekkel szembeni tűrőképesség növelése a fizikai felkészítés eszközeivel, Repüléstudományi Közlemények X. Évfolyam 25. szám 1998/2 17-22. oldal
- [51] Dunai Pál: UAV kezelőszemélyzet kiválogatásának bemeneti fizikai követelményei, Repüléstudományi Közlemények XXV. Évfolyam 2. szám 2013/2 498-503. oldal

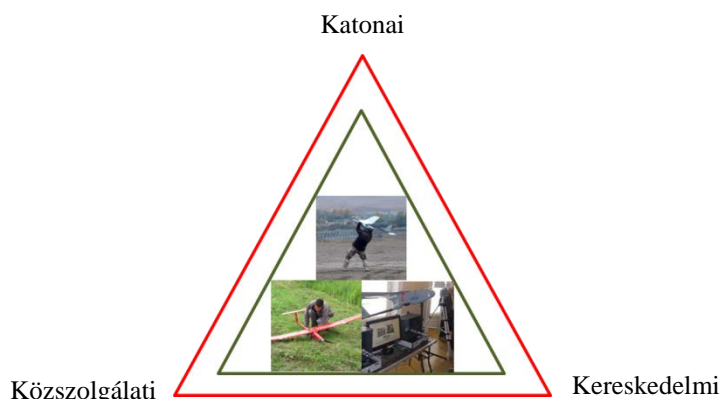
8

AZ UAV KÖZSZOLGÁLATI ALKALMAZÁSAI

A pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása nem lehet öncélú, annak célszerűen valamilyen, a társadalom számára érezhető előnyökkel kell hordoznia. E fejezetben számos olyan, a mindennapjaink megkönnyítésére hivatott, vagy gazdasági előnyökkel járó, esetleg különleges helyzetekben segíteni képes UAV alkalmazás ismerhető meg, amely már megvalósult, vagy az, a közeljövőben várható. Az alábbiakban, a pilótanélküli repülőgépek felhasználási lehetőségeinél - a katonai területet mellőzve -, a kereskedelmi és közszolgálati célú alkalmazások bemutatása dominál, ez utóbbihoz sorolva néhány kutatási célú megoldást is. A lehetőségek szinte korlátlanok, itt azonban mégis - a teljesség igénye nélkül -, csupán néhány bemutatása lehetséges. Remélhetően azonban ez is alkalmas az érdeklődés felkeltésére, az olvasó fantáziájának ösztönzésére.

A pilóta nélküli repülőgépek nem katonai alkalmazása két nagy csoportra osztható. Az egyik csoportba azok az alkalmazások sorolhatók, amelyeket az állami szervek, szervezetek közérdekből hajtanak végre, a másikba pedig azok, amelyeket nyereség érdekelt vállalatok végeznek piaci pozíciójuk javításáért, működési hatékonyságuk növelésére. Az elsőt közszolgálati, a másikat kereskedelmi célú alkalmazásnak nevezzük. Az UAV alkalmazásainak körét tehát feloszthatjuk katonai, közszolgálati és kereskedelmi (tisztán polgári) célúra. Ezek kezdőbetűit felhasználva és belőlük modellt alkotva az UAV-k alkalmazásának 3K modelljét kapjuk (8.1. ábra).

A fenti felosztás ellenére, az UAV széleskörű alkalmazási lehetősége miatt, az egyes repülések esetenként nem különülnek el élesen egymástól, azokban lehet átfedés. Példaként említendő, amikor államérdekből egy katasztrófavédelem megoldásához időlegesen katonai UAV felhasználásra kerül sor. Az átfedéseknél történő kategorizálásnál az alkalmazás célját érdemes iránymutatóként figyelembe venni.



8.1. ábra Az UAV alkalmazásának 3K modellje³⁹⁵

A közszolgálati alkalmazásokhoz tartoznak az államérdekből folytatott UAV repülések. Ezek irányulhatnak valamely szakfeladat hatékonyabb megoldására (pl. környezetvédelmi célú repülés a parlagfű-szennyezettség felmérésére), illegális tevékenységek megelőzésére, mielőbbi felderítésére, vagy bizonyítékok szerzésére (pl. rendőrségnél), de akár egy-egy veszélyhelyzet megelőzésére, vagy felszámolásának elősegítésére is (pl. katasztrófavédelemnél).

³⁹⁵ Forrás: szerző



8.2. kép Az UAV nem csak olcsóbb helyettesítője a hagyományos repülésnek, de élményt adni is képes, valós, vizuális örömforrás³⁹⁶

8.1 KÖRNYEZETVÉDELMI CÉLÚ UAV ALKALMAZÁSOK

Az UAV-k alkalmazásának talán legszebb példái a környezetvédelmi célú repülések. Egyrészt azért, mert közvetve, vagy közvetlenül létezésünk ősi közegének, a szabad természetnek a megővését célozza, másrészt pedig azért, mert számos esetben nem csak hasznot hajtanak, de az UAV repülés élményének legteljesebb vizuális átélését nyújthatják (8.2. kép). A következőkben néhány jellemző környezetvédelmi célú alkalmazás példája, vagy lehetősége kerül bemutatására.

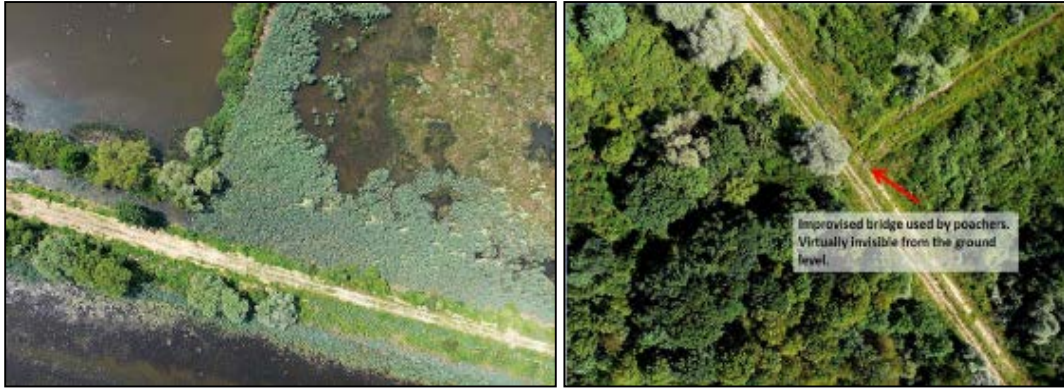
A vizes élőhelyek általában nehezebben megközelíthetők az ember számára, így azok érintetlensége, vagy ahhoz közeli állapota, a biológiai sokszínűség szempontjából bizonyosan gazdagabb környezeténél. Ugyan ez a természetvédők, nemzeti parkok szakemberei számára is problémát okozhat, ami azonban a levegőből történő megfigyeléssel gyakran áthidalható. A hagyományos megoldások, vagyis a személyezettel repülő légi járművek alkalmazása kétségkívül sokszor jó megoldás, azonban néhányszor bizonyosan hátrányos is. A magas zajterhelés, a repülőgép, vagy helikopter (de akár egy sárkányrepülő is) mérete, mozgásának jellemzői (pl. a madarak mozgásától jelentősen nagyobb repülési sebesség) egyértelműen megzavarhatja az életközösség mindennapjait, így a megfigyelést, illetve annak minőségét is.

A hagyományos megoldások költségvonzatai emellett köztudomásúan magasak is, ami egyrészt a szükséges légi megfigyeléseket drágává teszi, másrészt, az alkalmazások lehetőségeit is beszűkíti. A természetvédelmi feladatokra típusában jól megválasztott UAV azonban a fenti nehézségeket nagymértékben lecsökkenti, a bizonyosan alacsonyabb működtetési kiadások pedig a felhasználások lehetőségeit, gyakoriságát egyértelműen kibővíti.

A légi megfigyelést számos, szükségszerűen végrehajtandó természetvédelmi feladat indokolhatja. Egy-egy védett terület gazdagabb élővilága az embert – az ősi vadász ösztöne – sokszor illegális tevékenységekre is sarkalja. Ezek megelőzése, megakadályozása, vagy gyors felderítése UAV repülőgépekkel sokszor megkönnyítheti a természetvédők munkáját. Az UAV repülések szinte hangtalan, a külvilág számára sokszor rejtett végrehajtása az illegális tevékenységeket tervezőket elriaszthatja cselekményeik végrehajtásától, így az alkalmazás, valós visszatartó erőt jelenthet. Ez utóbbi esetben az UAV repülések a természetvédelmi értékek megóvásában, mint megelőző tevékenység kaphat szerepet.

Amennyiben a megelőzés mégsem volt teljesen sikeres, úgy az UAV repülések a rejtett csapdák felderítését, az esetlegesen abba került állatok mielőbbi kiszabadítását, mentését, illetve az illegális cselekmények felkutatását és az elkövetők szankcionálását segítheti elő. (8.3. kép)

³⁹⁶ Forrás: szerző



8.3. kép Egy vízi élőhely megfigyelése és változatosságának bemutatása, valamint egy illegális vadászathoz előkészített, egy kanális feletti átjáró felderítése a levegőből³⁹⁷



8.4. kép Madarak élőhelyének megfigyelése. A madárürülék kiváló indikátora a populáció nagyságának meghatározásához³⁹⁸

A természetvédők, nemzeti parkok, ornitológusok számára fontos az állatok mozgásának, az élőhelyek állapotának és az állomány évi szaporulatának pontos felmérése.

Ezt az adott terület – többnyire légi megfigyelésre alapozott (8.4.–8.7. képek) – különböző állatszámolásai segítségével valósítható meg. A hagyományos repülőgépek alkalmazásának magas költségei miatt ezek fenntartására napjainkra nem, vagy csak korlátozottak a lehetőségek maradtak. A lényegesen olcsóbb UAV repülések a korábbi légi megfigyelésre alapozott módszer visszaállítását, illetve kiegészítését jelentheti.



8.5. kép Szaporulat vizsgálat UAV-vel készített képek segítségével³⁹⁹

³⁹⁷ Forrás: 6DOF együttműködésével a szerző

³⁹⁸ Forrás: 6DOF együttműködésével a szerző

³⁹⁹ Forrás: 6DOF együttműködésével a szerző

A megfigyelések irányulhatnak az állatok (ill. mozgásuknak, vonulásuknak) a megfigyelésre, de akár az élőhelyük felderítésére és a változások nyomon követésére, a környezet jellemzőiből generálva a populáció változására, a szaporulat meghatározására is. A populáció változásának nyomon követésére kiváló példa a 8.5. és 8.6. kép, ahol a madarak fészek körüli ürülékéből lehet pontosan meghatározni az adott populáció számát és összetételét.



8.6. kép Vízi madarak élőhely vizsgálata kinagyított képsorozat alapján⁴⁰⁰

Az UAV előnyös alkalmazásának másik szép példája a 8.4. képen látható. A viszonylag alacsonyan, néhány 10 méteres magasságon repülő UAV zavartalanul tudja megfigyelni a mindennapjai élő populációt. A felvétel Horvátországban készült, egy természetvédelmi terület fölött, amely a madarak téli élőhelyének megfigyelését célozta. Az alkalmazott UAV (Fenix) 4 kg tömegű, elektromos meghajtású, fedélzetén egy 14 megapixeles kamerával. A jégen apró sötétebb, míg a vízén világos foltok jelzik a téli hidegben a jégtakaró széleinél „melegedő” madár populációt.



8.7. kép A madár populáció zavartalanul éli életét, miközben egy UAV (Fenix) megfigyeléseket végez fölöttük (2009). Egy téli és egy nyári felvétel⁴⁰¹

A természetvédelmi területek érintetlen szépségei, zavartalan környezete időről-időre odacsalogatja az arra kíváncsiszkodókat. Ez a kíváncsiság azonban zavarhatja az életközösséget, különösen akkor, ha ezek fokozottan védett területeket jelentenek (pl. a farkas élőhelye az Aggteleki Nemzeti Park területén). Ez sajnos akkor is igaz, ha a látogatók szándéka nem kifejezetten a természet mindennapos életének megzavarására irányul. A nem engedélyezett látogatások megakadályozására, illetve felderítésére az UAV repülések egyszerű megoldást kínálnak a természetvédelmi felügyeletnek. A vadkempingezés felderítése (8.8. kép), a fokozottan, vagy szigorúan védett, tudományos szempontból fontos területek nyugalmanak megőrzése, pilótánélküli repülőeszközökkel könnyen és zavartalanul megvalósítható. A természetvédelmi örök a park területe fölött tetszőleges helyen alkalmazhatják a kisméretű, könnyen kezelhető UAV-eket. Ezek jellemzője, hogy korlátozott képességekkel rendelkeznek bár (repülési idő, távolság), de egyszerű előkészítést követően gyorsan bevethetők. Jellemzői, hogy tömegük legfeljebb néhány kilogramm, zajszintjük alacsony (elektromos meghajtás), a fedélzetre leginkább vizuális, legfeljebb hőkamera kerül. A legfontosabb előnyük az egyszerűségükben és a gyors alkalmazhatóságukban rejlik. A fenti jellemzőkkel bíró kisméretű UAV-ekből ma már válogathatunk, a piac számtalan lehetőséget kínál.

⁴⁰⁰ Forrás: 6DOF együttműködésével a szerző

⁴⁰¹ Forrás: szerző



8.8. kép Vadkempingezők felderítése UAV segítségével készített képek alapján
(Bodrog part, Tokaj közelében, 2010)⁴⁰²

A felhasználás lehetősége szinte korlátlan és valóban csak a fantáziánk szabhat neki határt. A következőkben a környezetszennyezés néhány valós példáján keresztül kerül bemutatásra az UAV sokoldalú alkalmazásának lehetősége. A 8.9. képen egy pontszerű forrás által okozott Duna-szennyezés látható. A folyó közepéig bevezetett csatornából kiáramló folyadék az eltérő szín miatt jól azonosítható a levegőből. Az UAV repülések segítségével a fedélzetre installált képrögzítő eszközök a szakemberek számára képesek irányadó értéket adni az egyes folyókba bevezetett csatornák által okozott szennyezés mennyiségéről és minőségéről.



8.9. kép A szennyezés forrásának azonosítása és a feladat végrehajtására alkalmazható hexacopter⁴⁰³

Az ipari tevékenység természetes velejárója, hogy olyan melléktermékek is keletkeznek, amelyek továbbhasznosítása már nem, vagy jelenleg még nem valósítható meg. Ezek biztonságos, – a környezetre csak minimálisan károsító – elhelyezése mindig komoly feladatot jelent mind a tevékenységet gyakorlók, mind az engedélyező, ellenőrző hatóságok számára. Az ipari tevékenység gyakorlása során a melléktermékek, hulladékok elhelyezésének szabályszerűségét a hatóság helyszíni szemlék során is ellenőrzi, amely egyes esetekben, illetve tevékenységeknél a légi megfigyelés alkalmazásával hatékonyabbá válhat (pl. folyadék fázisú tároló kazetták ellenőrzése).

⁴⁰² Forrás: szerző

⁴⁰³ Forrás: szerző



8.10. kép UAV által készített képek kohászati melléktermékek deponálásáról⁴⁰⁴

Különösen a hulladéklerakó helyek esetében lehet előnyös a terület légi megfigyelése, a látottak adatainak áttekinthető rögzítése, archiválása. A légi megfigyelés valóságosan is új dimenziót adhat mind a környezetükért aggódóknak, mind a hatósági szakembereknek. UAV repülésekkel a fenti igények kiszolgálhatók és a szakszerű archiválás követelményei az alkalmazás módszereivel kielégíthetők. A repülések a kitűzött céloktól függően viszonylag alacsony magasságon, látótávolságon belül, akár korlátozott képességekkel rendelkező UAV platformmal is megvalósíthatók. Amennyiben precíziós felmérésre van szükség (pl. vörösiszap tárolók feltöltöttségének, gátjának ellenőrzése), úgy mind az alkalmazott UAV, mind annak felszereltsége magasabb követelményeket kell, hogy kielégítsen.

8.2 AZ UAV RENDŐRSÉGI ALKALMAZÁSAI

A rendőrségnek számos lehetősége van az UAV alkalmazására. A bűnmegelőzésben a veszélyeztetett területek rendszeres felügyeletével tarthatja távol a nem kívánt cselekményeket végrehajtani szándékozókat, míg valós elkövetés esetén annak felderítésében kaphat szerepet. Az UAV-k alkalmazása az alacsony zajszint és a kis méret miatt szinte teljes fedettséget, rejtettséget jelent az alkalmazók számára. Ez előnyös lehet mind a felderítésnél, mind az egyes események rögzítésénél.



8.11. kép Elhagyott szálloda épületének biztonsági ellenőrzése UAV segítségével⁴⁰⁵

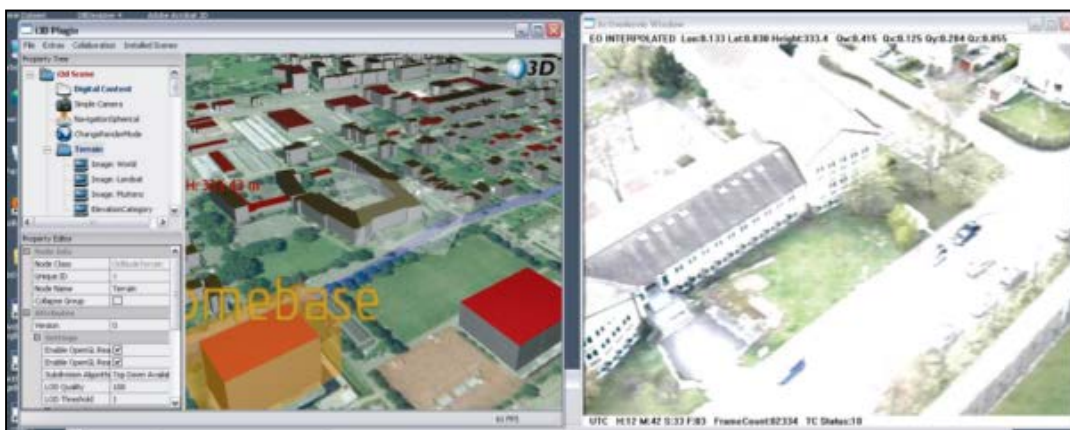
A különleges akciók során az UAV alkalmazása lehetőséget ad az akcióban résztvevőknek a terület teljes ellenőrzés alatt tartására, de az esetleges menekülési lehetőségek feltárására is. Az események rögzítése a végrehajtott feladat hatékonyságának kielemezéséhez, a későbbi, hasonló akciók pontos megtervezéséhez, esetleg az eljárás alá vont, vagy célszemélyek tevékenységének bíróság előtti igazolására szolgálhat, illetve nyújthat bizonyítékot, vagy segítséget.

⁴⁰⁴ Forrás: szerző

⁴⁰⁵ Forrás: 6DOF

A fentiekén túlmenően jelenleg számos kezdeményezés történik olyan programok kidolgozásának elindítására, amelyek a rendőrségi akciók támogatását kifejezetten az UAV-k bevonásával képzelel el. Ezekben a programokban az UAV, mint légi jármű, olyan alapadatokat szolgáltat, amelyek az eddigi 2 dimenziós döntési teret 3 dimenzióssá bővítik, és segítik elő a pillanatok alatt döntési helyzetbe kerülő vezetőket.

Ez utóbbinak azért is van különös jelentősége, mert az akciót vezető, az adott helyzetet eddig csak a szubjektív értékelésen alapuló rádió kommunikáció útján volt képes megítélni, annak dinamikája sokszor rejtve maradt, vagy késve szerzett tudomást róla.



8.12. kép A rendőrség akciójának elősegítésére kidolgozott program, amelyben az UAV 3 dimenziós téralkotásával segíti a döntéshozót, teszi dinamikusan követhetővé az akciót⁴⁰⁶

A rendőrség a nemzetközi gyakorlat szerint határőrizeti feladatokat is elláthat. Ennek különösen az illegális bevándorlók visszatartásában, a migráció visszaszorításában van jelentősége. A határőrizeti feladatokat többféle módon látják el. A határ menti őrzésként ma már a passzív és aktív megfigyelő rendszerek is támogatják, illetve kiegészítik, helyettesítik, vagy alkalmasszerűvé teszik. A határ mentén számos ország fix telepítésű (hő)kamerás érzékelőket működtet. A rendszer hátránya a helyhez kötöttség; amennyiben az embercsempészek tudomást szereznek a működés paramétereiről, azok könnyen megkerülhetővé, kijátszhatóvá válnak.

A határ mentén (mind a szárazföldi, mind a vízi határok esetén) történő légi őrzésként számos ország alkalmazza, mint az egyik leghatékonyabb módszert a határsértők felderítésére. A hagyományos, vagyis a személyzettel repülő légi jármű hátránya azonban, hogy egyrészt, alkalmazása nem maradhat rejtve, másrészt, hogy az üzemeltetés meglehetősen drága, ami csökkenti a bevetések, a repülések számát, gyakoriságát. A fenti hátrányok egyértelműen csökkenthetők az UAV határőrizeti feladatokra történő alkalmazásával. Az UAV alacsony zajszintje miatt, valamint a méretéből fakadóan is alapvetően rejtve maradhat a földön lévők előtt. A kisebb méret alacsonyabb üzemeltetési költségekkel is párosul, ami miatt ugyanazon költségkeretből az alkalmazás gyakoribbá válhat. Ez utóbbi, a *megfigyelt* és *nem megfigyelt* (ún. holt) időszakok arányát csökkenti, vagyis az UAV alkalmazásával a határőrizeti feladatok egyértelműen hatékonyabbá válhatnak. Az ilyen feladat egy-egy határszakaszt figyelembe véve alapvetően odavissza útvonalrepülést, „vonalas” vagy „sávós” megfigyelést jelent. Egy adott határsáv megfigyelése a vizuális megfigyelés mellett általában hőkamerás átvizsgálással is kiegészül. A határőrizeti feladatok ellátására legalább taktikai, de hosszabb határsávok ellenőrzésének igénye esetén stratégiai feladatok ellátására alkalmas UAV igénybevitelére van szükség.

⁴⁰⁶ Forrás: Stuber, 2011



8.13. kép Határőrizeti feladatok ellátására is alkalmas UAV-k. Balra: a magyar gyártmányú taktikai BXUAV, jobbra egy átalakított Predator⁴⁰⁷

Az UAV által biztosított információkat – a szükség szerinti akciók mielőbbi indítása érdekében – közvetlenül lesugározzák az elrendelő, irányító központokhoz. Ez magas színvonalú kommunikációs igényt jelent. A határőrizeti feladatok ellátásakor külön szempontként kell azt is figyelembe venni, hogy az UAV légi őrjáratozása még különleges esetben (pl. hajtómű leállás) sem okozhat légtérstést a szomszédos országnak. A fentiek magas szintű műszerezettséget, automatikus rendszerek alkalmazását igénylik, ami potenciálisan korlátozza az erre a feladatra alkalmas légi járművek típusát.



8.13. kép UAV által készített hőkamerás felvételek. Ember és jármű észlelése⁴⁰⁸

A rendőrségi UAV alkalmazások a fentiekén túlmenően is tovább bővíthetők. A falopások felderítésétől kezdve egy-egy adott terület fölötti rendszeres járőrözésen keresztül, a közlekedés ellenőrzéséig nagyon sok alkalmazás jöhet szóba. A levegőből történő útvonal ellenőrzések, a járművek sebességének kontrollálása már több országban is bevett gyakorlat (pl. Egyesült Államok). A fedélzetre installált speciális sebesség mérő eszközök tömege (kb. 3–5 kg), működési feltételei önmagukban nem igénylik személyzettel repülő légi járművek ilyen célra történő igénybevételét. Az UAV-k alkalmazása ilyen esetekben is segítséget nyújthat, sőt, sokkal rejtettebb is lehet, mint a hagyományos, vagyis a személyzettel repülő légi járművek által nyújtott megoldás. Az egyszerűbb megoldások azonban szélesíthetik is az alkalmazhatóság körét, ami ebben az esetben is igaz.

⁴⁰⁷ Forrás: BHE (Bonn Hungary Electronics Ltd, honlapja) és NASA (WRAP Project)

⁴⁰⁸ Forrás: szerző



8. 14. kép Egy rendőrségi alkalmazásban lévő UAV, valamint UAV-vel készített fotók különböző közlekedési ágak tevékenységének megfigyelésére.

Balra fent: Rendőrségi alkalmazásban lévő UAV; jobbra fent: Miskolc-Sátoraljaújhely közötti személyvonat közlekedése; balra lent: motorcsónak a Bodrog folyón; jobbra lent: kamion forgalom Olaszliszka közelében⁴⁰⁹

8.3 AZ UAV KATASZTRÓFAVÉDELMI ALKALMAZÁSAI

A katasztrófák fogalmára szakirodalomtól függően többféle meghatározást találunk. Ezek felsorolása nyilván túllépné a fejezet nyújtotta kereteket, azonban valamennyi közös vonásaként elfogadható a Magyar Értelmező Kéziszótár meghatározása, amely alapján a katasztrófa „*nagyarányú szerencsétlenség, (sors-) csapás*”⁴¹⁰. A fogalom értelmezéséből az is levezethető, hogy a katasztrófák elleni védekezéshez rendelkezésre álló erőforrások általában szűkösek. Logikailag ezért bármely olyan erőforrás, amely képes segítséget nyújtani a beavatkozás során, hatékonyabbá teszi a katasztrófák elleni védekezést. A fentiek alapján az UAV-k alkalmazási lehetőségeinek, mint eddig még nem alkalmazott, de újszerű eszközöknek a témára vonatkozó vizsgálata előnyös és célszerű.

A katasztrófák felosztására – az alkalmazott szakirodalomtól függően – szintén számos megoldást találunk. Ezek lehetnek egy, vagy több szempontúak (pl. a kiterjedés nagysága szerint: kicsi vagy nagy), nevesítettek (pl. árvizek, földrengések), de több tényező egyidejű figyelembe vételével akár komplexek is. A fejezetben néhány nevesített katasztrófa bemutatásán keresztül ismerteteti az UAV-k alkalmazásának lehetőségeit.

A katasztrófák elleni védekezés, mint jelenség – logikailag is – időben jól elhatárolható részekre bontható: a katasztrófa bekövetkezése előtti időszakra, a katasztrófa bekövetkezése utáni közvetlen időszakra, mint az elsődleges beavatkozás és elhárítás időszakára, valamint az elsődleges beavatkozási tevékenység utáni időszakra, vagyis a következmények felszámolásának idejére.

⁴⁰⁹ Forrás: szerző

⁴¹⁰ Magyar Értelmező Kéziszótár

A lehető legegyszerűbb időrendi felosztást a fentiek alapján követve az UAV alkalmazások történhetnek:

- a katasztrófa bekövetkezése előtt;
- a katasztrófák bekövetkezése után annak lefolyása során;
- a katasztrófáknál történő elsődleges beavatkozás után.



8.15. kép A katasztrófavédelmi tevékenységek UAV repüléssel történő támogatásának időrendi felosztása⁴¹¹

Az UAV-k katasztrófánál történő alkalmazása, annak sajátosságai a továbbiakban a fenti felosztás alapján kerülnek bemutatásra.

8.3.1 Nukleáris baleset

8.3.1.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

A nukleáris energia alkalmazásának érzékeny megítélése miatt az esemény bekövetkezése előtti időszakra terminológiánkban a baleset (katasztrófa) nélküliség szóhasználatát alkalmazzuk. A feltételezés alapján ez a fajta UAV repülés, maga a nukleáris energiát előállító atomerőmű, a működés szabályszerűségét ellenőrizni hivatott hatóságok, és a szubjektív biztonságot is nyújtani kívánó civil kontrol részéről kerül végrehajtásra. A feladat végrehajtása során elsődlegesen az erőmű által esetlegesen okozott többlet sugárterhelés mérőműszeres ellenőrzésére kerül sor. Az UAV repülés mind időszerezését, mind jellegzetességét tekintve (az atomerőmű környezetében végrehajtott repülés magassága, útvonala, a le-, és felszállóhelyek meghatározása, kijelölése, a személyzet kiválasztása stb.) nyilvánvalóan jól tervezhető.

A feladat, a radiológiai mérésekre vonatkozó sajátosságok ellenére (speciális mérőeszközök szállítása) –, elsősorban jól tervezhetősége miatt – nem visel magán katasztrófa specifikus jegyeket, így jellegét tekintve az általános UAV repülésekkel megegyezőnek ítéltető.

8.3.1.2 A katasztrófa bekövetkezését követő közvetlen időszak

A nukleáris energia hasznosítása óhatatlanul is egy-egy nem várt esemény bekövetkezésével, több-kevesebb sugárszennyezés környezetbe kerülésével járhat együtt. Annak ellenére, hogy a nukleáris energia hasznosításakor nagyon szigorú feltételeknek kell megfelelni. Az elmúlt időszakban több, a környezetére komoly hatást gyakorló balesettel is találkozhattunk. A köztudatban a jelenleg Ukrajnához tartozó Csernobil, és a Japánban található Fukusima neve csenghet ismerősen. A csernobili baleset során több száz légi járművet vetettek be, amelyek pilótáinak

⁴¹¹ Forrás: szerző

nagyon rövid idő alatt az egészségre káros sugárzás többszörösét kellett elszenvedni. A kapott feladatok nem csak a légi megfigyelésre, a szennyező anyagok kihullási zónáinak meghatározására, vagyis felderítésre, de közvetlen beavatkozásra, így a felrobbant reaktor, és annak közvetlen környezetének különböző anyagokkal, így homokkal és bórtartalmú vegyületekkel való betakarására is irányultak. A jelentős sugárterhelés következtében számos pilóta a balesetet követően rövid időn belül meghalt. A fukusima-i baleset során is alkalmaztak légi eszközöket a felderítésre. A pilótákra veszélyt jelentő sugárterhelés elkerülése érdekében itt találkozhatunk először a feladat egy részének UAV repülésekkel való kiváltásával.



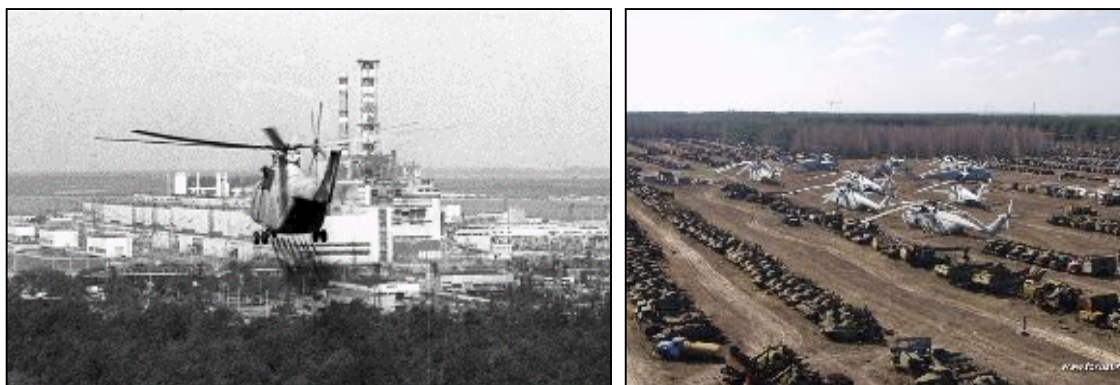
8.16. kép A fukushima-i erőmű robbanása távolról és hatása közelről

A légi felderítés és valós idejű beavatkozás követés az eddig bekövetkezett nukleáris balesetek elemzése alapján nem megkerülhetők; azonban a nukleáris balesetet követően végrehajtott UAV repülések nagyon speciálisak, a feltételezett sugárszennyezés területi és időbeli kihatása miatt az komoly felelősséget hárít a pilótákra. Az UAV repülések ilyen helyzetekben persze már önmagukban is előnyösek lehetnek, hiszen azzal, hogy a személyzettel a fedélzeten végrehajtott repülések, légi felderítések egy része bizonyosan kiváltható az UAV repülésekkel, a sugárzás hatásának kényszerűen kitett személyek számát már jelentősen lecsökkenti (pilóták).

A fentiek természetesen azt feltételezik, hogy a repülések indítása és érkeztetése, vagyis a fel- és leszállóhelyek távolsága a sugárzás szempontjából már megfelelően távol lesz, vagy védve van.

A földi irányító állomás, valamint a fel-, és leszállóhelyek a feladat célszerűségétől, elsősorban a sugárszennyezés jellegétől függően, lehetnek földrajzilag azonos helyen, de akár jelentősen el is különülhetnek egymástól. Amennyiben operatív feladat végrehajtásról van szó (pl. sugárzást elnyelő anyag helyszíni kibocsátása), úgy a személyzet egy része bizonyosan a veszélyzónán belül lesz, azok speciális védelmének biztosítása elkerülhetetlen. A fentiek ellenére figyelembe kell venni, hogy a pilóták, kiszolgáló személyzet, szennyeződéstől való távol tartása, vagyis az UAV alkalmazása nem jelent védelmet magára az UAV-ra, vagyis, az legalább olyan szennyezett lesz, mint amilyen a hagyományos alkalmazás (személyzettel repülő repülőgép) esetében lenne. Ezt, a biztonság szempontjából, mint másodlagos veszélyforrást kell figyelembe venni mind a pilóták, mind a repülést kiszolgálók részéről.

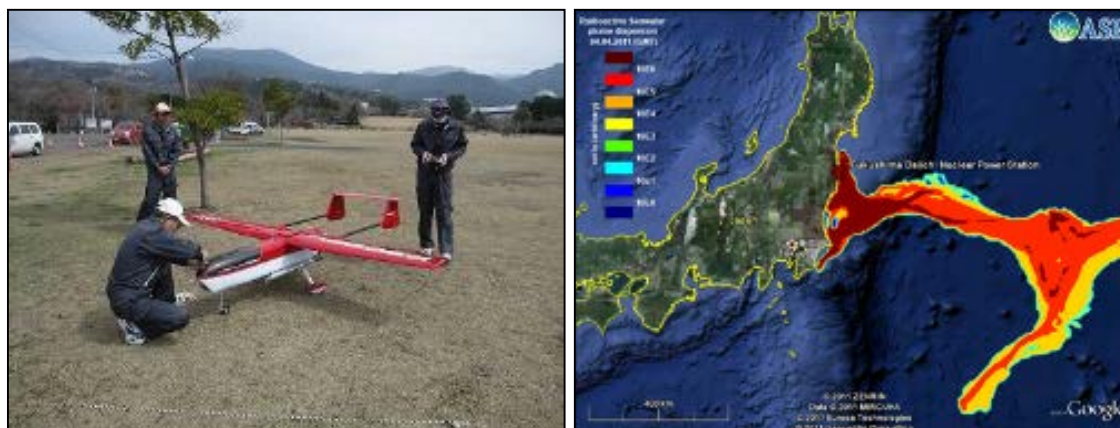
A feladat végrehajtása a légkörbe jutó nukleáris szennyezés kihullásának függvényében, térben folyamatosan terjeszkedő, időben bizonyosan elhúzódó lesz, az hetekig, de akár hónapokig is eltarthat. Az UAV személyzetek egymást váltva dolgoznak majd; ennek ellenére a pilóták számára jelentkezhet a monotóniából adódó fáradtság, kimerülés is, mint a feladat sikerességét leginkább veszélyeztető tényező. A repülések kezdeti időszakában a keletkezett károokra, a szennyeződés mértékének mielőbbi megállapítására stb. vonatkozó információ-éhség miatt a kárcsökkentést, felszámolást irányító menedzsment részéről a pilóták bizonyosan ki lesznek téve az időnyomás hatásának. A „*minél gyorsabban és minél többet repülés*” elve bár kerülendő, a döntéshozók részéről itt ez érthető elvárás.



8.17. kép Beavatkozás Csernobil körzetében erősen sugárszennyezett terület fölött, valamint az elsődleges beavatkozások után a hátrahagyott eszközök⁴¹²

A feladat fentiekben már megfogalmazott jellegzetessége, hogy a repülés sugárszennyezett terület fölött kerül végrehajtásra; ennek kockázatai a fel-, és leszállóhely kiválasztásával, valamint a szakszerű mentesítéssel megoldhatók, ill. megengedhető mértékűre csökkenthetők. Az adott helyzet függvényében azonban bizonyos az UAV-k élettartamának (nem repüléstechnikai, vagy kiszolgálási hiányosságokból adódó) drasztikus csökkenése, de szélsőséges esetben felmerülhet akár az *egyszer használatos* megoldás alkalmazása is.

A költségek függvényében ez inkább az operatív támogatást nyújtó UAV-k alkalmazása esetén valószínűbb, a stratégiai feladat végrehajtásra alkalmazott UAV-k magas költségei inkább, a mentesítés szükségességét indokolhatják.



8.18. kép A Fukushimánál alkalmazott UAV, valamint a sugárszennyezés mértéke röviddel a robbanás után⁴¹³

8.3.1.3 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

A feladat jellegét tekintve kettős: egyrészt bizonyosan sugárszennyezett terület fölött is kell repülni, másrészt időben már jól tervezhető feladatról van szó. A sugárszennyezett terület fölötti repülés problémája – a fentiek szerint – itt is a fel-, és leszállóhely megválasztásával, valamint a szakszerű mentesítéssel kezelhető. Az időbeni tervezhetőség lehetősége az UAV repülés katasztrófa jellegét drasztikusan csökkenti, inkább ellenőrzési, felügyeleti, a helyreállítást segítő repülésekről lehet szó. A fentiek következtében az UAV repülések katasztrófa-specifikus jellegzetességei is eltűnnek, többnyire az általános repülési szabályok alkalmazásával kezelhetők.

⁴¹² Forrás: www.articlesextra.com/chernobyl-disaster-2.htm

⁴¹³ Forrás: www.rezn8d.net/2011/09/02/fukushima-fallout

8.3.2 Veszélyes anyag szabadba jutása

8.3.2.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

A veszélyes anyagok nem szándékolt szabadba jutásával együtt járó helyzet kezelésének UAV repülésekkel való támogatása egyes elemeiben összevethető a nukleáris balesetnél tapasztaltakkal. A baleset nélküliség időszakában végzett UAV repülések leginkább a hatóság ellenőrző tevékenységének elősegítésére, esetleg spontán végrehajtott környezetvédelmi célból történhet. A levegőből, a hatóság részéről tervezhetően, az ellenőrzött részéről, mint szenvedő alany, ugyanez akár váratlanul is történhet. Az UAV repülés végrehajtása a megrendelő részéről előre tervezett, így fennálló veszélyeztetettség hiányában azok nem viselnek katasztrófa-specifikus jegyeket, az egyéb kereskedelmi célú repülésekkel összevethetők.



8.19. kép Ipari létesítmény (Hungaropec, Ipari hulladéklerakó, 2010) légi megfigyelése és a feladatra alkalmas UAV⁴¹⁴

A veszélyes anyagok szabályszerű felhasználásának betartása az ún. SEVESO irányelvek alapján történik. Ennek levegőből történő hatósági ellenőrzése nem zavarja a megfigyelt tevékenységét és lehetséges váratlansága miatt szigorúbb jogszabálykövetést eredményezhet.

8.3.2.2 A katasztrófa bekövetkezését közvetlenül követő időszak

Veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetknél az UAV repülésekkel megoldandó elsődleges feladat a kiáramló folyadék, vagy gáz fázisú anyagok terjedésének mielőbbi, pontos meghatározására irányul. Ezt a feladatot jelenleg a katasztrófavédelem speciális eszközparkjával lehet részlegesen megoldani (Katasztrófavédelmi Mobil Labor), amelynek jellegzetessége a viszonylagos helyhez kötöttség, illetve a 2 dimenziós képalkotás. Az UAV repülésekkel nagy területen, gyorsan és objektíven lehet 3 dimenziós képet, ún. *rheológiai* görbéket kapni, amely a gázok koncentrációjának térbeli eloszlását mutatva, nyilvánvalóan sokkal hatékonyabban képes támogatni a beavatkozást irányító döntéseit.

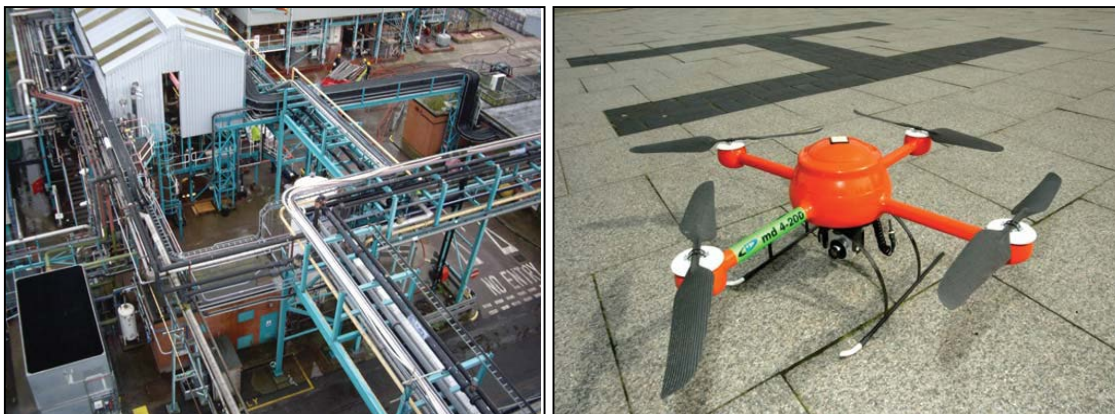
A beavatkozás időszakában a fel-, és leszállás helye bizonyosan távolabb helyezkedik el a szennyezett területtől, így az UAV pilóták normál esetben nem lesznek veszélyeztetve a veszélyes anyagoktól. A mérgező gázok terjedése azonban alapvetően függ az időjárási viszonyoktól, ezért az esetleges szélirányváltozás miatt a beavatkozóknak erre is figyelniük kell. A fel-, és leszállás pontos helyét a beavatkozás-taktikai és repülésbiztonsági szempontok együttes figyelembe vételével kell meghatározni.

A veszélyes anyagok baleseteinél végzett UAV repülések biztonsági környezetét vizsgálva a katasztrófa súlyossága és időbeli elhúzódomása lesz a meghatározó; kezdetben az információ-éhség miatti gyors felszállás okozta időnyomás, másrészt az esetlegesen elhúzódomó repülések hatásait kell figyelembe vennünk. Feltételezhető, hogy a szennyezett területen, az esetlegesen ott maradt

⁴¹⁴ Forrás: szerző

személyek felkutatására is sor kerülhet, ezért az UAV repülések kulcstényezővé is válhatnak az emberéletek mentésében.

Ekkor előfordulhat, hogy ennek terhe az UAV pilóták számára nehezen elviselhető, de akár az ellenkezője is, hogy ez válik motiváló tényezővé a sikeres feladat végrehajtáshoz. Ez utóbbi megfelelő kezelése érdekében, a beavatkozás katasztrófa-specifikus jegyeit be kell építeni a képzés, a kiképzés tematikájába.



8.20. kép UAV valós alkalmazása vegyi üzem baleseténél⁴¹⁵

8.3.2.3 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

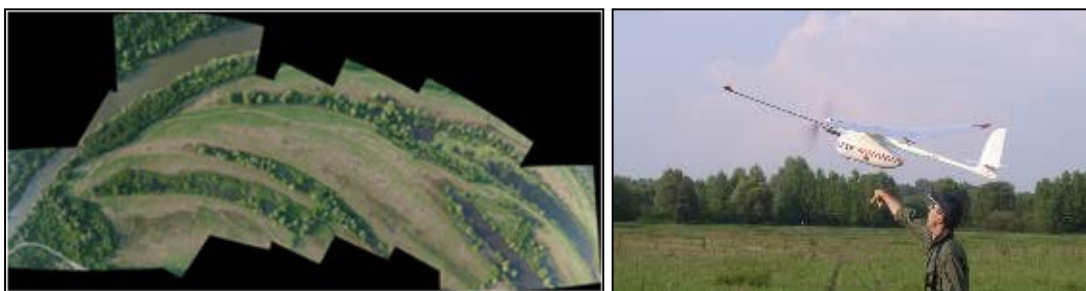
A veszélyes anyagok okozta balesetek, katasztrófák elsődleges beavatkozási, kárfelszámolási feladatai után az UAV repülések ismételten jól tervezhetővé és a kényyszerű tehervállalás nélkülivé válnak. A repülések irányulhatnak a baleset utóhatásainak felmérésére, de akár a további események elkerülése érdekében hozott biztonsági intézkedések megtartásának ellenőrzésére is. Ezért a repülések az egyéb civil alkalmazásokhoz hasonlítanak, katasztrófa-specifikus jellegüket elveszítik.

8.3.3 Árvizek

Az árvizek – az ún. villámárvizek kivételével – tipikusan a lassan kialakuló katasztrófák csoportjába sorolhatók. Ennek lényege, hogy a jelenlegi korszerű meteorológiai előrejelzéseknek köszönhetően viszonylag korán, de bizonyosan több órával, esetleg néhány nappal a kritikus helyzet kialakulása előtt képesek lehetünk az árvízveszélyre felkészülni. A fentiekből következik, hogy az UAV-k árvizeknél történő alkalmazására is fel lehet készülni, azt tervezni lehet.

8.3.3.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

Az árvizek elleni védekezés egyik kulcs tényezője a folyók medrének és a lefolyást biztosító ártereknek az akadálymentessége, tisztasága, valamint az árteret övező gátak minősége és állapota.



8.21. kép A folyó ártrének feltérképezése sorozatfelvétellel, valamint a feladatot végrehajtó UAV⁴¹⁶

⁴¹⁵ Forrás: West Midlands Fire Service (Mika, 2009)

⁴¹⁶ Forrás: szerző

Az UAV repülésekkel légi megfigyelés útján rövid idő alatt nagy területek, hosszú folyószakaszok ellenőrizhetők. A megfigyelt terület a folyóra, annak árterületére, a gátak állapotának felmérésére vonatkozik, formája az adott folyót követően többnyire szalagformát ölt. A repülési paraméterektől függően (repülési magasság, a kamera látószöge) egy-egy szakasz felmérése akár már egy repüléssel is elvégezhető. Ez a feladat mind időben, mind struktúráját tekintve jól tervezhető, így különösebb indoklás nélkül elfogadható, hogy az alkalmazás nem hordoz magán katasztrófa-specifikus jegyeket.

8.3.3.2 A katasztrófa bekövetkezését közvetlenül követő időszak

Az árvízi védekezés során az UAV repülésekkel – elöntési modellek híján – nyomon lehet követni a már elöntött, valamint a vízszint emelkedésével várhatóan elöntésre kerülő területeket. Ezek alapján meghatározható melyek a veszélyeztetett területek, házak, mely területeken kell a védekezést erősíteni, vagy a kitelepítéseket megkezdeni. A feladat jelege kevésbé dinamikus, inkább lassan változó és bizonyosan egy irányba (vagy a tetőzés, vagy az apadás irányába) mutató. Az UAV repülések a fedélzetre installált berendezésektől függően – a vizuális megfigyelésen túl –, potenciálisan alkalmasak lehetnek a víz nyomásának tartósan kitett gátak állapotának, teherbíró képességének meghatározására is.



8.22. kép A légi felvétel hatékonysága árvizeknél. Hiányzó gátszakasz felderítése a levegőből⁴¹⁷

A módszer pontosságát (a bizonytalanság fokát) azonban jelentősen befolyásolja, hogy a gátak szerkezete, anyagának homogenitása nagyon változó, ami azonos kitettség (a víz nyomásának nagysága, ideje, vagyis az átázottság foka) esetén is jelentős eltérést okozhat a teherbíró képesség fenntartásában. Az UAV repülések másik potenciális lehetősége, a gát alatt átszivárgó vizek, az ún. *buzgárok* korai észlelése, és ezáltal mielőbbi szakszerű kezelése. Ez utóbbi feladat már egy viszonylag egyszerű hőkamerával is hatékonyan megoldható, míg az előzőhöz komoly technikai háttér, további fejlesztések és tesztelések szükségesek.

Az árvízi védekezésnél kell megemlíteni az egyre szaporodó ún. villámárvizek jelenségével kapcsolatos feladatokat. A villámárvizek jelentősége a váratlanságukban rejlik; nagyon rövid idő alatt, viszonylag szűk területen, igen nagy intenzitású csapadék, eső hullik, amelyet a meglévő árokrendszer nem képes elvezetni, és hirtelen áradást, nagyon gyors elöntéseket eredményez. Az ellene való védekezés lehetősége korlátozott, az érintettek gyakran kerülnek csapda helyzetbe. A lakóházak tetejére menekült személyek légi felderítésére (majd kimentésére) már hazai példát is találunk. Az UAV repülések ezeknek a csapdába került személyeknek a gyors felderítésében nyújthatnak hatékony segítséget.

Az árvizek alkalmával történő UAV alkalmazások kiszélesítésére jelentős erőfeszítések történnek, a pusztán megfigyelési, információ-szolgáltatási feladatokon túlmutató, kifejezetten aktív feladatvállalásra is. Így, a bajba jutott személyek kimenekítését, esetleg már személy szállítására is alkalmas UAV-vel végeznék (Stuber-Restás 2009). Az árvízi védekezés során végzett UAV repüléseknél figyelembe kell venni, hogy az esős időjárási viszonyok korlátozó szerepet játszhatnak.

⁴¹⁷ Forrás: szerző és internet



8.23. kép Az árvíz által csapdába kerültek segítségkérése, valamint az árvízi taktikai feladatok végrehajtására alkalmas UAV (NT150)⁴¹⁸

Általában is jellemző, hogy a kisebb folyókon a magas vízállások az esőzéseket követően rövid időn belül, míg a nagyobb folyókon akár jelentős késéssel jelennek meg. Hazánkra ez különösen érvényes, hiszen vizeink túlnyomó többsége az országhatár területén kívül ered. Így előfordul, hogy a védekezésre az esős időszak után kell sort keríteni.

Az időjárásnak, az alacsony és esetenként gyorsan változó felhőalpnak, különösen az erősen párás és esős időszakoknak figyelemmegosztó, elterelő hatása lehet, ezért az aktuális időjárási helyzet nyomon követése ilyen feladatoknál elengedhetetlen.

Az utóbbi körülmények különösen veszélyeztető tényezők lehetnek dinamikus környezetben (pl. villámárvizeknél) végrehajtott, olyan, viszonylag rövid ideig tartó, de mielőbbi felszállási kényszert jelentő repüléseknél, amelyeknél a repülési feltételek (pl. meteorológiai) csak minimálisan kielégítőek. Ez mindenképpen, jelentősen befolyásolja a figyelemmegosztást és a fáradtságot, így ez humán szempontból is fontos, kifejezetten katasztrófa-specifikus jelenség.

Az árvíznél történő UAV repülések további, kifejezetten katasztrófa-specifikus jellegzetessége lehet, hogy a pilóták, illetve az UAV által szolgáltatott információk, képek feldolgozói akár első kézből kaphatnak információt az árvíz által okozott pusztítás mértékéről. Ez a személyzet részére pszichikai teherként nehezedhet és frusztrációt, hosszabb távon az ún. *kiégést* okozhat.

8.3.3.3 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

Ahogy az árvizek kialakulása, úgy a tetőzését követően az apadás is egy elhúzódó, lassú folyamat lehet. Egyes kiemelt területek – pl. nemzeti parkok – folyamatos megfigyelést igényelhetnek, ahol azonban az általánosan alkalmazott gépjárműves (száraz időszakban), vagy motorcsónakos (árvizes időszakban) felügyelet, az árvizek kialakulása, illetve az apadás utáni száradás időszakában nem alkalmazható. Az elöntés kezdetén a víz már túl magas lehet, hogy a terület járművekkel járható legyen, azonban még nem elegendően mély, hogy motorcsónakot lehessen használni; illetve fordítva, az apadást követően a víz már nem elegendően mély a motorcsónak használatához, míg a felszín még nem elég száraz a gépjárműves közlekedéshez. Ezekben a közties időszakokban a légi megfigyelés nyújthatja az egyetlen megoldást. Az UAV repülések ilyen esetekben egyszerű, teljes körű és költséghatékony módjai lehetnek a terület felügyeletének.

⁴¹⁸ Forrás: internet és szerző



8.24. kép Árvíz utáni felmérés az Aggteleki Nemzeti Park területén UAV segítségével⁴¹⁹

Az árvizek levonulását követően a gátak sokszor sérülést, állapotrosszabbodást szenvednek. Ezek felméréséhez (légi feltérképezéséhez), az UAV repülések hatékony segítséget nyújthatnak. Figyelembe véve, hogy az árvízi védekezést követő repülések körülményei nagyban hasonlítanak, meggyeznek a megelőző időszakban végzett repülések körülményeivel, vagyis mind időben, mind a feladat struktúráját tekintve jól tervezhetőek, ezért az egyéb tényezők szempontjából is hasonló helyzetet várhatunk; vagyis a feladat nem jelent különösebb veszélyforrást, nem hordoz magán katasztrófa-specifikus jellegzetességet. Ennek ellenére a későbbi árvizek megelőzése, az aktuális előntési modellekhez szükséges adatok pontosítása érdekében az UAV-vel végzett felderítő, adatgyűjtő tevékenységek nemcsak fontosak, de valódi értékteremtő beruházást is jelenthetnek.

8.3.4 Földrengések

8.3.4.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

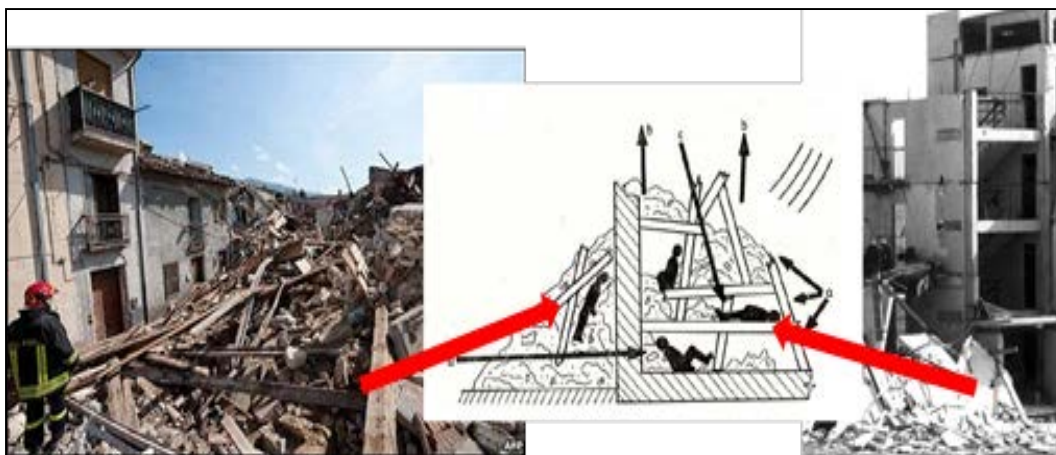
A földrengések tipikusan olyan katasztrófák, amelyek pontos előrejelzése még nem megoldott, azok hirtelen, váratlanul történnek. A rengés energiájától, az építkezési jellemzőktől, népsűrűségtől, technikai fejlettségtől függően a rengések óriási anyagi és emberi veszteségeket okozhatnak. Mivel a rengés kipattanásának általánosan elfogadottan nincsenek könnyen észlelhető előjelei, ezért az UAV repülések alkalmazása sem tűnik célszerű megoldásnak. Így az UAV alkalmazásának vizsgálata tipikusan földrengés előrejelzésre vonatkozóan nem releváns.

8.3.4.2 A katasztrófa bekövetkezését követő közvetlen időszak

A nagy energiával kipattanó földrengésekre jellemző, hogy óriási területeket érintve a lakóépületek összedőlnek és a bent tartózkodók közül számosan azonnal, vagy csapdába esve a sérülések, valamint az életfeltételek megszűnése miatt idővel áldozatul esnek. A sérültek helyzete a fentiek alapján több féle lehet; a speciális mentőcsoportok, a katasztrófavédelem számára a csapdába került, saját erejéből menekülni nem tudó érintettek kerülnek az elsődleges tevékenység középpontjába.

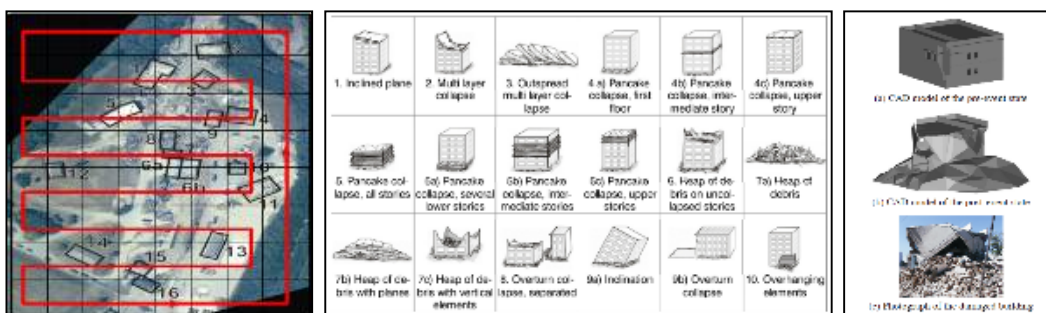
A területre sokszor jellemző, hogy a pusztítás miatt a városias területeken nem lehet közlekedni, a csapdába kerültek megközelítése nehéz. További probléma, hogy a helyszínen rendelkezésre álló erőforrások rendszerint szűkösek, így azok optimális elosztása alapvetően meghatározza a beavatkozás hatékonyságát. A csapdába kerültek túlélési esélyei az idő múlásával drasztikusan csökkennek, így bármilyen eszköz, amely a felkutatásukat, vagy a kutatásukra rendelkezésre álló erőforrások alkalmazásának optimalizálását elősegíti, jelentősen javítja a mentés hatékonyságát.

⁴¹⁹ Forrás: szerző



8.25. kép A földrengés okozta romboás mértéke, a túlélésre alkalmas terek mielőbbi felderítése alapvetően meghatározza a csapdába került személyek túlélési esélyeit⁴²⁰

Az UAV repülés a rengés utáni gyors terület felmérésben, feltérképezésben, elsődleges kárbecslésben tud hatékony segítséget nyújtani. A rengés okozta épületkárosodások foka egy nemzetközi skálán besorolható, azok levegőből történő gyors felmérése elősegíti a döntéshozatalt. A terület feltérképezésével képesek vagyunk olyan 3 dimenziós képalkotásra, amely alapján eldönthető, hogy az épületek állapotától függően a csapdába esett személyeknek milyen túlélési esélyei vannak. Ezek alapján a rendelkezésre álló erőforrásokat a hatékonyság szempontjából az elhárításért felelős döntéshozók, a speciális mentőcsoportok vezetői, szükség szerint rangsorolni, optimalizálni tudják.



8.26. kép UAV repülés földrengés sújtotta terület fölött. Repülési útvonal megtervezése, az épületek sérülésének osztályozása (Scweier és Markus, 2004), valamint 3 dimenziós képalkotás (Rehor, 2007)

A földrengéseknél történő UAV repülések szempontjából katasztrófa-specifikus jelenség, hogy a menedzsment részéről azonnali repülési igény merül fel. A személyzet számára ez váratlan feladat, ami az alkalmazott típustól függően lehet nagy távolságból irányított stratégiai repülés, de a mentőcsapatok támogatására szolgáló operatív feladat is. A személyzet olyan terület fölött hajt végre repülést, ahol a pusztítás jelentős, így az azzal való szembesülés és a fölötté végzett pontos feladat végrehajtás kényszere bizonyosan jelentős terhelést jelent. Az adott terület fölött az UAV repülés lehet az első is, így annak irányítója akár elsőként is szembesülhet a pusztítás mértékével.

⁴²⁰ Forrás: szerkesztette a szerző



8.27. kép Légi felvétel kiértékelése a túlélés esélyeinek meghatározására és a rendelkezésre álló források optimalizálására⁴²¹

Kifejezetten katasztrófa-specifikus jelenségként értékelhető, ha a terület fölötti nem csak UAV-k repülnek, ami a személyzet részére harmonikus együttműködést, és megfelelő kommunikáció fenntartását igényli. A közös légtérben való biztonságos elkülönítések, a kommunikáció folyamatos fenntartása és a koordináció figyelemmegosztást követelnek, így a pilóták a speciális feladat miatt bizonyosan gyorsabban fáradnak.

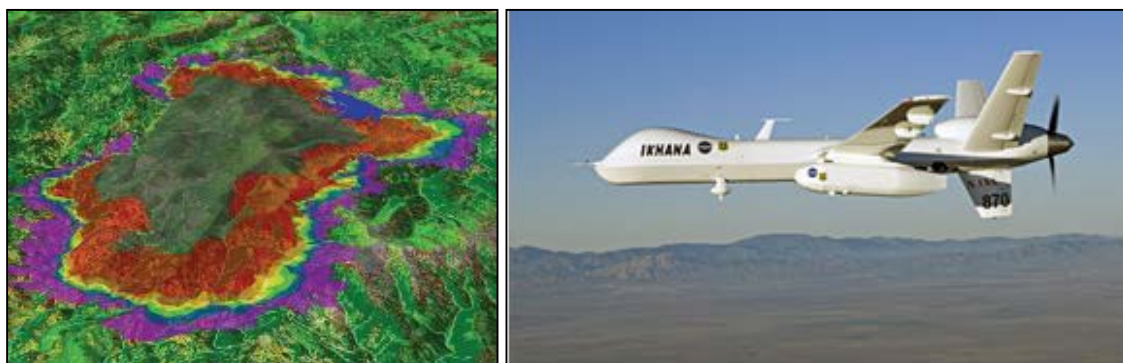
8.3.4.3 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

Az elsődleges beavatkozások, mentési folyamatok befejezésével az UAV alkalmazása a romeltakarítást, helyreállítást és újjáépítést segítheti. További feladatot jelenthet a földrengés okozta egyedi, illetve tartós talajmozgások mértékének, illetve ütemének meghatározása, nyomon követése is. Ezek a feladatok az alkalmazás helye és ideje szempontjából jól tervezhetők, így az UAV repülés ilyenkor már elveszíti katasztrófa-specifikus jellegét, általánosságban nézve közelít a civil alkalmazáshoz. Lényege a georeferált légi fényképek egyszerű, gyors és költségtakarékos előállítására.

8.3.5 Erdőtüzek

8.3.5.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

A katasztrófavédelmi alkalmazások közül az erdőtüzeknél történő UAV repülések taktikai elemei tűnnek a leginkább kidolgozottaknak. A tűz keletkezése előtti időszakban történő őrzéssel egyrészt a tüzmelegítés megelőzése segíthető elő, másrészt a korai észleléssel lehetővé válik a tűzoltók gyors és szakzerű beavatkozása.

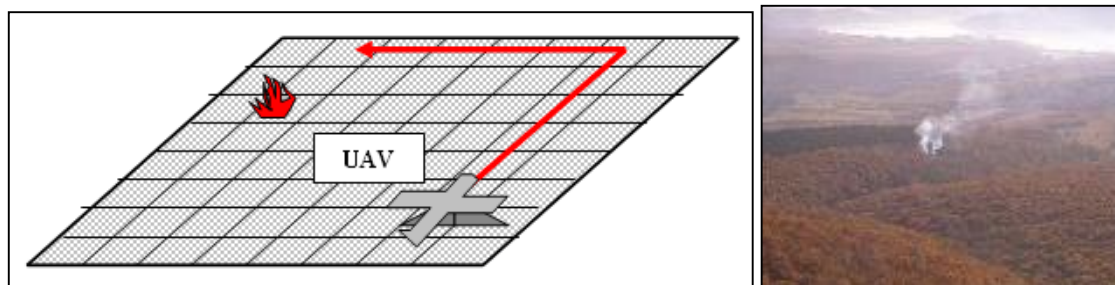


8.28. kép Stratégiai döntéstámogatás az Egyesült Államokban erdőtüzek hatékonyabb oltása érdekében és az alkalmazott Ikhana UAV⁴²²

⁴²¹ Forrás: szerkesztette a szerző

⁴²² Forrás: Ambrosia, 2005

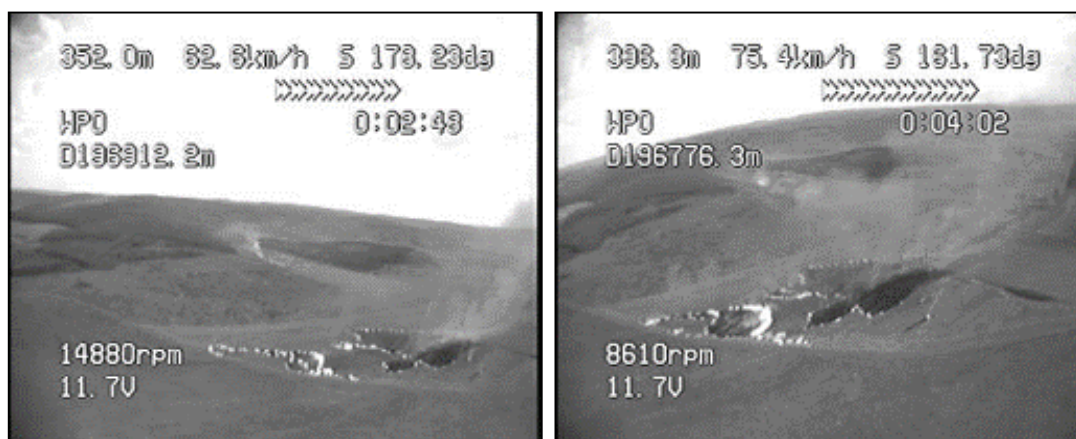
Az UAV tűzészlelésre történő stratégiai alkalmazására az Egyesült Államokban találunk példákat. (Ambrosia at al. 2006). Mivel a feladat az ún. *erdőtűz veszélyességi index* (FWI⁴²³) alapján jól tervezhető, ezért ez az alkalmazás is inkább az egyéb polgári alkalmazásokhoz hasonlítható, és döntően mellőzi a katasztrófa-specifikus jellemzőket. Ettől függetlenül a tűz észlelése hosszú ideig tartó, tehát monoton repülés közben véletlenszerű esemény (észlelés, „találat”), így ennek elsődlegesen humán szempontból van jelentősége. Ez a feladat jó monotonia tűrést követel az UAV pilóták részéről.



8.29. kép A légi őrjáratozás tervezése és valós tűzdetektálás a levegőből

8.3.5.2 A katasztrófa bekövetkezését követő közvetlen időszak

A tűz frontvonalához érkező tűzoltók elsődleges feladata a felderítés, amely a hagyományos módszerek alapján a tűz körbejárásával, vagy egy magassági pontra való feljutással, többnyire gyalogosan történik. A tűz kiterjedésétől függően ez akár több 10 percet is igénybe vehet. Az operatív feladatra alkalmas, pl. kézből indítható és elektromos meghajtású UAV azonban akár 5 percen belül is képes lehet objektív képet adni az érintett területről, illetve annak környezetéről. A beavatkozás során az UAV repülésekkel információt kaphatunk a frontvonal megközelítésének lehetőségeiről, annak változásáról, a tűz intenzitásáról, a szél irányáról és erősségéről, az oltás dinamikájáról. Ezen túlmenően láthatóvá válik az égés dinamikáját befolyásoló különböző vegetáció típusok változása; így segítséget nyújthat a pillanatnyi helyzet megítélésében és a várható előrejelzésében.



8.30. kép Az erdőtűzek oltásának döntéstámogatása operatív szinten (Szendrő, 2004).

Jól láthatók a döntéshez szükséges információk: tűzintenzitás, szélirány, a vegetáció változása stb.⁴²⁴

Az oltás során történő repülések katasztrófa-specifikus jellegzetességei többrétűek. A beavatkozás megkezdése előtti információ-hiány miatt a mielőbbi felszállás lenne indokolt, ami a pilótákat időnyomás alatt tarthatja. A beavatkozás során történő UAV repülések során azonban inkább a figyelemmegosztás problémája merülhet fel. A frontvonal helyzete az oltás során dinamikusan változik, aminek folyamatos nyomon követése esetleg elterelheti a figyelmet egyéb

⁴²³ FWI – Fire Weather Index

⁴²⁴ Forrás: szerző

fontos tényezőkről, mint amilyen pl. a szélviszonyok változása, az ún. *röptüzek* keletkezése, vagy a körzetben folyó esetleges egyéb repülések.

A negatív hatások mellett a kedvező körülmények is észrevehetőek. Ezek közé tartozik, hogy kisebb kiterjedésű tüzeknél, a nem erdőhöz kapcsolódó anyagi károkozás (lakóépületek) mérsékelte, vagy akár teljesen el is maradhat. Így az egyéb, korábban más katasztrófáknál már részletesen említett, a pusztító hatás által okozott pszichés terhelés, frusztráció erdőtüzeknél nem számottevő, de akár el is maradhat.

Az erdőtüzek környezetében helyi mikro-meteorológiai viszonyok alakulhatnak ki, amelynek egyik legjellemzőbb megnyilvánulása a légmozgás irányának és erősségének megváltozása. Kiterjedt erdőtüzeknél az égéssel együtt járó erős feláramlások a szél irányát a tűz irányába módosítják. Jellemző az erős turbulencia is, amelyek veszélyforrást jelenthetnek a közelben végzett repülések biztonságára; az alacsonyabb tömeg miatt ez kifejezetten veszélyeztető tényező lehet az UAV repülések biztonságára.



8.31. kép UAV-val készített jellegzetes tűzformák: pont tűz (hot spot), vonali tűzterjedés és kiterjedt területű tűz (Horvátország, 2011)⁴²⁵

Szerencsére tűzoltó-taktikai szempontból a hatékony légi felderítés nem követeli meg a tűz frontvonalának átrepülését, vagy az annak közvetlen közelében történő repüléseket, vagyis a szakszerűen végrehajtott UAV repülések mindig a frontvonalaktól néhány 100 m-rel távolabb, biztonságos légtérben történhetnek.

A fentiek alapján az erdőtüzeknél történő UAV repülések katasztrófa-specifikus vonatkozása alapvetően a dinamikus változó környezet folyamatos nyomon követéséből generálódik. Ez egyrészt állandó éberséget követel a személyzettől, másrészt figyelemelterelő hatása lehet egyéb, a repülés biztonságára, valamint a hatékony feladat végrehajtásra kockázatot jelentő tényezőkre. A fentiek ellenére a feladat végrehajtásának hatékonyságát növelheti, hogy a más katasztrófáknál jellemző, az ember által épített környezet pusztulásának látványából eredő frusztráció elmarad. A negatív hatások kockázatának csökkentése megfelelő kiképzéssel és folyamatos tréninggel megoldható.



8.32. kép Az UAV repülés előnyei: a tűz közvetlen közelről és „madártávlatból”. A harmadik dimenzió hatékonysága⁴²⁶

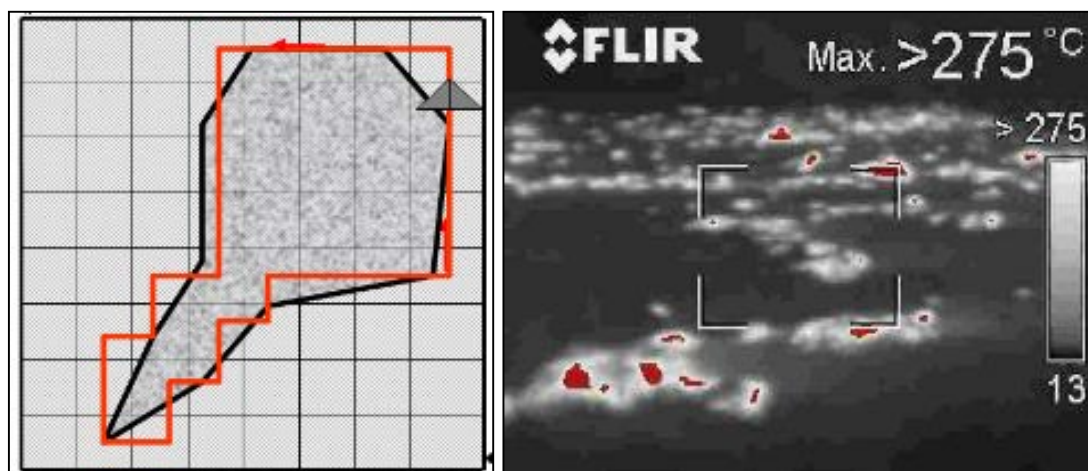
⁴²⁵ Forrás: szerző

⁴²⁶ Forrás: szerző

8.3.5.3 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

A tűz eloltása után számos alkalommal a felerősödő szél újra lángra lobbantja a frontvonalakat. A földről nem észlelhető, illetve szabad szemmel nem látható forró pontok, a hamu alatt megbújó paraszak helyei az UAV fedélzetére installált hőkamerával könnyedén észlelhetők (Pastor et al, 2008). Ezáltal az egy-két fős földi egységek már végleg elolthatják a tűzgócokat, illetve drasztikusan csökkenthetik a visszagyulladás esélyét.

A feladat katasztrófa-specifikus jellegzetességeinek vizsgálata rávilágít az egyéb katasztrófákkal való hasonlóságokra, de a kiaknázható lehetőségekre is. Az UAV pilótákat itt sem kell, hogy nyomassa a beavatkozások során elvárt sikeresség kényszere, azonban a tévedés itt a tűz (katasztrófa) újjáéledését jelentheti. Ezért a feladat súlya kisebb bár, de mégis magában hordozza a felelősségteljes munkavégzés igényét. E kettősségből generálható egy kiaknázni célszerű lehetőség: az erdőtüzeknél alkalmazásra kerülő UAV pilóták képzésére a tűz utáni megfigyelés kiválóan alkalmas.



8.33. kép A tűz utáni UAV repülés tervezése és a forró pontok hőkamerával történő felfedése⁴²⁷

Egyrészt nincs az oltási feladat támogatása során jelentkező nyomás, másik részről azonban a megbújó paraszak miatt mégiscsak felelősségteljes és valódi körülmények közötti munkavégzést, repülést jelent.

8.3.5.3 Ellenőrzött tüzek gyűjtása

Az UAV-k erdőtüzeknél történő alkalmazásánál az „oltás” egy speciális formáját is megtalálhatjuk. A tűzoltó nem megfigyelésre, vagy tűzoltásra használja, hanem ellenőrzött körülmények között, maga generálja vele a tüzet! Az erdők tűzveszélyességét alapvetően meghatározza a talajon felhalmozódott ún. holt anyag (biomassza) mennyisége, vagyis a korábban lehullott, száraz, még le nem bomlott levélzet. Ennek csökkentésével lényegesen kisebb lesz az adott erdő tűzveszélyessége is. A szakemberek ennek a száraz anyagnak a csökkentéséhez, eltüntetéséhez, már régóta azt a módszert alkalmazzák, hogy ellenőrzött tüzeket gyűjtenek. Ez a tűz alacsonyabb hőmérsékleten, és kisebb intenzitással ég, így nem okoz kárt az élő fában, azonban eltünteti a tűzveszélyt okozó holt biomasszát. Amikor az égetéshez a feltételek megfelelőek (pl. vegetációs időszak, páratartalom) a szakemberek előre meghatározott terv alapján maguk gyűjtik meg az erdő aljnövényzetét és hagyják elégni azt.

Az ellenőrzött tüzek gyűjtéséhez ma már olyan alacsony tömegű, de távirányítható, gyakorlatilag teljesen automatizált korszerű eszközöket alkalmazhatunk, amelyek nem igénylik a hagyományos, személyzettel repülő légi járművek alkalmazását. A módszer lényege, hogy a fedélzetről egy speciális eszközzel apró golyókat bocsájtunk ki (fire eggs, vagy fire pastilles), amelyek a

⁴²⁷ Forrás: szerző

talajra érve néhány másodperc múlva (kb. 20–40) magas hőmérsékletre hevülnek és meggyújtják a környezetükben lévő biomasszát. Az UAV-vel történő légi tűzgyújtás számos előnnyel kecsegtet, ebből az első, a lényegesen alacsonyabb költségvonzat könnyen belátható, ami egyben az ilyen repülőeszköz egyértelmű előnyét is mutatja. Az ellenőrzött tüzeket csak megfelelő páratartalom és hőmérséklet mellett szabad gyújtani, ami sokszor az éjszakai égetést indokolná. A hagyományos módszerek esetében erre legfeljebb korlátozottan lenne mód, azonban UAV alkalmazásával az éjszakai repülések nem jelentenek komolyabb kockázatot, mivel már a feladat előkészítése és a szükséges háttér biztosítása is sokkal rugalmasabb.



8.34 kép Az ellenőrzött tüzek gyújtásának tervezése, valamint kivitelezésének modellezése⁴²⁸

Az ellenőrzött tüzek UAV alkalmazásával történő gyújtását jelenleg az Egyesült Államokban és a Dél-Afrikai Köztársaságban (Working on Fire) alkalmazzák.

8.3.6 Vulkan kitérés

8.3.6.1 A katasztrófa bekövetkezését megelőző időszak

A vulkánkitörések az esetek döntő többségében valamilyen formában már előre jelezhetők. A mélyben felgyülemelő és kitérésre váró magma különböző formákban, pl. kisebb földrengések, gázkitéréssek, talajvíz szintjének megváltozása, formájában hívja fel magára a figyelmet. A vulkánok az adott ország erre hivatott szerve által – az aktivitásától függően – különböző minőségű megfigyelés alatt állnak, amire kitűnő megoldás lehet az UAV alkalmazása is. A levegőből készített nagy felbontású képek elemzésével a vulkánokban végbemenő változásokról a szakemberek hasznos információkhoz juthatnak. Mivel az UAV működtetési költsége lényegesen alacsonyabb a hagyományos légijárművekénél, így azok mindenképpen hatékony segítoi lehetnek a vulkanológusok munkájának.

A levegőből az UAV fedélzetére installált műszerek segítségével nagy pontosságú, georeferált képek készíthetők, amellyel a vulkáni kúp apróbb elmozdulásai, a magma kitérése előtti, szemmel nem látható változásai is észlelhetők. Ugyanígy, a speciális mérőműszerek a kitéréseket megelőző, jellemző gázkiáramlásokat képes nyomon követni. Az UAV repülések ebben az esetben viszonylag jól tervezhetők, katasztrófa-specifikus jellegzetességek nem mértékadók.

A repüléseket taktikai és operatív szinten kell végrehajtani, a vulkán aktivitásának mértékétől függő gyakorisággal (pl. Izland esetében). Egy szunnyadó vulkán speciális megfigyelésének gyakorisága több év is lehet, míg a növekvő aktivitást mutató ez a napi rendszerességgel történhet, de szélsőséges esetben akár a folyamatos megfigyelés is fenntartható. Ennek alapján eldönthető, hogy a veszélyeztetettség mértéke milyen magas fokú, szükséges-e a lakosság kitelepítése. A helyszíni kutatómunka támogatására elsősorban operatív feladatok ellátására alkalmas UAV alkalmazása jöhet szóba. Ez általánosságban jelenthet korlátozott képességeket, de

⁴²⁸ Forrás: szerkesztette a szerző

akár azt is, hogy a feladat jellegének megfelelően speciális jellemzőkkel szükséges a meglévő képességeket bővíteni. A huzamosabb idejű, a vulkán egész területének megfigyelésére vonatkozó feladatok ellátásánál a több órán keresztül is repülni képes, taktikai feladatokra épített UAV-vel számolhatunk.



8.35. kép Vulkáni tevékenység megfigyelése, valamint gázkiáramlások és gőzkitörések vizsgálata⁴²⁹

8.3.6.1. A katasztrófa bekövetkezését követő közvetlen időszak

A vulkánkitörés utáni állapot légi megfigyelése több szempontból is fontos, mivel egyrészt maga a működés, majd a bekövetkezett változások is nyomon követhetőek. Ez a szakemberek számára a további aktivitásáról nyújt információkat. Igen fontos feladat a kitörés (emberi) környezetre gyakorolt hatásának vizsgálata. Ez utóbbi esetén fontos, mind annak kiterjedését, mind minőségét (súlyosságát) meghatározni.

A vulkánkitörések egyik legjellemzőbb tulajdonsága, hogy akár rendkívüli mennyiségű (több km^3) hamu is a légkörbe juthat, amely jelentős hatással lehet mind a közvetlen környezetében élőkre (emberek lakókörnyezete), mind a távolabbi területek tevékenységére (mezőgazdálkodás, állattenyésztés, közlekedés). A történelem során több olyan jelentős vulkánkitörésről is tudunk, amikor a légkörbe jutó hamu, bolygónk életének egészére hatással volt. Az utóbbi időben az izlandi vulkánok tevékenysége növekedett (Eyjafjallajökul, 2010, valamint Grimsvotn, 2011) és jelentős hatással is volt leginkább Európa életére, áttételesen a világ teljes légi közlekedésére.



8.36 kép Az Eyjafjallajökul 2010-es kitörése és a hamufelhő eloszlása egy hónappal a kitörés után⁴³⁰

A vulkáni hamu jelentős veszélyt jelent a légiközlekedés biztonságára. A szabad szemmel nem látható, szilikát tartalmú apró részecskék a repülőgép felületével találkozva a súrlódás hatására

⁴²⁹ Forrás: Nature url: www.nature.com/news/2008/081117/full/news.2008.1237.html és Visionguide url: <http://138.100.76.11/visionguided2/?q=node/232>

⁴³⁰ Forrás: Wikipédia

mechanikai sérüléseket okoznak. Ez különösen veszélyes a pilótakabin és a hajtómű esetében. A hajtóműbe bekerülve a kompresszorlapátok belépő éleit károsítja, majd a továbbiakban az égéstérbe kerülve okozhat súlyos problémákat. A magas hőmérséklet hatására a szilikát tartalmú hamu megolvad, majd eltömítheti az apró furatokat, illetve lerakódhat az égéstér falán. A turbinalapátokra kerülve a megolvadt hamu hőmérséklete jelentősen lecsökken, így ott bizonyos a lerakódás.

A fentiek alapvetően befolyásolják, lerontják, vagy teljesen megszüntethetik a hajtómű üzemszerű működését. Kedvezőbb esetben csak a hajtómű megy tönkre, de előfordulhat akár kényeszerű hajtómű leállás is.

A másik kedvezőtlen hatás az apró részecskék repülőgép testének ütközése, melynek energiája miatt a törzs felszíne, a szárnyak és vezérsíkok belépő élei egyszerűen felmaródnak, lerontják a felhajtóerő termelésének hatékonyságát, összességében alkalmatlanná tehetik a légi járművet a további repülésre. A pilótakabin üvegezése különösen érzékeny, vulkáni hamufelhőn történő átrepüléskor több megfigyelés is igazolja azok teljes tönkremenetelét. További veszélyforrás a barometrikus műszerekre, elsősorban a sebességmérők érzékelőire gyakorolt negatív hatás. Esetlegesen, sűrű hamufelhőbe repülve előfordulhat azok eltömődése, amely téves sebességadatokhoz, végeredményben akár katasztrófához is vezethet. A hamufelhő szükséges vizsgálati esetén a személyzettel repülő légi járművek UAV-vel történő kiváltása egyértelműen a biztonság növekedésének irányába mutat.

Az UAV repülések két célt szolgálhatnak. Az egyik, hogy a vulkáni működésről, annak közvetlen környezetéből nyújtson pontos, objektív információkat a szakemberek részére. Mivel a kitörés közvetlen környezetében a személyzettel repülő légi járművek biztonsági okok miatt nem repülhetnek, így az UAV repülések a magasabb veszélyeztetettség szintjén történő légi felderítést, információgyűjtést teszik lehetővé, emberi életek veszélyeztetése nélkül.

Ebben az esetben a repülések taktikai, esetleg operatív szintűek, a kitöréshez viszonylag közeli fel-, és leszállóhelyről történhetnek, ahol a személyzet még biztonságban van. Az UAV ilyen feladatra történő speciális alkalmazása miatt bizonyos azok üzemidejének jelentős csökkenése, vagyis az amortizációjuk felgyorsulása.



8.37. kép Vulkanai utótevékenység megfigyelésére előkészített UAV-k, valamint a repülés útvonala⁴³¹

A távolabbi hatások felméréséhez a vulkáni hamuból történő mintavételezéshez stratégiai szintű UAV repülésekre van szükség. Ez nagy magasságban végrehajtott nagy távolságú repüléseket jelent, amellyel megakadályozható a nagyobb értékű, személyzettel repülő légi járművek károsodása, a személyzet életének veszélyeztetése.

⁴³¹ Forrás: NASA url: www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2013-119

Ebben az esetben a hagyományos légitársaságok alkalmazásától eltérően, az UAV repüléseket olyan dimenzióban (a biztonságra veszélyt jelentő zóna) sikerül megvalósítani, ahol eddig nem, vagy csak korlátozott, esetleg speciálisan felkészített esetben lehetett szó. A stratégiai UAV repülések országhatárokon is átnyúlnak, a vulkáni hamu terjedésének és a benne lévő anyagok összetételének meghatározására irányulnak. A fel-, és leszállóhelyek egymástól, fejlett infrastruktúra (és jogi környezet) esetén akár el is különülhetnek, és a vulkán környezetétől jelentősen távolabb is lehetnek. Mivel maga az UAV szerkezete nem védett a hamu okozta károsodástól, így esetenként szükség lehet biztonsági ellenőrzésekre, a repülések megszakítására. A fentiek alapján az UAV-k vulkánkitöréseknél való alkalmazása kifejezetten katasztrófa-specifikus jeget visel magán.

8.3.6.2 Az elsődleges katasztrófa-elhárítási tevékenységet követő időszak

A vulkáni tevékenységek aktivitásának csökkenése jelentősen eltérhet egymástól. Mivel az UAV repülések pontosan a biztonság fenntartása érdekében történnek, így a repülések gyakoriságára való igény mérséklődése is az aktivitás csökkenésének ütemével számítható. A repülések ebben az időszakban jól tervezhetővé válnak, többnyire az utóhatások felmérésére, térképezésre szolgálnak. A vulkáni hamu kilövellésének megszűnte után az a légkörben néhány nap, egy-két hét elteltével, várhatóan a repülésre veszélyes küszöbérték alá esik, illetve a felszínen kiülepednek, így a repülések elveszítik katasztrófa-specifikus jegeiket.

8.3.7 Egyéb katasztrófavédelmi alkalmazások

A korábban nevesített katasztrófák mellett találunk arra is példát, hogy a cunamik, vagy hurrikánok hatását kell légi felvételek segítségével felmérni. A lassan kialakuló katasztrófáknál, mint pl. a szárazság hatásának felmérésénél ugyan úgy van erre igény, mint az egyes mezőgazdasági járványok előretörésének nyomon követésekor.



8.38. kép A Sandy hurrikán pusztításának felmérése UAV-vel készült felvétel alapján⁴³²

Az egyéb katasztrófavédelmi alkalmazások között teljesen egyedi kezdeményezésekkel, megoldásokkal is találkozhatunk. A különleges mentési helyzetekben előfordulhat, hogy a személyzetrel repülő légitársaság alkalmazása (pl. méret), korlátokba ütközik. Ennek feloldására olyan kisméretű UAV létrehozását tervezik, amely alkalmas legalább 1 bajbajutott személy kimentésére. Ezek a légitársaságok a feladat jellegét tekintve szinte már légi robotoknak tekinthetők.

A különleges mentési helyzetekben való egyedi megoldást nyújtó UAV alkalmazásokra azonban már ma is találunk példákat, ezek egyike, amikor az UAV hegyi mentőknek nyújtott segít-

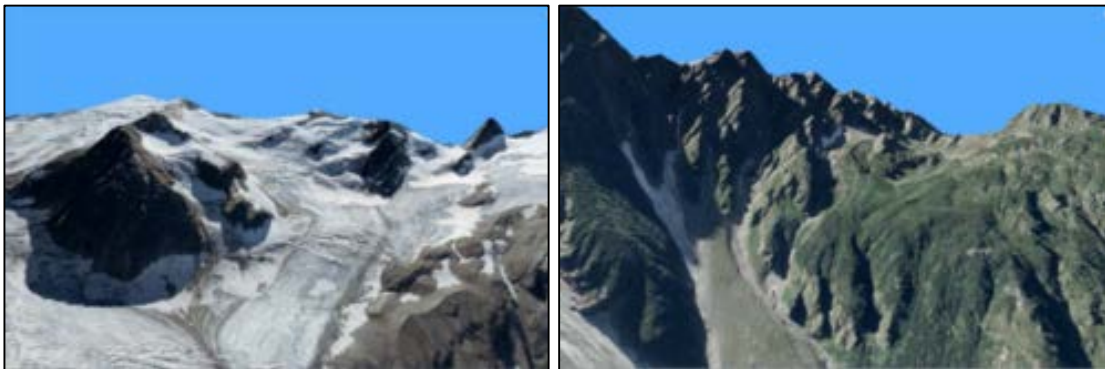
⁴³² Forrás: ABC News url: www.antonk.com/category/october-in-history/

séget. Egy hegymászó megsérült és a hegy tetején rekedt. A segítségére érkező speciális mentőegység a gyorsabb hegymászás érdekében felszerelését a szikla alatt hagyta, majd felérve egy vékony kötelet egy kisméretű UAV-hez rögzített. Az UAV a kötél végét felvitte a gerincre, ahol a csoport egyik tagja azt leakasztotta róla, majd a felszerelést ennek segítségével felhúzta. A szakemberek szerint a mentés ezzel az akcióval számottevő időnyereséget ért el, továbbá a mentőcsoport tagjainak is lényegesen kisebb fizikai megterhelést jelentett.



8.39. kép Egy speciális UAV alkalmazás: hegyimentők helyszínre jutásának gyorsítása és könnyítése. A mentőkötelet egy UAV segítségével juttatták a helyszínre⁴³³

A magas hegyen rekedtek mentésének számtalan korlátja van. Nincs elég oxigén, rosszak a látási viszonyok, erős szél fúj, nagyon hideg van és hirtelen megváltozhatnak az addig stabilnak tűnő környezeti állapotok. Egy svájci kezdeményezés alapján a magas hegyek változó hóviszonyait, a gleccserek állapotát rendszeres UAV repülésekkel kívánják napról-napra pontosítani, mivel ezek megbízható ismerete alapvetően meghatározza a hegyi mentők munkájának sikerességét. Kiegészítésül egy speciális térképező modult is kidolgoztak (I3D Technology), amely az UAV által készített legújabb felvételek alapján 3 dimenziós képalkotással frissíti a korábbi modellt. Az utóbbi módszere, noha alkalmazását tekintve képes a bajbajutottak mentésében is segíteni, messze túlmutat a katasztrófavédelmi alkalmazásokon. Az eddig megismertek alapján is látható, hogy az UAV-k katasztrófavédelmi felhasználási lehetőségei meglehetősen széles körűek, és szinte valamennyi olyan esetben bevethetőek, amikor a légi megfigyelésre, adatgyűjtésre van szüksége a menedzsmentnek. Az is megállapítható, hogy a valóban katasztrófa-specifikus jellegzetességeket magán viselő alkalmazások, a katasztrófa bekövetkezését követő közvetlen időszakokra jellemzőek.



8.40. kép A magas hegyek 3 dimenziós feltérképezése speciális technológia és UAV segítségével⁴³⁴

Ezek elemei: az UAV repüléseket nagyon gyorsan, időnyomás alatt kell végrehajtani, a körülmények nehezen megbecsülhetőek, a fel-, és leszállóhely megválasztása nem ideális, akár hosszabb repülési idővel, vagy egymást követően több felszállással is szükséges számolni. Előfordulhat, hogy az UAV személyzete szembesül elsőként a katasztrófa pusztító hatásával, de az is, hogy tőlük függ a felszámolás hatékonyságának minősége, akár egyes emberek túlélési esélye is.

⁴³³ Forrás: 6DOF

⁴³⁴ Forrás: Stuber, 2010

A katasztrófát megelőző és az elsődleges kárfelszámolást követő időszak alkalmazásai számos tekintetben a normál körülmények közötti repülésekre jellemző sajátosságokkal bírnak, amelynek legfőbb jellemzője, hogy az UAV kezelőinek lehetősége van pontosan felkészülni a feladatra, ami előre tervezhető. Ez több szempontból is átfedést mutat a következő (8.4.) fejezet témájával, a kereskedelmi célú repülésekkel.

8.4 AZ UAV KERESKEDELMI CÉLÚ ALKALMAZÁSAI

8.4.1 Az UAV alkalmazása a mezőgazdaságban

Az UAV-k mezőgazdasági alkalmazása két fő területen lehetséges. Az elsőhöz a különböző célú megfigyelések tartoznak, amelynek keretében olyan információk megszerzésére törekednek, amelyeket eddig nem, vagy csak személyzettel repülő légitűzettel sikerült megszerezni. A másikkhoz az aktív munkavégzésnek tekinthető alkalmazások. Az UAV felhasználásának nyilvánvaló előnye az egyszerűsége és alacsony költségvonzata. Ez utóbbi nem csak azt jelenti, hogy a hagyományos légi megfigyelés költségei lényegesen csökkenthetők, hanem azt is, hogy annak megtérülése jelentősen alacsonyabb szinten valósul meg; vagyis, számottevően növelhető a légi megfigyelésre alapozott munka aránya.

A megfigyelésnek több célja is lehet; a tavaszi, a vetés előtti időszakban a talaj megmunkálásának minősége ellenőrizhető, vagy az ideális nedvességtartalom alapján a vetés idejének meghatározásában segíthet. Amennyiben korlátozott mezőgazdasági erőforrásokkal rendelkezünk, úgy az UAV repülések az egyes földterületek megmunkálásának sorrendjét segítheti optimalizálni.

A mezőgazdasági növények tenyészidőszakában a növekedés mértékét lehet nyomon követni, szükség szerint az esetleges kényszerű beavatkozásokat lehet optimalizálni. A tápanyag utánpótlás meghatározásában ugyan úgy, mint az esetleges növényi fertőzések kezelésében segíthetnek az UAV által biztosított légi fotók. A felvételek alapján nem csak a szükséges beavatkozások idejének meghatározásában és területének lehatárolásában, de többszöri beavatkozás esetén, annak sorrendiségének eldöntésében is szerepet kaphatnak a légi felvételek.



8.41. kép Egy forgószárnyas és egy merevszárnyas UAV kifejezetten farmereknek készítve⁴³⁵

A mezőgazdasági megfigyelések szükségleteinek jellemzői alapján megállapítható, hogy technikai paramétereit tekintve már korlátozott képességű UAV-k is elegendőek a hatékony munkavégzéshez. A szükséges repülési magasság csupán néhány 100 m, a repülési távolsághoz akár a látótávolságon belüli repülés is megfelelő. Mezőgazdasági igények kielégítésére már ma is készítenek kifejezetten erre a célra épített UAV-eket (CropCam). Az UAV-k alkalmazásának másik lehetősége az aktív szerepvállalás a mezőgazdasági munkákban. Ez a személyzettel repülő permetező repülőgépek, helikopterek kiváltását jelentheti. Az UAV a munkavégzést távfelügyelettel, programozott módon végzi, amelyre már

⁴³⁵ Forrás: Aerialfarmer url: www.aerialfarmer.blogspot.hu és CropCam url: www.CropCam.com

ma is ígéretes fejlesztések és kísérletek, illetve korlátozott mértékben tapasztalatok is vannak.

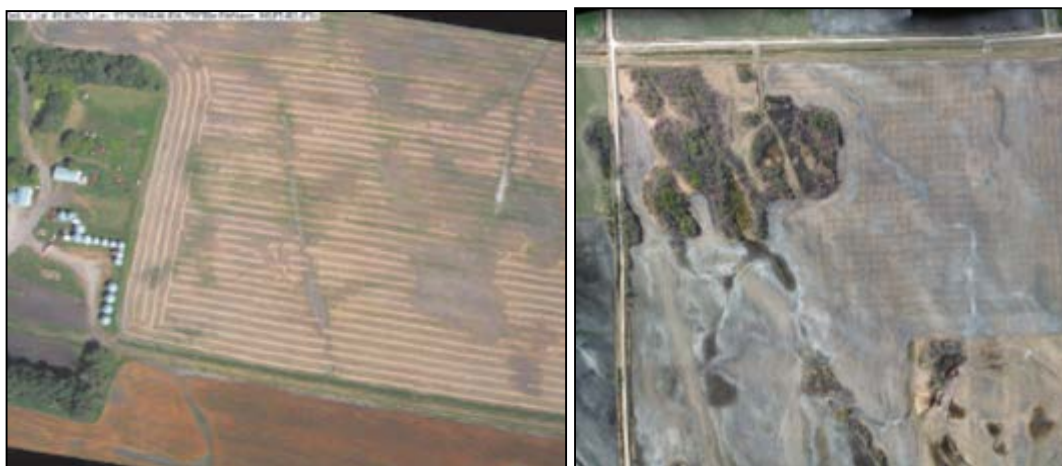
A korábbi felmérések és geo-pozicionált, fertőzött terület meghatározások alapján, az UAV-k automatikusan repülnek a növényzet fölött és csak ott bocsájtanak ki permetet, ahol arra szükség van.

Ezzel két szempontból is előnyös megoldáshoz jutunk. Egyrészt a szükséges kemikália mennyisége csökken, vagyis olcsóbbá tehető a beavatkozás, másrészt a fölöslegesen kijuttatott anyag elkerülésével a környezet terhelése is kisebb lesz. A repülési magasság ilyenkor meglehetősen alacsony, csupán néhány méter, amelynek a huzamosabb idejű, pontos megtartása is biztosított az autonavigációs rendszerrel. Az UAV-k mezőgazdasági alkalmazásának további előnye lehet, hogy a pilóták repülési idejének korlátozásával nem kell számolni (a légi járműre vonatkozó esetleges korlátozásokkal viszont igen), a repülés megfelelő körülmények között akár éjjel is folytatható.



8.42. kép Különböző UAV-k alkalmazása aktív mezőgazdasági munkákhoz (permetezés)⁴³⁶

Az UAV-k mezőgazdasági célú felhasználása tipikusan azok közé az alkalmazások közé tartozik, ahol a költségeknek meg kell térülnie. Amennyiben a termésátlagok növekedésével, a ráfordítások (kemikáliák, repülési idő) és/vagy a foglalkoztatott személyek számának csökkenésével számolhatunk, úgy az alkalmazás megtérülő, vagyis költség hatékony.



8.43. kép A CropCam UAV által szolgáltatott képek a hatékonyabb gazdálkodásért⁴³⁷

Az UAV-k szorosan vett mezőgazdasági alkalmazása kiterjeszhető az erdőgazdálkodás területére is. Ebben az esetben szó lehet a már korábban részletezett erdőtűzzel kapcsolatos tevékenységekről (tűz észlelés, detektálás; beavatkozás megfigyelés; tűz utáni terület felügyelet), az erdők pusztulásának felderítéséről, de bizonyos körülmények között az erdőtelepítés lehetőségéről is. Az előbbire példa lehet a hazánkban is rendszeresen előforduló gyapjas hernyó vagy lepke invázió, míg az utóbbinál inkább hatalmas területekkel rendelkező országok erdőtelepítési programjainak

⁴³⁶ Forrás: NASA⁴³⁶ és Singular Aircraft

⁴³⁷ Forrás: CropCam

támogatására kell gondolnunk, ahol az ennek során jelentkező problémák egy részének megoldására az UAV alkalmazása is felmerülhet. Ekkor a fák magvait egy speciális géllal együtt egy kapszulába helyezik, amelynek súlypontja biztosítja a kapszula függőleges esését. A burkolat külső részét úgy képezték ki, hogy az esés közbeni légáramlat a kapszulát a függőleges tengelye körül forgásra kényszeríti, ezáltal stabilabb talajra érkezés valószínűsíthető. Így a kapszula – a körülményektől függően – viszonylag stabil helyzetben ér földet és biztosítja a magok kikelését.

8.4.2 Az energia szektor UAV alkalmazásai

8.4.2.1 Távvezeték felügyelet

Az UAV-vel végzett távvezeték felügyelet az energiaszolgáltató hálózatok működési biztonságának fenntartását, a keletkezett problémák mielőbbi felderítését és hatékony felszámolását célozzák.

A távvezeték felügyelet meghatározott időszakonkénti olyan ellenőrzést jelent, amelyet eddig más módszerrel, többnyire gépjárműről és gyalogosan szemrevételeztek. A levegőből történő szemrevételezés során az oszlopok állapotáról, leginkább a porcelán szigetelő elemekről, és a vezeték kapcsolatójáról kaphatunk információt, míg gyalogosan vizsgálódva, amennyiben kétség merült fel az elemek sértetlenségével kapcsolatban, az ellenőrzést végzőnek közelebből szemügyre kell vennie a kérdéses elemet. Ez jelentős fizikai igénybevételt és esetleg biztonsági problémákat is felvet.

A kisméretű UAV helikopterek egy-egy repüléssel az adott elemet közelről, a nagy felbontású kamera segítségével képesek teljesen felmérni és pontos képet adni az állapotáról. Az alkalmazás ideje egy vizsgálat esetében is rövidebb lehet, mint személyes tevékenység alkalmával, viszont egy hosszabb szakaszt figyelembe véve már jelentős időmegtakarítás érhető el, ami összességében hatékonyabb munkavégzést jelent.



8.44. kép Távvezeték felügyelet UAV alkalmazásával⁴³⁸

A porcelán elemek sértetlenségének vizsgálatára számos esetben szükség lehet. Egy-egy jelentősen nagyobb vihar után a porcelán szigetelő elemek tönkremehetnek, amelyeknek az állapot felmérése, a hibás elemek kiválasztása jelentős időt, a szolgáltatási időszak kiesését jelentheti. Ezért az UAV alkalmazása jelentős működési biztonságot jelenthet a szolgáltatók részére.

Az alkalmazás jellegzetessége kettős. Egyrészt pont megfigyelésre irányul alacsony magasságban, másrészt a vezeték vonaltelepítését követve, egy megfigyelési sávot érint. Az alkalmazott repülőgépek ebben az esetben kisméretű, forgószárnyas UAV-eket kell, hogy jelentsen, korlátozott technikai paraméterekkel, de megfelelő minőségű, fedélzetre installált rendszerekkel, kamerával, melyek alkalmasak a nagyfeszültségű vezeték közelében végzett huzamosabb idejű, tartós munkavégzésre.

⁴³⁸ Forrás: internet

8.4.2.2 Kőolaj-, és gázvezetékek távfelügyelet

Az szénhidrogén kitermelő és feldolgozó ipar jelentősége vitathatatlan bolygónk energia-szükségletének csillapítására. A kőolaj és földgázmezőkről származó nyersanyag feldolgozását, jelentős távolságokra található finomítóknál végzik. A szállítás több ezer km távolságokon keresztül is csővezetékeken történhet, mivel így gazdaságosabb, mint a késztermék mozgatása, lévén, hogy a finomítókat inkább a felhasználás helyének közelébe, mint centrumához telepítik. A csővezetékek rendszeres felügyelete mind technikai, környezetvédelmi, mind vagyonsvédelem szempontból nagyon fontos. A szivárgó vezeték egyrészt az értékes nyersanyag veszteségét okozza, másrészt jelentős környezetszennyezési problémát vet fel.



8.45. kép A végtelenbe futó alaszka kőolajvezeték, valamint egy környezetét szennyező meghibásodott vezeték szakasz⁴³⁹

Ahol a késztermék szállítása is csővezetékeken keresztül történik, ott a vezeték illegális megcsapolása okoz egyrészt veszteséget, másrészt az ad hoc megoldások miatt fokozott tűz-, és robbanásveszélyt. Ezek elkerülése mindenképpen fontos a csővezetékes szállítást biztosító vállalatok részére. A jelenlegi megoldások időszakos, gépjárművel, vagy személyzettel a fedélzetén repülő légi járművel, esetleg fix telepítésű videokamerás megfigyeléssel történik.

Az időszakos megfigyelés a nagytávolságú vezeték esetében nagyon alacsony hatékonyságú lehet, egy-egy újbóli ellenőrzéséig túlzottan hosszú idő is eltelhet. Ezért egy esetleges hiba miatt jelentős mennyiségi veszteség, az apróbb hibák eszkalálódása, a környezetszennyezés kiterjedése is bekövetkezhet. E a problémákat orvosolhatja a csővezetékek hatékony felügyeletét biztosító UAV-k alkalmazása. Előre programozott, a vezeték fektetésével megegyező útirányon repülve így folyamatos felügyelet biztosítható. Az esetleges rendellenesség észlelésekor a megfelelő biztonsági, vagy javító egységek a helyszínre rendelhetők. A távfelügyelet UAV repülésekkel való támogatásával a biztonságra fordított költségek csökkenthetők, vagy átcsoportosíthatók, míg az egy pontra jutó megfigyelések gyakorisága azonos költségek mellett növelhető.

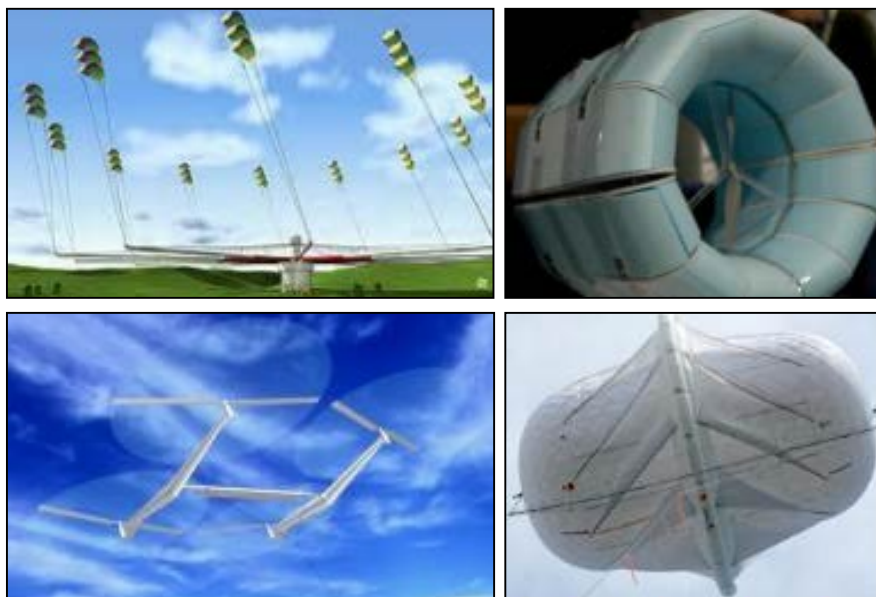
Az UAV repülések viszonylag egyszerű feladatot jelentenek, a meghatározott koordináták alapján nagy távolságokat kell lerepülni úgy, hogy közben a kőolajvezeték folyamatosan a lesugárzott látótérben, vagy későbbi elemzések céljából a fedélzetén rögzített felvételeken legyen. Hőkamera alkalmazásával az esetleges szivárgások észlelése még könnyebbé válhat, lehetővé téve az azonnali reagálását.

A vezeték alkalmankénti felügyeletére, a rendszeres alkalmazás tesztelésére már ma is van példa: az Egyesült Államokban Alaszka, Oroszországban az Urálon túli területen, de akár a kőolajban gazdag arab országok (Szaúd-Arábia, Egyesült Arab Emírátságok) területein is.

⁴³⁹ Forrás: Internet url: http://rotorfx.com/uav_helicopter_aerial_services/uav_helicopter_aerial_services.htm; <http://eijournal.com/industry-insights-trends/energy-firms-eye-drones-for-pipeline-management>

8.4.2.3 Energiatermelő lehetőségek

Az UAV-k alkalmazásának lehetőségei ma még sokszor nehezen felmérhetők. Erre példa a szél energiájának speciálisan megépített UAV-k segítségével történő kiaknázása. Elsőként az UAV-eket légi megfigyelésre, információszerzésre szánták, majd egyre inkább előtérbe kerül azok aktív tevékenységének alkalmazása is. Ilyen bemutatás látható a mezőgazdasági permetezésnél, vagy az aktív tűzoltásnál is. Ebből is látszik, hogy ma már egyre inkább előtérbe kerülnek olyan speciális felhasználási formák is, amelyeket a légi járművek személyzet nélküli alkalmazása tesz lehetővé.



8.46. kép Különböző szélenergia UAV-k Baloldal fent: KitEnergy, jobboldal fent: Altaeros, baloldal lent: Skywindpower, jobboldal lent: Magenn⁴⁴⁰

Az UAV-k egyik ilyen speciális alkalmazásának lehetősége a szélenergia kihasználásában rejlik. Ezek igazából olyan eszközök, amelyek ötvözik a korszerű szélenergia kinyerésére épített gépek előnyeit az UAV-knek, mint személyzet nélküli légi járműveknek a mobilitásával. Ma már több ilyen erőfeszítésről is tudunk, amelyek a jövő energiaigényének biztosításában, a megújuló erőforrások arányának növelésében jelentős szerepet kaphatnak.

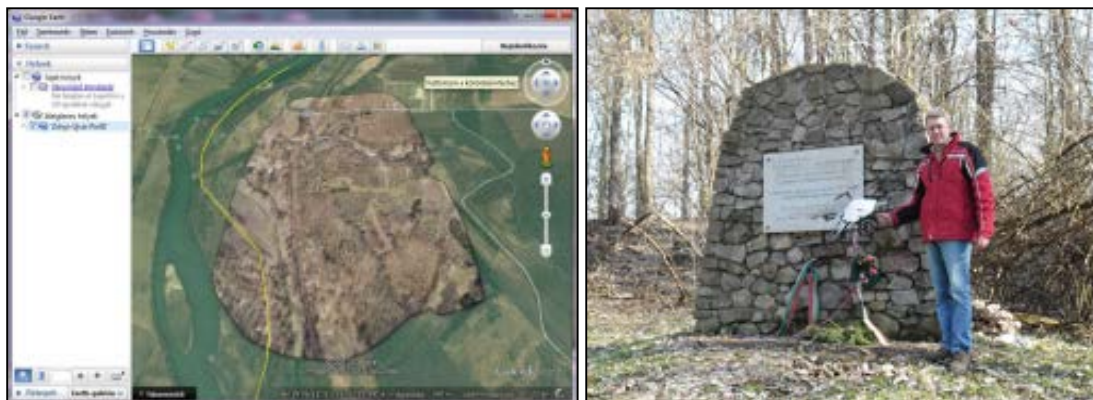
Az alkalmazás előnyei közé tartozik, hogy ezek az UAV-k nem, vagy csak minimális háttérbiztosítást követelnek, mobilak, vagyis könnyen áthelyezhetők egyik helyről a másikra, és a szerkezetük sem igényel különösen nagy beruházást. Működési elvük a szél mozgási energiájának valamilyen mechanikus energiává alakítása, majd abból, többnyire forgó mozgást létrehozva elektromos energia indukálása. Az eszközök formái ma még olykor futurisztikusnak tűnhetnek, – ezt a hatékonyság növelésére tett kiforratlan kísérletek is okozzák, – azonban az UAV-k ilyen irányú fejlesztésére, elterjedésére ugyan úgy számíthatunk, mint ahogyan ez a stabil telepítésű szélgenerátorok esetében történt.

8.4.3 Archeológiai kutatások és épített környezet UAV alkalmazásai

Az archeológiai kutatások rendszeresen igényelnek légi felvételeket. Ezek általában a kutatások kezdeti, vagy valamely mérőföldkének számító szakaszában történnek. A légi felvételek segítségével kirajzódnak a föld felszínéről nem, vagy nem kellően jól látható alakzatok. Ezek többnyire már nem szintkülönbségbeli eltérések kimutatására, hanem sokkal inkább a korábbi talajmozgásokat generáló építkezési nyomok, szabályosságok feltárására irányul. A légi felvételek régészeti feltárásokhoz alkalmazott

⁴⁴⁰ Forrás: AmpixPower; Allart, W. (2012) Ampix Power's Power Plane, Előadás, RPAS CivOps Conference, Brüsszel, 2012.12.4-5.

egyik legelső, de bizonyosan a legjellemzőbb példája a Nazca fensíkon felfedezett „vonalak”, figurák, amelyet egy, a meghatározott útvonalától eltérő pilóta véletlenszerűen fedezett fel. Az archeológiai kutatásoknak van egy másik vonulata is. A levegőből készített felvételek elősegíthetik a nagy területeken már feltárt leletek állapotának felmérését és állapotának megőrzését is.



8.47. kép Zrínyi-Újvár műszeres légi adatgyűjtés. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem projektjének⁴⁴¹ keretében elkészített program és a felmérést végző UAV (2013)⁴⁴²

Az alkalmazott UAV kritériumának meghatározásában a felmérést végző eszköz műszaki jellemzői, elsősorban annak tömege és érzékenysége játszanak szerepet. Az archeológiai kutatásokhoz használt különböző, általában nagy felbontású eszközök tömege – ahogyan az optikai, elektrotechnikai eszközök általánosságban is – folyamatosan csökken, azonban érzékenységüket, mérési pontosságukat a rezgések alapvetően befolyásolják. Ezért a legnagyobb problémát a fedélzetre installált eszközök rezgés érzékenysége, illetve annak csillapítása okozza.

Az archeológiai kutatásoknál történő UAV alkalmazásokra hazánkban is több példa van. Ezeket a repüléseket viszonylag alacsonyan, korlátozott terület fölött hajtják végre. Az elkészített képek georeferáltak, a repülések befejezése után dolgozzák fel azokat, majd a már meglévő térképekre illesztve, ortofotók segítségével, 3 dimenziós kép alkotható, vagy különböző programokkal pontos magassági adatok nyerhetők ki. A régészeti célból készített felvételeket a későbbi feldolgozás és visszakeresés érdekében archiválják.



8.48. kép Boldogkőváralja légi fotója UAV-val készítve (2010)⁴⁴³

Az archeológiai kutatásokhoz kapcsolható a jelenkori épített környezetünk felmérésére, értékes részeinek tudományos, vagy egyéb célból UAV-val történő légi műszeres adatgyűjtése. Erre a felújítások, a jelen állapot utókorai rekonstrukciója, de akár turisztikai célokból, vagy csak szépé-

⁴⁴¹ TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0001

⁴⁴² Forrás: szerző

⁴⁴³ Forrás: szerző

szeti indokkal kerülhetnek végrehajtásra. A technikai fejlődés velejárójaként a légi műszeres adatgyűjtéshez szükséges eszközpark egyre inkább elérhetővé válik sokak számára. Egy egyszerű, kézből indítható forgószárnyas UAV ma már 30 percet is képes a levegőben tartózkodni, miközben nagy felbontású, akár teljes HD minőséget is elérő eszközt képes magával vinni.



8.49. kép Archeológiai felmérés⁴⁴⁴

A fedélzeten elhelyezett eszközökről letöltött adatokból akár ingyenes szoftverek segítségével is tetszetős, a mai kor elvárásainak megfelelő minőségű képet, térképet, 3 dimenziós teret alkothunk épített környezetünk mai állapotáról.



8.50. kép Az edelényi Coburg kastély felújítása során UAV-vel készített felvétel, valamint egyszerűsített 3 dimenziós képalkotás (2011)⁴⁴⁵

8.4.4 UAV alkalmazása filmforgatáshoz

Az UAV-k alkalmazása megjelent a filmiparban is. A levegőből, repülőgépekkel, helikopterekkel készített felvételek már viszonylag korán, a filmezések kezdetén láthatóak voltak. Igény mindenképpen volt rá, legfeljebb költségvonzatuk és nehézkes kivitelezésük miatt, ezeket a lehetőségeket csak a nagyobb produkciók, esetleg a kifejezetten légi felvételekre épülő, dokumentumfilm típusú produkciók vállalhatták. Az UAV-k megjelenése új távlatokat, nézőpontbeli újdonságot nyújthat mind a produkciókat előkészítő stábnak, mind a készterméket a mozikban fogyasztó nézőnek.

A légi filmezésnél a személyzettel repülő légi járművek, UAV-k általi kiváltásának szándéka

⁴⁴⁴ Forrás: FlyCam, Previnaire, E. (2012) Flying-Cam, Előadás, RPAS CivOps Conference, Brüsszel, 2012.12.4-5

⁴⁴⁵ Forrás: szerző

több évtizedes, gyakorlatilag e repülőeszközök megjelenésével egyidős. Alkalmazásuk korlátait mindenkori technikai lehetőségeik jelentették, mivel a filmipar jóval precízebb felvételek készítését igényelte, mint amilyeneket ezek, a fedélzetükre installálható kamerával képesek voltak biztosítani. Számos probléma merült fel az alkalmazás minőségével kapcsolatban is.



8.51. kép Versenyautó filmezése UAV-vel⁴⁴⁶

A képek a fedélzeti vibráció miatt sokszor használhatatlanná váltak, vagy aránytalanul sok utómunkálattal kívántak. Az UAV-k és a filmipar együttes műszaki fejlődése azonban mára már oda jutott, hogy egyre inkább szokványossá teheti alkalmazásukat.

A lényegi áttörés a FlyCam cég által már 1988-ban megtörtént, azóta számos nagy produkciónak készült, vagy alapozták UAV által készített felvételekre, melyek megjelennek a közismert *Harry Potter*, a *James Bond*, vagy a *Misson* sorozatokban. Jelenleg a filmiparra szakosodott cég a világ 3 helyén tart fenn központot, ahol a produkciók támogatását, technikai, személyzeti és jogi előkészületeit végzik.

A magas minőségű légi felvételek a különböző animációkkal együtt ma már olyan produkciókat szülnek, hogy a moziban ülve észre sem vesszük a különbséget. Az UAV-vel készített felvételek természetességé, a filmipar számára teljesen szokványossá válnak.



8.52. kép Egy filmforgatás képkockái UAV nézőpontból⁴⁴⁷

A filmipar több szempontból is nyert az UAV-k alkalmazásával. Egyrészt a légi felvételek olcsóbbá váltak, ezáltal a film produkciók költségei a látványosság megtartása mellett csökkenthetők. A másik nagy előny abból származik, hogy az UAV méreteiből adódóan ma már olyan helyen is készíthetők légi felvételek, ahol korábban ezeket elképzelni sem tudták. Így nagyon látványos, életszerű, dinamikus és szórakoztató felvételek születhetnek úgy, hogy közben a produkciók költségei alacsonyan tarthatók.

⁴⁴⁶ Forrás: FlyCam, Previnaire, E. (2012) Flying-Cam, Előadás, RPAS CivOps Conference, Brüsszel, 2012.12.4-5

⁴⁴⁷ Forrás: FlyCam

8.4.5 A halászat támogatása UAV alkalmazásával

A világ élelmiszer termelésének jelenős hányada halászatból származik. Bár ebben a tengeri országok játszanak jelenős szerepet, de a nagyobb folyókkal, mesterséges halászati telepekkel rendelkező országok is élenjárók lehetnek. Sajnos Magyarország részesedése ebben csekély. Az UAV-k halászati tevékenységnél történő alkalmazási lehetősége kettős. Az iparág fontossága miatt egyrészt a legális tevékenység támogatásában, a költségtakarékosabb, hatékonyabb halászat elősegítésében lehet szerepe, másrészt a jogszabályban tiltott, vagy engedéllyel nem rendelkező szereplők illegális tevékenységének megelőzésében, vagy felderítésében.

Az első esetben tisztán kereskedelmi célú UAV alkalmazásról beszélhetünk, míg a másodikban hatósági megelőző, felderítő, vagy környezetvédelmi célú közszolgálati alkalmazásról.

Ez utóbbinak azért is van jelentős szerepe, mert az illegális halászati profit hajhászása magasabb működési kockázattal jár, ami miatt a halászott terület valódi „lerablásáról” van szó, ezzel a legális tevékenységet végzők működési hatékonyságát is csökkentve.

Halászati céllal igénybe vett UAV repülésekre ma már több példát is tudunk említeni. A japán bálnavadászok illegális tevékenységének bizonyítására – számos egyéb alkalmazás mellett – a Greenpeace tett erőfeszítéseket.



8.53. kép Japán bálnavadászok megfigyelése UAV igénybevételével⁴⁴⁸

Európában a baszk Aerovision cég Fulmar típusú repülőgépe kifejezetten halászati tevékenység támogatására szolgál. Ezek a működési körzetbe érve a hajó orrára szerelt katapult segítségével szállnak fel. A Fulmar deklaráltan taktikai feladatok végrehajtására készült, speciális kialakításának köszönhetően a feladat befejezését követően legegyszerűbb megoldást választva a vízre szállást alkalmazzzák. Ezt a felfújható úszó talpakkal segítik elő, ilyenkor a hajtómű beömlőnyílását is bezárják. A burkolatát az esetlegesen korlátozott látási viszonyok miatt, jellegzetesen sárgára festették, valamint műholdas helyzetjelzővel is ellátták. A Fulmar egyike a világ néhány „vízálló” UAV-jének. A maximális működési ideje a 8 órát is eléri, a fedélzetére többféle kamerát együttesen felszereltek, így ideális feltételeket teremtettek az engedélyezett halászati zónában, a halrajok hatékony felderítésére.

A halrajok mozgása az életterük körzetében folyamatos. A halászat hatékonysága attól függ, hogy a hajók megtalálják a rajokat, vagy elkerülik őket.

Az UAV alkalmazásával a „találati” valószínűség nő, a halászok rövidebb idő alatt megszerzik zsákmányukat, felhasználásukkal a halászat hatékonyabbá válik. Azaz, ugyanannyi eszközzel,

⁴⁴⁸ Guardian url: www.guardian.co.uk/environment/2012/jan/01/drones-fight-japanese-whalers

illetve idő alatt, a szaporulat számától nagyobb mennyiség is lehalászható, amely az engedélyező hatóságok korlátozó tevékenységét is előrevetítheti.



8.54. kép A speciálisan halászati tevékenység támogatására készített Fulmar⁴⁴⁹

A Fulmarnak egyéb alkalmazását is számításba vették (pl. a távvezeték felügyelete, erdőtüzek felderítése). Ennek ellenére – a speciális kialakítása miatt – ma elsősorban már csak a halászati tevékenység támogatására hasznosítják.

8.4.6 Település rendezési tervezés UAV alkalmazásával

Az UAV eddigi alkalmazásaiból látható, hogy az rendkívül széles skálán mozog. Közvetlenül, vagy közvetetten, gyakorlatilag az élet valamennyi területén felhasználhatóak. A településrendezési tervezés, annak hatásának felmérése, illetve a szükséges korrekciók pontos felmérése is támogatható UAV alkalmazásokkal. Ez a terület érezhetően közel áll a közszolgálati felhasználáshoz, azonban az önkormányzatiság elvét vallva inkább a helyi lakóközösség érdekeit szolgáló tevékenységről van szó, ezért kerül e fejezetben említésre.



8.55. kép Egy javításra szoruló áteresz egy település belterületén UAV-vel észelve⁴⁵⁰

Egy-egy település hosszú távú fejlődési lehetőségét alapvetően befolyásolják az elfogadott rendezési tervek, amelyek meghatározzák az infrastruktúra fejlesztését, annak ütemezését, a bővít-

⁴⁴⁹ Forrás: Aerovision url: www.unmanned.co.uk/autonomous-unmanned-vehicles/uav-data-specifications-fact-sheets/fulmar-unmanned-vehicle-uav-specifications-data-sheet/

⁴⁵⁰ Forrás: szerző

hető településrészeket és az utókornak is jelenlegi formájában megőrizni kívánt részeit. Ezek tervezéséhez az UAV segítségével készített felmérések, az abból esetlegesen generált látványtervek a lakosság pontos és előremutató tájékoztatását, a szakemberek elgondolásainak jobb megértését és a véleménynyilvánítás megalapozottságát segíthetik elő. A rendezési tervek az életközösségek mindennapjait is meghatározzák.

Egy-egy beruházás nyilvánvalóan terhelést okoz a környezetnek, a lakóknak, azonban ezzel munkahelyek jönnek létre, az ott élők részére hosszabb távon megélhetési biztonságot teremthetnek. Ezzel együtt, az UAV segítséget nyújthat az utólagos hatások felmérésében, a vállalt kötelezettségek teljesítésében és az önkéntes jogkövetés ellenőrzésében.

A település rendezési tervezése során az előkészítő és utólagos felmérésekre lehet alkalmazni az UAV-eket. Magyarországi példát említve komoly problémát jelent a Balaton partvonalának illegális feltöltése, beépítése. Erre az önkormányzatok által igénybe vett repülések rövid idő alatt hatékonyan tudják ellenőrizni és még a kezdeti fázisban megelőzni az ilyen illegális tevékenységeket.

A területek beépítésének időszakos ellenőrzését az UAV repülések könnyen megoldják. A geoinformációs adatbázisokban fellelhető adatokat a légi felvételek adataival egy szoftveres ellenőrző program segítségével megegyezőségi vizsgálatnak alávetve egyszerűen azonosíthatók az illegális építési tevékenységek helyszínei.



8.56. kép Szabályosan működő hulladéklerakókról készült UAV felvétel⁴⁵¹

8.4.7 UAV alkalmazása a geológia szolgálatában

Az UAV-k geológia területén történő alkalmazása rengeteg lehetőséget nyújt, amely magában foglalja a talajszinti és légköri vizsgálatokat. Alapvetően a felszíni talajváltozások nyomon követése, azok előre jelzése sok segítséget nyújthat a szakemberek számára. Elsősorban azokon a helyeken jelenthet az UAV alkalmazása nagy segítséget, ahol a feladat egyedisége a hagyományos megoldások esetén túlzottan nagy háttérbiztosítást, körülményes kivitelezést igényelne.

Kiváló példája lehet ennek a sarki területek kutatása, állapotuknak a felmérése és változásuk nyomon követése. Ezekhez, a feladat jellegétől függően kell a felhasználásra tervezett UAV típusát megválasztani, ami skálán mozoghat. Egyes esetekben bizonyosan elegendő az operatív felhasználásra tervezett, de a sarki, hideg körülményekhez alakított modellek alkalmazása, ám nagy területek, pl. a sarki jég mozgásának nyomon követéséhez már stratégiai szintű repülőeszközök bevetésére lehet szükség.

Ezen túlmenően a felhőzet és a légszennyezés mérésében, az ózonréteg változásának megállapításában, a változás mértékének előrejelzésében is jelentős szerepet kaphatnak az UAV-k. Ezekhez a

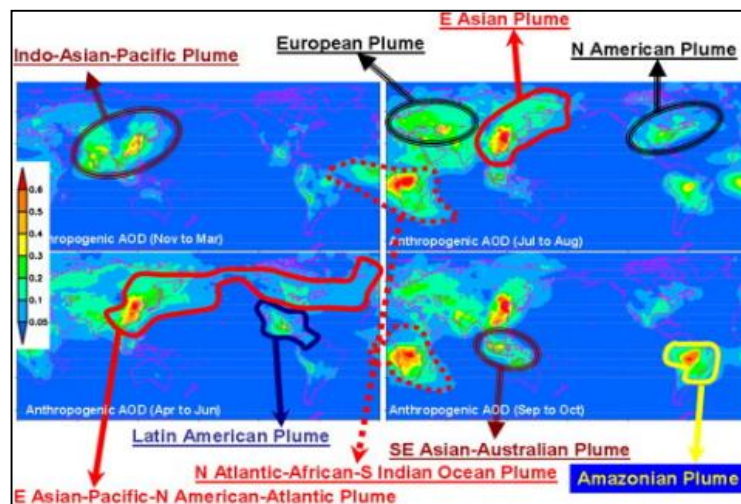
⁴⁵¹ Forrás: szerző

feladatokhoz nagy magasságban, hosszú ideig nagy távolságokat repülni képes, stratégiai feladatmegoldásokra tervezett repülőeszközök alkalmazása tűnik célszerűnek, melyek felszerelése a feladat jellegétől függ. A légköri mérésekhez szükséges szenzorokon túlmenően különböző spektrumokban dolgozó radarok is lehetnek a fedélzetre installálva.



8.57. kép UAV-k a sarki jég kutatásának szolgálatában⁴⁵²

Ezek az UAV-k képesek lehetnek továbbá a légkör állapotának, oxigén és szén-dioxid tartalmának különböző rétegekben történő pontos felmérésére, a páratartalom valamint a fizikai jellemzők változásainak meghatározására is.



8.58. kép Légköri műszeres adatgyűjtés UAV-vel⁴⁵³

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ambrosia, V. [2005] Use of Unmanned Aerial Vehicles for Fire Detection; EARSeL 2005, 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications To Forest Fire Management: Fire Effects Assessment, 16-18 June 2005, Zaragoza, Spain
- [2] Ambrosia, V., Hinkley, E., Brass, J.A., Buechel, S., Sullivan, D., Myers, J., Schoenung, S. [2006] The Western States UAV Fire Mission; Eleventh Biennial USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Conference RS-2006, New Remote Sensing Technologies for Resource Managers; April 24-28 2006, Salt Lake City, Utah, USA
- [3] Hoffman, J.C. [2005] At the Crossroads, Air & Space Power Journal - Spring 2005, Egyesült Államok
- [4] Máté, I. [2013] UAV-k polgári célú hasznosítása. Szakdolgozat, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, HHK KÜI KRT, Budapest
- [5] Mika, P., [2009] Emergency Service Use of UAS West Midlands Fire Service, UAS Yearbook, 2009/2010 [Edit. Blyenburgh,] UAS – The Global Perspective, pp. 137-139.

⁴⁵² Forrás: Daily Galaxy url: www.dailygalaxy.com/my_weblog/2008/03/the-antarctic-r.html

⁴⁵³ Forrás: Science Direct url: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008008583

- [6] Nagy, K., Halász, L. [2002] Katasztrófavédelem, Egyetemi jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest,
- [7] Pastor E., Royo P., Lopez J., Barrado C., Santamaria E., Prats X. [2008] Project SKY-EYE, Applying UAVs to Forest Fire Fighter, Support and Monitoring; Technical University of Catalonia, Department of Computer Architecture, Barcelona, Spain
- [8] Rehor, M. [2007] Classification of building damage based on laser scanning data; The Photogrammetric Journal of Finland 20 (2).
- [9] Restás, Á. [2007] Brand new tool for forest fire monitoring: small UAV applications as on everyday practice. Experiences of Szendrő Fire Department, Hungary; Wildfire2007 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, Spain, 13-18. May 2007.
- [10] Restás, Á.: [2009] Brand new tool for forest fire monitoring: small UAV applications as on everyday practice. Experiences of Szendrő Fire Department, Hungary; Wildfire2007 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, Spain, 13-18. May 2007.
- [11] Restas, A. [2012] An Approach for Measuring the Economic Efficiency of UAV Applications at Forest Fires Helping Decision Makers; AUVSI Israel 2012, International Conference, 20-22 March 2012, Tel Aviv, Israel
- [12] Schweier, C., Markus, M. [2006] Classification of collapsed buildings for fast damage and loss assessment. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 177-192.
- [13] Stuber, H.C., Restás, Á., Wiggerich, B. [2009] Experiments and Results of Using Small UAS at Wildfires and Upcoming Innovations: Integrated Wildfire Management Supported by SwissCopter Solutions. AIRTEC 2009, Heliword International Conference, Frankfurt, Germany, 4-5. November 2009.

9

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK KATONAI ALKALMAZÁSA

A mai korszerű eszközökkel vívott fegyveres küzdelemnek elengedhetetlen része a légierő, mely meghatározó jelentőségű az összhaderőnemi – több nemzetiségű célkitűzések sikeres megvalósításában. Érdekes tény, hogy e haderőnem eszközei sorában – már annak kialakulást követő néhány éven belül –, megjelentek a pilóta nélküli légi járművek. A velük végrehajtott feladatok, az egyes korokban elfogadott háborús elveknek és természetesen az adott időszakra jellemző technikai lehetőségeknek megfelelően változtak. A katonai célú drónok differenciálódtak, napjaink műveleteiben sokoldalúan vesznek részt. E fejezet az UAV-kkal végrehajtható katonai feladatokat és felhasználási módokat mutatja be.

9.1 AZ UAV-K SZÜKSÉGESSÉGE

A repülésben, annak technikai határain túl létezik egy másik tényező is, amely miatt a múltban is megváltak és a jövőben is meglesznek annak korlátai. Ez nem más, mint az ember, aki vezeti, használja a repülőeszközt. E korlátot két oldalról lehet megközelíteni.

Az egyik közülük az ember fiziológiai adottsága, melybe beletartozik a szervezet által elviselhető maximális túlterhelés, a pihenés, a felfrissülés szükséglete, valamint egyéb más higiéniai tényezők.

A másik korlátozó ok az emberi pszichikum, mögötte a felesleges kockázatok elkerülésére, az óvatosságra való hajlam, a veszélytől való félelem. Többek között az előbb felsoroltak vezettek oda, hogy a katonai repülés bizonyos területein megjelentek az UAV-k, hiszen azokra a felsorolt korlátozó tényezők nem hatnak. A modern légi járművek repülési tulajdonságain a pilóta valójában már javítani nem tud. Így az ember lassan a korszerű technológiák felhasználásának gátjává, illetve az azokban lévő lehetőségek kiaknázásának az akadályává vált. A drónok napjainkra már olyan fejlettségi szintet értek el, amellyel egyes feladatok végrehajtásában hatékonyabban tevékenykedhetnek, mint a hagyományos repülőgépek. Mindezekben felül alkalmazásuk nem jár a személyzet egészségének, életének szükségtelen veszélyeztetésével [22].

A légi robotok használatára való igény alapvetően az „unalmas”, a „piszkos” és/vagy „veszélyes” repülési feladatok végrehajtása során merült fel. Ezek a jelzők azokra a feladatokra utalnak, melyekben hatékonyabban képesek tevékenykedni, mint más légi járművek.

Az „unalmas” jelző a monoton, egyhangú és hosszú küldetésekre utal. Ilyen például a stratégiai légi felderítés, vagy a nagytávolságú légi szállítás és légi felderítés, a stratégiai légitámadás. E feladatok sajátossága, hogy a személyzet figyelme és összpontosítása a hosszú időtartamú bevetések alatt az idő múltával csökken, ami veszélyezteti a küldetés végrehajtásának sikerét és a személyzet biztonságát. Egy U-2 típusú hadászati felderítő repülőgép repülési időtartama elérheti a 12 órát is, miközben az egy fős személyzete a szűk, műszerekkel és különleges berendezésekkel zsúfolt, rossz kilátást biztosító fülkében „kuporog” a hosszú feladat alatt.

Az 1999-es Koszovói konfliktusban B-2 típusú bombázók az USA-ból szálltak fel, átrepülve az Atlanti-óceán és az európai légtér nagy részét, majd a feladatuk végeztével visszarepültek amerikai bázisaikra. A bevetések időtartama minden esetben meghaladta a 30 órát, de volt olyan is, amely

elérte a 40-et. Már az első bevetések során kiderült, hogy még két hajózó számára is nagyon megterhelő ez a hosszú, rendkívüli összpontosítást igénylő feladat.

A másik kifejezés a „*piszkos*”, azokra a küldetésekre utal, amelyeket radiológiai sugárzó, biológiai vagy vegyileg szennyezett légtérben kell végrehajtani. A tömegpusztító eszközök és hordozóik elterjedése még napjainkban is komoly veszélyt jelent a világra. Manapság e fenyegetések elsősorban az iráni atomprogramhoz, illetve az Észak-koreai nukleáris kísérletekhez, India és Pakisztán kölcsönös viszonyához, illetve a volt Szovjetunió tagországainak bizonytalan belső helyzetéhez köthetők. Ezeket túl nem zárhatók ki a nukleáris erőművekben vagy atommeghajtással működő eszközökben (repülőgép-anyahajók, tengeralattjárók), kémiai- vagy vegyi üzemeknél, biológiai laboratóriumoknál akaratlanul bekövetkező katasztrófák, esetleg szándékosan előidézett rombolások és ezek nyomában kiszabaduló szennyeződések. Ezeknek az eseményeknek a bekövetkezésekor – a szükséges döntések meghozatalához szükséges információk beszerzése céljából – elsődleges szerepe van a légi felderítésnek. E feladatokra az UAV-k sokkal alkalmasabbak, mivel bevetésükkel nem szükséges a pilóták egészségét szükségtelenül kockáztatni.

A „*veszélyes*” jellegű feladatokat kétféleképpen is lehet értelmezni. Az egyik megközelítés a harci feladatokban résztvevőkre leselkedő – az ellenség tevékenységével kapcsolatos – kockázatokra utal, elsősorban akkor, amikor a légtér feletti ellenőrzés még nem érte el a számunkra megfelelő szintet. Ilyenkor az ellenséges légvédelem jelenti a legnagyobb kockázatot a saját repülő erőinkre.

A „*veszélyes*”, egy másik megközelítésében, azokra a lehetséges politikai kockázatokra kell gondolni, amellyel egy háborús küszöb alatti konfliktus kezelése során kell számolniuk a döntéshozóknak. Ezekben a szituációkban egy hagyományos felderítő repülőgép személyzetének esetleges elvesztése vagy fogságba kerülése a fejlemények további kimenetelére komoly hatással lehet. Ezzel szemben egy drón lelövése magyarázható és nem feltétlenül indít be veszedelmesebb folyamatokat [22].

9.2 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ RENDSZEREK AZ ÖSSZHADERŐNEMI LÉGI MŰVELETEKBEN

2004-ben az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma felkérte az USA központi parancsnokságait és szervezeteit, hogy értékeljék az UAV-k 18 legfontosabbnak tartott feladatát⁴⁵⁴. Az összegzés végeredményeként megállapítható, hogy a felelős katonai vezetők elsődlegesnek még mindig a felderítő tevékenységet értékelik. Magasan rangsorolják a precíziós célmegjelölést, ami arra enged következtetni, hogy kiemelt figyelmet fordítanak a csapásmérések pontosságára. Ugyancsak magasan priorizálták a jelfelderítést, a híradást és adatátvitelt és a harcmező gazdálkodási feladatokat is. Nem véletlenül került a biológiai és vegyi felderítési feladat az értékelés első harmadába. Ebből arra lehet következtetni, hogy ezeknek a fegyvereknek az esetleges alkalmazásával napjainkban igen komolyan számolnak az USA legmagasabb szintű katonai vezetői. Változásként értékelendő, hogy a korábban nem számottevő híradás és adatátviteli, illetve a harci kutatás–mentési feladatokban egyre nagyobb szerepet szánnak a drónoknak.

Az UAV-k elterjedésükkel párhuzamosan egyre nagyobb mértékben veszik ki részüket azon feladatoknak a végrehajtásából, amelyeket korábban csak hagyományos repülőeszközök oldottak meg [22].

9.2.1 Hírszerzés, megfigyelés és felderítés (ISR)

A légi felderítés veszélyes küldetésnek számított és számít napjainkban is. Időszakait tekintve legveszélyesebb az előzetes légi felderítés, melyet a még aktív ellenséges légvédelmi rendszer

⁴⁵⁴ USA DOD: Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005–2030, p.55

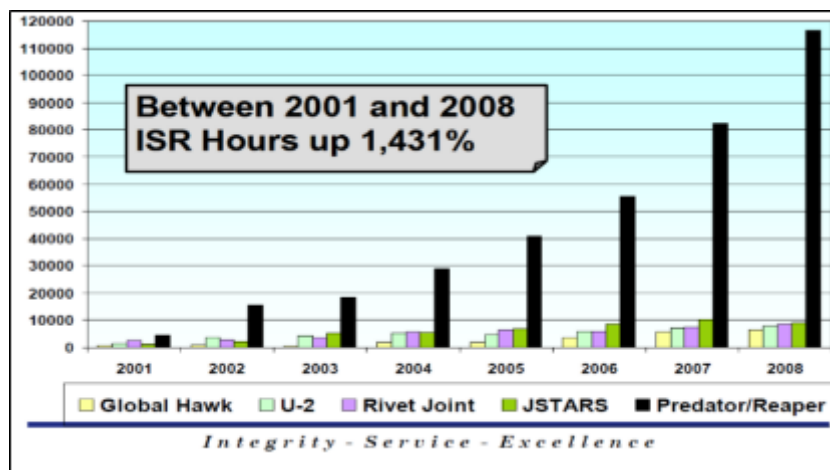
által ellenőrzött légtérben kell végre hajtani, mely során igen nagy a kockázata a repülőgép és/vagy a személyzet elvesztésének.

A légi felderítéskor az UAV-k feladata az összhaderőnemi műveletekhez szükséges információk gyűjtése, mellyel hozzájárulnak a folyó műveletek terveinek folyamatos pontosításához, segítik a célkiválasztást és célpont-azonosítási folyamatokat is. A „légi őrszemek” 24 órás „lefedettséget” biztosítanak az érdekeltségi terület felett, és közel valós idejű adatokat továbbítanak az ellenséges csapatmozgásokról a műveleteket tervező parancsnokok és törzsek részére.

Az ISR feladatok iránt mutatkozó intenzív igény magával hozta az UAS-k számának jelentős növekedését is (9.1. kép). Az ábráról leolvasható, hogy 2004 és 2009 között a Predator/Reaper CAP-ek⁴⁵⁵ száma 4-ről 38-ra nőtt, míg 2012-es adatok szerint 2014-re csak a Reaperek számára fenntartott légterek száma 65-re emelkedik [32]. A légi őrzőjárat ez esetben egy megadott földrajzi terület 24 órás folyamatos lefedéséhez szükséges repülőgépek számát határozza meg. Egy légteret általában négy légi jármű szolgál ki, melyek közül három a hadművelleti területen települ, a többit pedig kiképzésre használják [12].

Jelenlegi alkalmazásukat figyelembe véve az UAV-k mára az ISTAR⁴⁵⁶ fontos elemét képezik. Az általuk megoldható ISR feladatok fajtái a következők:

- képi szenzorokkal – képi felderítés (IMINT – Imagery Intelligence);
 - hagyományos, vagy nagy felbontású légi fényképek és mozgókép;
 - infravörös tartományban készült fényképek és mozgókép;
 - képi radar szenzorok (SAR⁴⁵⁷) által készített képek és mozgókép;
 - mozgó célpontok felderítése (MTI⁴⁵⁸).
- nem képi szenzorokkal – kisugárzás és jelfelderítés (SIGINT – Signals Intelligence);
 - kommunikációs felderítés (COMINT – Communications Intelligence);
 - rádióelektronikai felderítés (ELINT – Electronic Intelligence).



9.153. kép ISR igények növekedése a CENTCOM területén

A légi robotok tulajdonságai az ISR feladatok területén jól szemléltethetők az USAF által rendszeresített RQ-4 Global Hawk⁴⁵⁹ UAS bemutatásával [27]. A rendszer a „hagyományos” és az ürtelepítésű felderítő eszközök által biztosított lehetőségeket kiegészítve nyújt folyamatos, közel valós idejű IMINT és SIGINT információkat napszaktól és időjárástól függetlenül. Kiemelkedő

⁴⁵⁵ Combat Air Patrol – légi őrzőjárat

⁴⁵⁶ Intelligence Surveillance Target Acquisition Reconnaissance – hírszerzés, megfigyelés, célfelderítés, felderítés

⁴⁵⁷ Synthetic Aperture Radar – szintetikus apertúrájú radar

⁴⁵⁸ Moving Target Indication – mozgó célpont felderítés

⁴⁵⁹ R= felderítő feladatkör, Q=pilótánélküli légi jármű

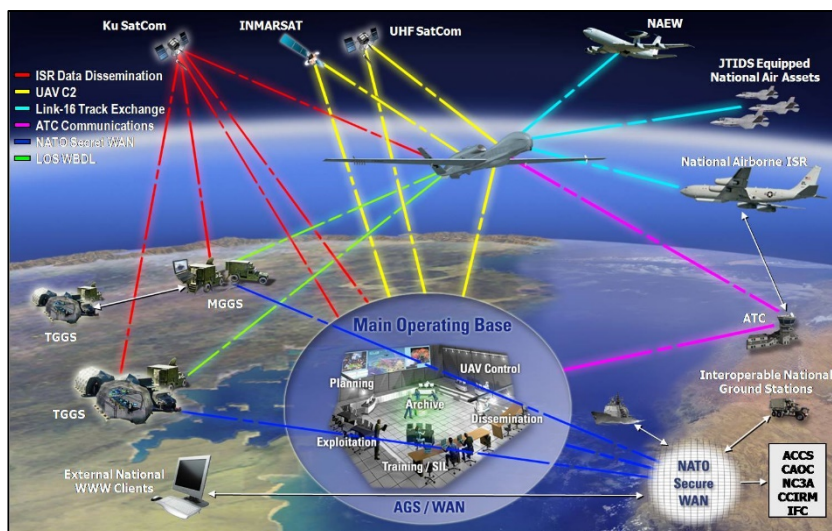
repülési mutatói közé tartozik a több mint 14 000 km hatótávolság, a 18 000 métert meghaladó repülési magasság, valamint a 28 óránál is hosszabb őrjáratozási idő. Szenzorjai segítségével egy nap alatt közel 100 000 négyzetkilométernyi területet tud ellenőrizni [3].

Jelenleg közel 40 darab légi járművet rendszeresítettek, amelyek száma a jövőben tovább nő [20]. A Block 20-as típusváltozat többféle IMINT szenzort (elektro-optikai és infravörös kamerák, szintetikus apertúrájú képalkotó radarberendezés) hordoz egyidejűleg. A Block 30-as típusváltozat ezen felül nagy érzékenységű, széles frekvenciatartományban működő SIGINT szenzorokat hordozhat, így mindkét képességet egy időben biztosítja.

A Block 40-es típusváltozat rendszerbe állítását 2014-re tervezték, amely egy új fejlesztésű speciális MP-RTIP⁴⁶⁰ radarrendszert is hordozhat. A Block 40-es az E8 Joint Stars felderítési tulajdonságaihoz hasonlítható, különösen a mozgó célpontok felderítése és a szintetikus apertúrájú képalkotó radarberendezése miatt.

A Global Hawk igénybevétele jól mutatja, hogy az első rendszer 2001-es szolgálatba állása óta 2010-re a harci bevetések száma elérte az 1500-at, az ezek alatt repült idő pedig a 30 000 órát [5]. A repülőgépet nem csak az USAF, hanem más NATO országok haderejében is rendszeresítették. A NATO 2012 májusában írt alá szerződést 5 db Block 40-es UAV és rendszerelemei beszerzéséről, amelyek a NATO AGS⁴⁶¹ (9.2. kép) rendszer részét fogják képezni [19].

Németország még 2007-ben rendelt 5 db Euro Hawk (Global Hawk Block 20) UAS-t, melyeket SIGINT feladatkörben kívántak felhasználni. A Luftwaffe hosszas várakozás után 2011-ben átvette a demonstrátor példányt, mellyel megkezdték a teszteket. Az akkori tervek szerint a további megrendelések teljesítését 2016–2017-re jósolták.



9.2. kép NATO AGS rendszer⁴⁶²

A repülőgép egyes típusváltozatai az ISR feladatkörtől eltérő műveletekben is részt vehetnek, illetve alapul szolgálhatnak teljesen új típusváltozatok fejlesztéséhez is. Az US NAVY 2015 végére tervezi szolgálatba állítani az RQ-4B-ből továbbfejlesztett MQ-4C Triton UAS-t, amely a speciális haditengerészeti igényeket lesz hivatva kielégíteni BAMS⁴⁶³ feladatkörben [16].

A Global Hawk EQ-4B (Block 20) típusváltozata speciális hadszíntéri kommunikációs feladatok lát el, míg a KQ-X légi utántöltéséhez szolgáló technológiák teszteléséhez szolgál alapul [13].

⁴⁶⁰ Multi Platform Radar Technology Improvement Program – többplatformos radartechnológiai fejlesztési program

⁴⁶¹ Alliance Ground Surveillance – szövetséges földfelszíni megfigyelés

⁴⁶² Forrás: http://nagsma.nato.int/images1/AGS2_large.jpg

⁴⁶³ Broad Area Maritime Surveillance – nagy kiterjedésű haditengerészeti megfigyelés

9.2.2 A légi UAV-i a szárazföldi műveletek érdekében

Ez a műveleti forma elsősorban az ellenséges felszíni célok elleni csapásmérésben valósul meg, főleg a közvetlen légi támogatás és a légi lefogás formájában. Ezen kívül, a szárazföldi erők támogatása céljából a drónok végrehajthatnak konvoj kísérést, menetútvonal ellenőrzést, célmegjelölést és a légicsapások hatékonyságának értékelését.

Az UAV-k pusztító eszközként történő használata nem új keletű, a hadműveleti tapasztalatok és felmerült igények által generált fejlődési folyamat eredményeként alakult ki a mai formájában. A napjainkban meglévő pilóta nélküli repülőgépeket eredetileg csak felderítésre használták, a harci feladatokra való képességet csak később, „*extra*” funkcióként alakították ki náluk. A fejlődés következtében egyes rendszereknél a felderítés már másodlagossá vált a fegyveres bevetésekhez viszonyítva, ahogyan ezt példázza a Predator UAS fejlődése is. Az RQ-1-et 1996-ban állították szolgálatba, melynek alaprendeltetése az ISR feladatok végrehajtása volt. Erre utal az elnevezése is, mivel az „*R*” (Reconnaissance) az USAF terminológiában a felderítő feladatkört jelöli, a „*Q*” a pilóta nélküli eszközöket, az 1-es szám pedig arra utal, hogy ez az első üzemeltetett rendszer. A drón 2002-ben kapta az MQ-1 elnevezést, ahol az „*M*” (Multimission) a többfeladatú légijárművek megjelölésére szolgál. Ennek a szerepkörnek az ellátását az AGM-114 Hellfire rakéták fedélzeti integrálása tette lehetővé, melyekkel már nagy pontossággal támadhatták földi céljaikat is. Napjainkra az MQ-1 Predatorok is hordozhatnak precíziós bombákat, de a fő feladatuk még mindig az ISR maradt [15].

E típus legújabb generációja MQ-9 Reaper (9.3. kép), vagy Predator B-ként ismert. Ez egy továbbfejlesztett változat, mely méretében nagyobb, gyorsabb, több hasznos terhet hordozhat, hosszabb űrjáratozási idővel és nagyobb hatótávolsággal valamint magasabb fokú autonómiával rendelkezik. Az első rendszert 2007-ben állította szolgálatba az USAF [17]. A repülőgépet elsődlegesen csapásmérésre fejlesztették ki, az ISR csak másodlagos feladatként jelenik meg nála. Az MQ-1 Predator egy másik változata az US Army⁴⁶⁴ által 2009-ben szolgálatba állított MQ-1C Grey Eagle, amely a Reaperhez hasonló, de annál szerényebb képességű. A szárazföldi haderő hadosztályainak közvetlen alárendeltségében található, ahol egyaránt ISR és csapásmérési feladatokra is használják.

A drónok az aszimmetrikus háborúban váltak ideális csapásmérő rendszerekké. Egyesítik a megsemmisítési lánc⁴⁶⁵ összes elemét, vagyis felkutatják, azonosítják, követik a célt, végrehajtják a célzást, kiváltják a csapást, majd elvégzik annak kiértékelését. Ezt az összetett feladatkört a következő tulajdonságok teszik lehetővé: hosszú űrjáratozási idő, a fedélzeti szenzorok nagyfokú variálhatósága, megbízható kommunikációs és precíziós fegyverek alkalmazása. Ezeket a Reaper repülési jellemzői jól szemléltetik. A légijármű maximális hatótávolsága 1800 km, repülési ideje teljes terheléssel 14 óra, utazósebessége több mint 350 km/h. A repülőgép a telepítési helyétől 360 km távolságban, közel 10 óra időtartamot űrjáratozhat teljes terheléssel.

Természetesen ez az idő, a távolság és a függesztmények változtatásával növelhető. A Reaper platformot alapvetően az MTS-B⁴⁶⁶ szenzorrendszerrel szerelték fel, amely egy csomagban tartalmaz nappali és éjszakai fénynél üzemelő nagy érzékenységgű TV kamerákat, infravörös érzékelőket, lézeres távolságmérőt és célmegjelölőt. A képkamerák által szolgáltatott információt külön, vagy egyesítve is meg lehet jeleníteni [17] a földi egység kijelzőin.

A szenzorok a feladatnak megfelelően változtathatók, így kiegészíthetők SAR radarberendezéssel, amely lehetővé teszi az álló és a mozgó célok felderítését, az azonosítását és követését vizuális

⁴⁶⁴ Az Egyesült Államok Szárazföldi Haderője

⁴⁶⁵ Kill Chain

⁴⁶⁶ Multi-Spectral Targeting System – több spektrumú célfelderítő-megjelölő rendszer

látás hiányában is. A kommunikációs képességeket a közvetlen rálátást igénylő UHF adatkapcsolati rendszer, valamint a látóhatáron túli információcserét biztosító műholdas adatlánc⁴⁶⁷ alkotja, melyeken keresztül valósul meg a légijármű irányítása, a fedélzeti berendezések távvezérlése és a megszerzett információk továbbítása is.



9.3. kép Reaper Hellfire rakétákkal és precíziós bombákkal⁴⁶⁸

A Reaper precíziós fegyverei közé tartozik az AGM–114 Hellfire fél aktív lézerrányítású rakéta, amely páncéltörő és repeszromboló hatású harci résszel is szerelhető. Függeszthető rá továbbá GBU–12 Paveway II lézer-, és GBU–38 GPS irányítású légibomba. Az UAV alap függesztménye 2 db Hellfire rakéta és 2 db precíziós bomba. Bár nyilvánosan pontos adatok nem állnak rendelkezésre, a Predator/Reaper rendszerek által teljesített repült órák száma 2013 folyamán elérheti a 2 millió órát [2]. 2009-es adatok szerint az USAF által üzemeltetett Predator és Reaper rendszerek harci körülmények között 703 db Hellfire rakétát és 132 db GBU 12 precíziós bombát használtak fel [29].

Mivel a Predator és Reaper UAS-k hadszíntéri eszközök, közvetlenül a JFACC⁴⁶⁹ alárendeltségébe vannak utalva, tevékenységüket az adott hadszíntérért felelős AOC⁴⁷⁰ irányítja és koordinálja. Feladataik között az ISR feladatokon túl megjelenik a szárazföldi erők részére való légi támogatás nyújtása is.

9.2.3 AZ UAS ALKALMAZÁSA EGYÉB MŰVELETEKBEN

A legjelentősebb felhasználás a *harci kiszolgáló támogatáson* belül a kommunikációs és információs rendszerek területe. Kiváló példa erre a hadszíntéri, légi kommunikációs csomópontként⁴⁷¹ működő Global Hawk Block 20-as típusváltozat (9.4. kép), mely gyakorlatilag egy nagy adatfeldolgozási kapacitással rendelkező átjátszó és útvonalválasztó állomás [21]. Lehetővé teszi, hogy az adott hadszíntéren működő harcászati kommunikációs rádióhálózatok és adatkapcsolati rendszerek egymással össze tudjanak kapcsolódni és közös hálózatban működhessenek. Ezt a struktúrát az afganisztáni hadszíntér igényei alapján fejlesztették ki és állították szolgálatba. Afganisztán földrajzi viszonyai nem kedveznek a közvetlen rálátást igénylő kommunikációs hálózatok működésének, a magas hegyek legtöbbször lehetetlenné teszik a völgyekben feladatot végrehajtó egységek egymással, illetve az előjáróval való kommunikációját. Magasan a hadszíntér felett őrző, BACN képességű Global Hawk lehetővé teszi, hogy rajta keresztül az egyes felhasználók kapcsolatot tudjanak teremteni egymással, valamint hozzáférjenek a harcá-

⁴⁶⁷ PPSL – Predator Primary Satellite Link (Predator Elsődleges Műholdas Adatkapcsolat)

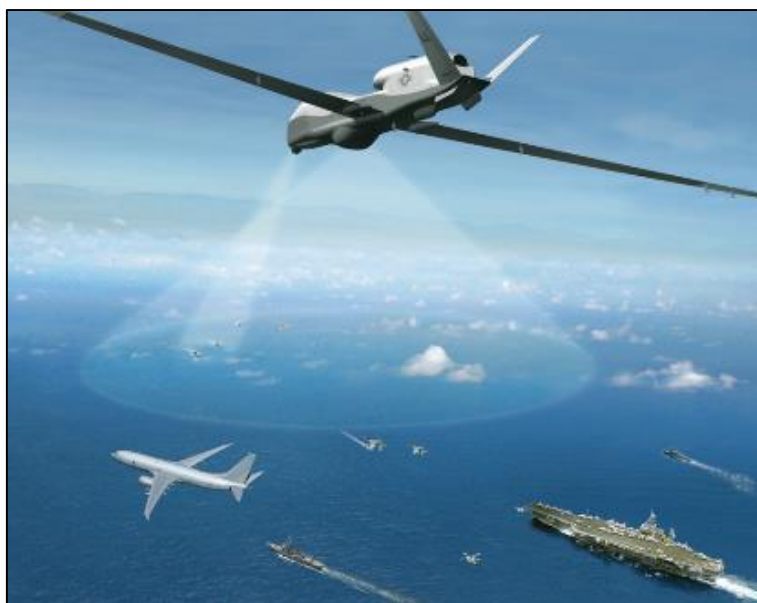
⁴⁶⁸ Forrás: http://defense-update.com/images_new1/usaf_mq-9_reaper_with_weapons.jpg

⁴⁶⁹ Joint Forces Air Component Commander – Szövetséges Légierő Komponens Parancsnok

⁴⁷⁰ Air Operations Centre – Légi Hadműveleti Központ

⁴⁷¹ BACN – Battlefield Airborne Communications Node

szati információs rendszeren továbbított adatokhoz. Ezen kívül biztosítja a különböző harcászati adatkapcsolatok közötti átjárhatóságot azon eszközök számára is, amelyek közvetlenül nem tudnának egymással kommunikálni. Ez különösen fontos például a földi egységek és az őket támogató, közvetlen légi támogatást végző repülőeszközök között. A rendszer biztosítja még a különböző felhasználók IP alapú kommunikációs összeköttetési lehetőségét, amely lehetővé teszi például, hogy egy kisebb alegység egy egyszerű kézi internet protokoll alapú eszközzel a hálózat bármely más résztvevőjét elérje. Ezzel biztosítják az adott hadszíntéren, a látóhatáron túli nagy távolságú és a közvetlen rálátást igénylő kis távolságú kommunikációt, a különböző adatkapcsolatok közötti interoperabilitást és a közel valós idejű adatátvitelt. Az USAF 2013-ban három BACN tulajdonságú Global Hawkkal rendelkezett [36], melyeken kívül még négy ilyen eszköz rendszerbe állítását tervezik [48].



9.4. kép Az USA MQ-4 Triton BAMS rendszere⁴⁷²

Az összhaderőnemi légi műveletek részeként, *haditengerészeti műveletek támogatásában* ⁴⁷³a légierő által rendszerben tartott drónok csak igen korlátozottan vesznek részt. Ez főleg a part menti vizek feletti ISR végrehajtására terjed ki. A speciális haditengerészeti igényeket kielégítő UAV rendszerre jó példa az MQ-4C Triton, amely szintén az RQ-4 Global Hawk platform BAMS követelmények szerint továbbfejlesztett változata. Az US Navy mintegy 68 UAV-t és azok rendszerelemeit tervezi rendszerbe állítani 2015-től. Rendeltetésük, a nagy területet lefedő haditengerészeti ISR feladatok végrehajtása, valamint a csapások kiértékelése, a kikötők megfigyelése és a kommunikációs átjátszó állomásként való működés lesz [16].

Légi logisztikai műveleteket ellátó UAS rendszer az USAF állományában nincs rendszeresítve, viszont 2011 óta az afganisztáni hadszíntéren az US Marine Corps⁴⁷⁴ alárendeltségében üzemeltek a Kaman cég K-Max pilóta nélküli helikopterei, amelyek utánpótlást szállítanak nehezen megközelíthető helyekre (9.5. kép). Az drónok használatát az utánpótlást szállító teherautó konvojok elleni hatékony IED⁴⁷⁵ támadások tették szükségessé [34]. A speciális feladatokat 2014 közepéig folytatták a térségben, ez alatt közel 2000 légi bevetés során több mint 2150 repülési órában, több mint 2 millió kg árut szállítottak⁴⁷⁶ az alakulatok számára.

⁴⁷² Forrás: <http://static.businessinsider.com/image/4fe37373ecad044a46000000/image.jpg>

⁴⁷³ A légierő hozzájárulása a haditengerészeti műveletekhez

⁴⁷⁴ Egyesült Államok Tengerészgyalogság

⁴⁷⁵ Improvised Explosive Device – nem hagyományos robbanóeszközök

⁴⁷⁶ <http://www.janes.com/article/41190/k-max-ends-afghanistan-deployment-usmc-studies-data>

E feladatkör bemutatásához tartozik még, hogy jelenleg tesztek folynak UAS rendszerekkel légi szállítmányok precíziós ledobásának támogatására [30]. A koncepció az, hogy a pilóta nélküli légi jármű a kijelölt teherdobási zóna felett átrepülve ledob egy szondát, amely érzékeli a szélsőséget és más, a repülést befolyásoló meteorológiai tényezőket, valamint pontosan megjelöli a ledobás helyét. Ezen adatok ismeretében a teherdobást végző légi jármű precízen végrehajthatja a feladatát, minimalizálva ezzel a földi erők felderítésének és a sikeres ellenséges tevékenységnek a lehetőségét.



9.5. kép K-MAX pilóta nélküli helikoptere Afganisztánban⁴⁷⁷

Az UAS rendszerek – ISR szenzorjaik által korlátozott mértékben – részt vehetnek a *földrajzi támogatás* és a *meteorológiai támogatás* feladataiban. Bár ez nem tartozik közvetlenül a katonai feladatkörbe, mégis jó példa erre a NASA által üzemeltetett 3 Global Hawk platform felhasználása.

A speciális szenzorokkal felszerelt légi járművek kiválóan megfelelnek időjárási körülmények megfigyelésére és vizsgálatára, többek között a 2010-es Earl hurrikán idején vetették be őket ilyen feladatra [8]. Igény esetén ezek a repülőgépek nélkülözhetetlen időjárási, vagy földrajzi adatokat szolgáltathatnak a hadműveletek végrehajtásához [3].

Napjainkban rendszerben álló légi robotok nem alkalmasak a légi szembenállás feladatkörben tevékenykedni. Kísérleti jelleggel integrálták ugyan Reaperekre a Raytheon cég által kifejlesztett kisméretű, légi indítású, műcélok⁴⁷⁸, mellyel az SEAD⁴⁷⁹ feladatot is elláthat. Az USAF azonban nem tervezi ennek a képességnek a kialakítását jelenlegi UAS rendszerein [25], melynek az az oka, hogy napjaink UAS-ei csak igen korlátozott túlélési mutatókkal rendelkeznek.

Ma az UAS-ek felhasználásának alapfeltétele a légtér feletti ellenőrzés megfelelő szintjének megléte, amelyet a légierő biztosít légi fölény, vagy légi uralom formájában. Ez könnyen elérhető például az afganisztáni hadszíntér feletti légtérben, ahol az UAV-k gyakorlatilag zavartalanul repülhetnek, mivel a szembenálló erőknek nincs hatékony légvédelme. Teljesen más volt a helyzet például Irán légterében végrehajtott ISR műveleteknél, ahol a pilóta nélküli légi járműveket még a közeli nemzetközi vizek felett is oltalmazni kell. Több esetben előfordult, hogy azokat iráni légvédelmi repülőgépek próbálták támadni és csak az amerikai F-16-osok jelenléte akadályozta meg azt, hogy megsemmisítsék azokat [1][29].

Levegő-levegő feladatkörben a jelenleg szolgálatban álló UAV-kat nem használják. Az első „légi harc” hagyományos repülőgép és légi robot között még 2002-ben zajlott le, amikor is egy Predator sikertelen légi harc rakétaindítást hajtott végre egy iraki MiG-25-ös ellen [24]. Az arab

⁴⁷⁷ Forrás: <http://defensetech.org/wp-content/uploads/2012/07/KMAX4-490x314.jpg>

⁴⁷⁸ MALD – Miniature Air Launched Decoy

⁴⁷⁹ Suppression Of Enemy Air Defences – az ellenséges légvédelem elnyomása

pilóta ezek után levegő-levegő rakétával megsemmisítette a drónt. Habár az iraki elfogó és az általa hordozott fegyverzet sem számított modern technikának, az RQ-1-nek esélye sem volt a győzelemre. A légi robotokat a viszonylag kis repülési sebességük, a korlátozott manőverező képességük könnyű célponttá teszi mind az ellenséges repülőgépek, mind a felszíni telepítésű légvédelmi fegyverekkel szemben.

Tovább rontja a helyzetet, hogy a távvezérlést végző operátor nem rendelkezik a légi harc megvívásához szükséges átfogó, vizuális információkkal, a rendelkezésre álló adatok csak jelentős késéssel jutnak el hozzá. Ugyan így a kormányfelületek mozgatóására kiadott parancsjelek is késéssel jutnak el a repülőgépre, esélytelenné téve annak a légi harcban való eredményes részvételét. Valójában ez a jelenleg szolgáló UAS platformoknál nem cél, az majd a jövőben megjelenő, jelenleg még fejlesztés alatt álló rendszereknél lesz elsődleges. Rendelkezésre álló adatok alapján izraeli légvédelmi vadászpilóták rendszeresen semmisítenek meg a Hezbollah által libanoni területtől indított UAV-kat. Nyilvános adatok szerint 2013 áprilisáig négy ilyen incidens történt [11].

9.3 AZ UAS ALKALMAZÁS SAJÁTOSSÁGAI

9.3.1 A koncepció

A pilóta nélküli légi járművek egyre nagyobb arányú elterjedésével egyidejűleg mind több tapasztalat gyűlik össze és a kezdeti nehézségek után körvonalazódnak azok az irányok, amelyek kijelölik a hatékonyabb felhasználást.

A hadszíntéri UAS-k az RSO⁴⁸⁰ koncepciója azt jelenti, hogy a kezelő és működtető állományt és az eszközöket különböző funkcionális csoportokba osztják, akik földrajzilag elkülönített helyeken vannak. Az LRE⁴⁸¹ magából a légi járműből, az indító és leszállító alrendszerből, a közvetlen rálátást igénylő adatkapcsolati rendszerből és az ezeket üzemeltető, kiszolgáló állományból tevődik össze [12][15].

Mint ahogyan a megnevezés is mutatja, ez a csoport végzi a légi járművek feladatra való előkészítését, alap szintű karbantartását, indítását és leszállítását. A légi jármű irányításához egy GCS⁴⁸² használnak, amelynek segítségével a felszállás, valamint a megközelítés és leszállás műveletét is lehet irányítani. Az LRE földrajzilag a hadszíntéren, vagy azon kívül települ, de mindenképpen úgy, hogy az adott UAV a hatótávolságán belül legyen a feladat végrehajtásakor. A berendezéssel szemben alapvető követelmény, hogy könnyen mobilizálható- és szabványos konténerekben szállítható legyen.

A felszállás után az irányítást a földi indító és leszállító részleg átadja a MCE⁴⁸³ részére (9.6. kép), mely földrajzilag a hadszíntértől távol, a legtöbb esetben az USA kontinentális⁴⁸⁴ területén található. A légi jármű irányítását – a fedélzeti szenzorok által továbbított képi információ alapján –, képzett személyzet végzi, akik egyben a parancsnoki feladatokat is ellátják. A pilóta alapvető feladata a légi jármű irányítása, amely jelentheti közvetlen módon a kormányfelületek távvezérléssel való mozgatóását, vagy a légi jármű előre kijelölt útvonalon való repülésének monitorozását.

Az ő feladata a fedélzeti fegyverek kezelése és a helyi szintű döntéshozatal, ezért ez a beosztás tisztí rendfokozathoz kötött. A szenzor operátor a légi jármű fedélzeti érzékelőit vezérli, kiválaszthatja a legmegfelelőbbet közülük. Amennyiben van, ő felelős a lézeres céljelölő beállítás kezeléséért és az adatátviteli rendszerek felügyeletéért is. Ez a beosztás nincs tisztí rendfokozathoz kötve. A team következő tagja a feladat koordinátor, aki az előljáró parancs-

⁴⁸⁰ Remote-Split Operations (távoli-megosztott üzemeltetés)

⁴⁸¹ Launch and Recovery Element – indító és leszállító részleg

⁴⁸² Ground Control Station – földi távvezérlő állomást

⁴⁸³ Mission Control Element – feladatirányító részleg

⁴⁸⁴ Az USAF és az RAF üzemeltet RSO koncepció alapján UAV-kat, a RAF a saját és az USA területéről is.

okkal és az együttműködő egységekkel és szervezetekkel, valamint a repülés körzetében felelős légiforgalmi irányító egységgel működik együtt. A nagy földrajzi távolság miatt az MCE és az drón közötti összeköttetést, műholdas adatkapcsolattal a PPSL⁴⁸⁵ rendszerrel biztosítják, mely a légi jármű irányításához szükséges vezérlőjelek és a fedélzeti szenzorok által gyűjtött felderítési adatok továbbítására szolgál.



9.6. kép Predator/Reaper MCE állomás⁴⁸⁶

Az RSO koncepció egyik legnagyobb előnye, hogy a lehető legalacsonyabban tartja az előretolt bázisokon szolgáló személyzet létszámát, ami kevesebb emberélet kockázatásával jár és csökkenti a logisztikai terheket is. Az LRE viszonylag könnyen szállítható a világ gyakorlatilag bármely pontjára, míg az MCE és a földi infrastruktúra többi része folyamatosan rendelkezésre áll hazai területen. Ez lehetővé teszi a gyors reagáló képességet, a rugalmas átcsoportosítást és erőkifejtést egy adott feladat igényeinek megfelelően. A gyakorlat szerint ez biztosítja a lehető legtöbb UAS rendszer előretolt műveleti alkalmazását, e mellett csak az eszközök kis hányadát kell karbantartás és kiképzés céljából hazai területen állomásoztatni. Ez megoldást jelent az UAS kiszolgálását és üzemeltetését végző szakemberek hadszíntéren való megjelenésével járó problémákra is.

A felhasználás során felmerültek olyan, a kezelő állományt érintő problémák, amelyekre korábban senki nem számított. Több kutatás is megállapította, hogy az UAV kezelők ugyanolyan arányban szenvednek harci stressz okozta mentális problémáktól, mint a „hagyományos” pilóták [28]. Ez első megfontolásra ésszerűtlennek tűnik, hiszen ezek az emberek a harctértől távol, biztonságos körülmények között, a családi környezetükből és a megszokott életükből ki nem szakítva végzik a munkájukat. A kutatás rávilágított arra, hogy éppen ezek a sajátosságok okozzák a problémák nagy részét. Az emberek jelentős többsége nehezen tudja azt feldolgozni, hogy egész nap például Afganisztán felett irányít egy Predator légi járművet, esetlegesen annak pusztító eszközeit is kezeli, embereket öl meg, azután pedig beül az autójába, hazatér a családjához. Az is megterhelő, hogy a fegyverhasználat előtt általában hosszú ideig követik a célszemélyeket, kialakul velük valamilyen érzelmi kapcsolat. A csapásmérés után bizonyos ideig megfigyelik a helyszínt és kiértékelik az eredményt. Így sokszor végig kell nézniük tettük közvetlen következményeit [3][31].

A rendszerek optimális kihasználtsága érdekében fontos, hogy azok megfelelő alárendeltségben legyenek. Ez azért is lényeges, mivel csak korlátozott számban állnak rendelkezésre, azonban az általuk szolgáltatott információk kritikusak a műveleti célok elérése érdekében. Emiatt a had-

⁴⁸⁵ Predator Primary Satellite Link – Elsődleges Predator Műholdas Adatkapcsolat

⁴⁸⁶ Forrás: http://www.wired.com/images_blogs/dangerroom/2011/10/Predator-cockpit_s.jpg

szintéri UAS-ek, közvetlenül a légi haderő parancsnok alárendeltségébe tartoznak, és az összhaderőnemi célok elérése érdekében tevékenykednek. A kisebb, un. helyi vagy lokális rendszerek pedig egy adott komponens parancsnok hatáskörében vannak. Az utóbbi esetben az optimális felhasználását csökkentheti, ha a légi jármű egy szárazföldi harccsoport alárendeltségében van, mivel azok rotáció miatt nincsenek folyamatosan a hadművelési területen.

9.3.2 Az UAS kiszolgáló állomány

A rendszerek üzemeltetésével kapcsolatban nem a pilóták és a szenzorkezelők száma, illetve képzése, hanem az egyéb kiszolgáló állomány magas száma okozza a legfőbb problémát. Rendelkezésre álló adatok alapján egy Predator/Reaper CAP üzemeltetése körülbelül 168 főt és 4 darab légi járművet igényel. A személyi állomány megoszlása a következő: kiértékelők (31%), üzemeltetők és karbantartók (40%), pilóták és szenzorkezelők (6–6%), egyéb támogató és kiszolgáló állomány (17%). Egy Global Hawk CAP viszonylatában ez a szám még magasabb, körülbelül 300 fő [21]. Az UAS rendszereket irányító szakembereket alapvetően a hagyományosan képzett, nagy repülési tapasztalattal rendelkező pilóták közül válogatták ki.

Egyértelműnek tűnik azt feltételezni, hogy ezek a jól képzett és tapasztalt repülőgép vezetők a legmegfelelőbbek e feladatra. Azonban ez a feltételezés nem állja meg a helyét sem a költséghatékonyság, sem az eredményesség oldaláról [21]. Kutatások kimutatták, hogy míg egy hagyományos repülő-hajózó képzés és átképzés drónok irányítására megközelítőleg 2100 USD/repülési órába kerül, addig a csak pilóta nélküli rendszerekre kiképzetteké 150 USD/repülési órába kerül. Ez a nagy különbség a valós repült órák száma miatt van, mely a hagyományos képzésben meghaladja a 200 órát, az UAV-s felkészítésben viszont az csak 44 óra [3].

Az is egyértelműnek tűnhet, hogy a nagy repülési tapasztalattal rendelkező, átképzett repülőgép vezetők jobb teljesítményt nyújtanak a feladatok végrehajtásában, mint a „gyorstalpalón” átesett társaik. Azonban a kutatási eredmények szerint ez sem igaz, mivel a teljesítményszintjük közel megegyezik. A vizsgálatok kapcsán az is kiderült, hogy a kiválogatásánál más szempontokat kell figyelembe venni, eltérő kritériumoknak kell megfelelniük a jelentkezőknek. A legszembe-tűnőbb különbség az, hogy a robotrepülőgépet kezelőnek nem szükséges olyan túlterhelést elviselnie, mint a hagyományos pilótának. Ugyanakkor a koncentráció, a figyelem megosztás és adatfeldolgozó kapacitás területén, a két kaszt adottságaival közel azonos az elvárás. Az UAS rendszerek irányítására való kiképzésnél figyelembe kell venni azt is, hogy sokkal nagyobb mértékben lehet kihasználni a szimulátorok adta lehetőségeket, mint a hagyományos repülőgép vezetők kiképzésénél. Az utóbbiaknál a szimulátor csak kiegészíti az aktuális repült órákat, addig az előbbieknél majdnem teljesen ki is tudja azokat váltani. A fenti tapasztalatokat figyelembe véve az USAF egy speciális, kizárólag UAS pilóták számára kialakított képzési rendszert állított fel, mely biztosítja az elegendő számú személyzetet az egyre növekvő repülőgép állomány kiszolgálására.

Az UAS rendszerek számának növekedése magával hozta a kezelő állomány létszámának a növekedését is. Napjainkban az USAF több UAS kezelőt képez, mint „hagyományos”-at [33], de még így is nehézséget okoz a meglévő rendszerek kezelőkkel való kiszolgálása. Erre jelenthet megoldást a MAC koncepció, amelyben egy pilóta a megszokott egy légi jármű helyett, akár négyet is irányíthat egyszerre. Ehhez először az UAV-k alapvető repülési szakaszait kell automatizálni úgy, mint a fel- és leszállást, az őrzőjáratot való ki- és hazarepülést, valamint az őrzőjáratot. Ezeket a repüléseket manuálisan hajtják végre, amely meglehetősen fárasztó és unalmas tevékenység, viszont amennyiben a robotok ezeket a feladatokat önállóan hajtják végre, a kezelőknek csak felügyelni kell egy rutin tevékenységet és csak szükség esetén beavatkozni.

A földi munkaállomások újszerű kialakításával lehetővé válik a több légi jármű egyidejű irányítása. Ez úgy képzelhető el, hogy egy- vagy két repülőgép az őrzőparaszti légtérbe repül ki, vagy tart onnan vissza, ugyanakkor egy, vagy két másik az őrzőparaszti légtérben hajt végre ISR feladatot. Amennyiben valamelyik őrzőparaszti célpontot kell támadnia, szükség lesz egy másik kezelőre, aki átveszi a csapásmérés irányítását. A földi munkaállomások MAC jellegű kialakítása [18] és az UAV-k egyes repülési feladatainak automatizálása jelentősen csökkentheti az emberi erőforrás igényt. Számítások szerint, optimális esetben ez akár 64%-os csökkenést is jelenthet a kezelői létszámában [35]. A fentiek és a légi robotok növekvő autonómiája azt eredményezheti, hogy a jelenleginél kisebb számú személyzet irányíthat egy időben több drónt.

Az UAS-ek számának a növekedése igyekszik kielégíteni a felhasználói oldalról jelentkező igényeket, amelyek elsősorban felderítési információk szolgáltatására irányulnak. A rendelkezésre álló szenzorok által biztosított információk mennyisége egyre nő és napjainkra megközelíti azt a szintet, amelyet a rendelkezésre álló adatfeldolgozó, kiértékelő és elemző infrastruktúra kezelni tud. Az elemzők létszámának további növelése nem jelent jó megoldást, a felderítési információk gépi analízise, a számítógépes programok által való előfeldolgozása a kulcs a megoldásra. Ezzel lehetővé válik, kisebb humán erőforrás mellett az egyre növekvő adatmennyiség kezelése. A légi járművek és a megszerzett adatok mennyiségének növekedésével nem csak az emberi erőforrások váltak szűkössé, hanem a kommunikációs és adat továbbító rendszerek is. A túlterhelést kisebb részben az drónok távvezérléséhez szükséges jelek továbbításához felhasznált sávszélesség okozza. Nagyobb részben viszont a továbbított adatmennyiség az, amely egyre nő és egyre nagyobb kapacitást kíván. A növekvő igényt nem csak az adatok mennyisége, hanem minősége is befolyásolja. Napjaink nagy felbontású kamerái által továbbított mozgókép lényegesen nagyobb sávszélességet és gyorsabb adatátvitelt igényel, mint egy hagyományos felbontású kamerával készített.

A problémát fokozza, hogy a továbbított információt kódolással védeni kell, ami viszont ugyancsak növelheti az adatmennyiséget, és nagyobb terhet ró a titkosítást végző hardver és/vagy szoftver elemekre. A felmerülő igények és a jelentkező problémák összessége kritikussá teszi a nagy kapacitású, megbízható működésű, biztonságos és gyors adatátviteli struktúrák kialakítását. A végpontoknak egyre alacsonyabb felhasználói szinteken is meg kell jelenniük, így akár az egyes katonánál is. Ez hatalmas kihívást jelent az előbb felsorolt rendszerek összetevőire. A továbbított adatmennyiség csökkentése terén megoldást jelenthet az a koncepció, miszerint a szenzorok által gyűjtött információt már az UAS fedélzetén gépi analízisnek vetik alá, és csak a szükséges információt továbbítják a földi elemzők részére. Ez természetesen csak nagy adatfeldolgozási képességgel rendelkező számítógépes rendszerekkel és „*intelligens*” algoritmusokkal oldható meg. Ennek a törekvésnek viszont határt szab a légi járművek teherbírása, ugyanis a legtöbb ma rendszeresített UAV már nem bírná el a többlet terhet, vagy az nagymértékben korlátozná egyéb jellemzőit.

9.4 A FEJLŐDÉS IRÁNYAI

Az UAS rendszerek számának a növekedése az elmúlt egy évtizedben nagyon látványos volt és elért egy olyan szintet, ahonnan már nem hatékony, illetve nem finanszírozható az eszközök számának a további növelése. A technológiai fejlődés jelenleg már lehetővé teszi azt, hogy a meglévő eszközök továbbfejlesztésével, nagyságrendekkel jobb hatékonyságot lehessen gazdaságosan biztosítani.

9.4.1 A szenzorképességek növelése

A fejlődés egyik módja a fedélzeti szenzorok hatékonyságának növekedése. Erre jó példa a

Reaper platformok részére kifejlesztett „Gorgon stare” elnevezésű konténer, amelyet a légi jármű külső függesztményként hordozhat (9.7. kép). A berendezés nagy térségek átfogó megfigyelésére képes optikai szenzorrendszer, amely kapacitásában jelentősen felülmúlja a Reaper jelenlegi érzékelőinek jellemzőit.



9.7. kép Egy RQ-9 UAV Gorgon stare függesztménnyel⁴⁸⁷

Első lépcsőként a videojel továbbítás sebességét tízszeresére, majd harmincszorosára emelik, ami azt jelenti, hogy a Reaper ezzel a konténerrel egyszerre harminc különböző mozgóképsort továbbíthat a felhasználók részére [12].



9.8. kép Az ARGUS által megjelenített területek⁴⁸⁸

A következő lépcsőfokot jelentő ARGUS-IS rendszer (9.8. kép) nagy területek, akár egy közepes méretű város folyamatos-, illetve maximum 64 kisebb rész kiemelt megfigyelését biztosítja. Ez magába foglalja az adott helyre való ráközelítést, a kép megállítást és visszatekerésének a lehetőségét is, melyet akár egyszerre több felhasználó számára is biztosítani tud. Mindegyikük akár különböző kijelölt részt figyelhet, miközben a rendszer folyamatosan biztosítja az egész terület átfogó megfigyelését [32]. Az új berendezés kiküszöböli a hagyományos optikai szenzoroknak azt a hiányosságát, hogy miközben ráközelítenek valamire, elveszítik átfogó megfigyelő képességüket.

9.4.2 A repülési időtartam növelése

További cél az UAV-k repülési időtartamának, ez által az őrzőjáratok idejének a növelése. En-

⁴⁸⁷ Forrás: <http://theaviationist.com/wp-content/uploads/2015/04/Gorgon-Stare-II.jpg>

⁴⁸⁸ Forrás: 1.8 gigapixel ARGUS-IS. World's highest resolution video surveillance platform by DARPA, <http://www.youtube.com/watch?v=QGxNyaXFjsA>

nek egyértelmű előnye, hogy a repülőgép hosszabb ideig biztosítja a jelenlétet a kijelölt térség fölött. A pilóta nélküli légi járművek jelenleg a repülési idejük 20–40%-át a műveleti légtérbe való ki- és visszarepüléssel töltik. Jelenleg a Reaper külső póttartályokkal való függesztési lehetőségeivel kísérleteznek. A számítások szerint így az őrzőjáratozási idő a jelenlegi 30-ról 38 órára nőne, míg nagyobb terheléssel a jelenlegi 20 órát felemelnék 28-ra [14]. Az eddigi tapasztalatok alapján, az USAF által készített tanulmány szerint hadszíntér feletti őrzőjáratozási idő optimális tartama UAS rendszerek esetén a 24 óra, vagy egy hét.

9.4.3 Az UAS rendszerek sérülékenységeinek kérdései

A jelenleg szolgálatban álló UAS rendszerek igen nagy hatékonysággal működnek aszimmetrikus hadviselés körülményei között. Ez főleg annak köszönhető, hogy az ellenfél gyakorlatilag képtelen hatékonyan védekezni ellenük. Rendelkezésre álló adatok alapján az eddigi UAS veszteségeknek csak elenyésző száma írható ellenséges tevékenység számlájára [4]. A kis hatékonyságú ellenséges támadások kézi fegyverektől, rakétagránátóktól és kézi indítású levegő-föld légvédelmi rakétáktól származtak, de előfordult kezdetleges rádióelektronikai zavaróeszközök alkalmazása is.

Az UAS rendszerek elleni támadások irányulhatnak a repülőgép, a hordozott szenzorok, az adatkapcsolati rendszerek, valamint a navigációs helyzet-meghatározó, vagy az irányító berendezések ellen. A jelenlegi aszimmetrikus hadviselésben a légi robotok jórészt védtelenek a szemben álló fél légvédelmi rendszerei, vagy a föld-levegő osztályú fegyverrendszereivel szemben [3]. A szemben álló fél az UAV fedélzeti szenzorjai ellen viszont már hatékonyabban tevékenykedhet, mivel azok lézerrel történő vakítása, vagy rongálása nagy fényvisszaverő felületekkel (pl. tükrök) aránylag egyszerűen megoldható. A felderítés akadályozására felhasználható az álcázás és a megtévesztés, de hatásos módszernek számít a lesugárzott adatok zavarása kezdetleges berendezésekkel [9].

Az UAS rendszerek sérülékenysége jó példa az RQ-170 Sentinel (9.9. kép) 2011-es iráni esete [37], amely a korábbi UAV rendszerekhez viszonyítva egyedülálló az USAF arzenáljában, mivel lopakodó technológiával készült. Tervezésénél alapvető szempont volt az ellenséges légvédelem által ellenőrzött légterekben való tevékenység. Iráni források szerint feltörték a légi jármű adatkapcsolati rendszerét és átvették felette az irányítást, majd saját területükre vezették. Az amerikai források ezzel ellentétben a légi jármű feletti irányítás elvesztését véletlen balesetnek tüntették fel és nem ismerték el a cyber támadás tényét. Valószínűleg az igazságot még jó darabig nem fogjuk megtudni, viszont az eset jól példázza, hogy miként eshet áldozatul akár a legfejlettebb technológiával kialakított eszköz is az ellenséges tevékenységnek, vagy véletlen balesetnek. Az eszköz iráni kézre kerülése a technológiai és katonai titkok kiszivárgásának jelentős veszélyét rejti magában.



9.9. kép RQ-170 Sentinel, a „kandahári szörnyeteg”⁴⁸⁹

⁴⁸⁹ Forrás: http://iho.hu/img/repules_14_04/140402_us_titok/RQ-170-Sentinel-robobhub-org1.jpg

Az adatkapcsolati rendszerek elleni támadásnak is több eszköze lehet, például az általánosan használt polgári műholdas kommunikációs rendszerek zavarása viszonylag egyszerűen megoldható. Ezen kívül a drón által sugárzott információ titkosítás hiányában könnyedén lehallgatható és felhasználható, akár lehetőséget is kínál a légijármű feletti irányítás átvételére is. A navigáció és helyzet-meghatározás zavarásának is számtalan módja van. Ilyenek lehetnek a műholdas vételt zavaró, vagy befolyásoló GPS jelzavaró, vagy a jelismétlő berendezések. Napjainkban egyre nagyobb a veszélye a cybertámadásoknak is, ami érintheti a földi és a légi, valamint az adatkapcsolati alrendszert egyaránt. Már egy szoftveres vírusfertőzés is komoly problémákat okozhat, nem beszélve egy összehangolt, jól kivitelezett támadásról [7].

9.4. Az UAS integrált alkalmazása

A légi robotok számának növekedése egyre inkább szükségessé teszi, hogy azokat a hagyományos repülő eszközökkel együtt, integráltan használják fel. Erre a hatékonyság növelése és a légi balesetek elkerülése miatt van szükség. Az UAS egyre inkább elterjedő felhasználásának köszönhetően azok mind nagyobb számban jelentek meg és működnek a hadszínterek felett. Tulajdonságaikkal kiegészítik a hagyományos légi járműveket, sőt gyakran ugyanazt a légtérrel használnák feladatuk végrehajtásához. Ez automatikusan magával hozza a kétféle légijármű közötti konfliktusok kialakulását. Ezek főleg az iraki és az afganisztáni hadszínterek feletti légterekben okoztak légi eseményeket, szerencsére egyik sem vezetett katasztrófához.

A jelenleg érvényben lévő eljárások alapján az UAV-k a hadműveletek feletti légterben korlátozott műveleti zónákban⁴⁹⁰ repülhetnek. Ez azt jelenti, hogy a légtérrel a feladat végrehajtásuk ideje alatt más repülőgéppel nem használhatják, vagyis az elkülönítés térben és időben biztosított. Ez egyfelől hasznos a repülésbiztonság szempontjából, másrészt viszont nagyon rugalmatlan. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük a drón repülések viszonylag nagy számát és az általuk igénybe vett, az egyéb légijárművek előtt így elzárt légterek méretét. A cél mindenképpen az lenne, hogy hagyományos és pilóta nélküli légijárművek is egyszerre üzemelhessenek az adott terület felett.

Ehhez azonban meg kell oldani a biztonságos elkülönítést, amelynek jelenleg nagyobb részt technikai- kisebb részben eljárási akadályai is vannak. Fel kell szerelni az UAV-kat a biztonságos látás utáni repüléshez szükséges szenzorokkal, amelyek lehetővé teszik másik légijárművek felderítését, felismerését és kitérő manőverek végrehajtását. Erre szolgálhat például a virtuális valóságra épülő UAV pilóta sisak [26], mely segítségével a kezelő ugyanazt látná, mintha a repülő eszközben ülne, és így már észlelné a veszélyt és végre hajthatná a kitérő manővereket. A LIDAR⁴⁹¹ technológiával a környező tér feltérképezését követően szintén lehetővé válna az akadályok és ez által az összeütközés elkerülése, akár autonóm módon is [10].

A végső megoldást valószínűleg az elektro-optikai szenzorok, az elektronikus berendezések (TCAS⁴⁹²) és az eljárások együttese biztosítja. Jelenleg csak a Global Hawk rendelkezik TCAS és Mode S berendezésekkel. Ezen kívül nincsenek kidolgozott és szabványosított eljárások a rendszer feletti irányítás elvesztése esetére sem. Még bonyolultabbá teszi a helyzetet, hogy az összhaderőnemi alárendeltségben működő hadszíntéri UAV-k általában civil légtéren keresztül repülnek a számukra kijelölt műveleti terület fölé. Ez szükségessé teszi a polgári légi forgalomtól való biztonságos elkülönítést, amelyre jelenleg nincsenek általános, szabványosított eljárások kidolgozva.

Az UAS-k számának és hatékonyságának növekedésével egyre nagyobb igény mutatkozik a „hagyományos” és a pilóta nélküli eszközök közös használatára egy feladat végrehajtás so-

⁴⁹⁰ ROZ – Restricted Operations Zone

⁴⁹¹ Laser Imaging Detection and Ranging – lézeres képalkotó érzékelés és távolságmérés

⁴⁹² Traffic Collision Avoidance System – forgalmi összeütközést elkerülő rendszer

rán⁴⁹³. Jó példa erre az USAF AC-130 Herkules speciális, közeli légi támogatást nyújtó repülőgép és a Predator/Reaper rendszerek együttműködése. A drón fedélzeti szenzorjai által biztosított mozgóképet az AC-130-as fedélzetére sugározzák azért, hogy segítse a célok azonosítását és a csapás eredményességének a kiértékelését [31].

Hasonlók ehhez a szárazföldi haderő alárendeltségébe tartozó egyes AH-64 Apache harci helikopterek is, melyek a fedélzeti monitorjaikon jelenítik meg a drón szenzorjai által sugárzott videó jeleket.



9.10. kép: Az AH-64D Apache és az MQ-1C Gray Eagle UAV⁴⁹⁴

Az UAV és annak szenzorjai irányítását a helikopter fedélzetéről végzik, megnövelve ezzel a személyzetének tájékozottságát.

Az Apache helikopterek esetében lehetőség van a pilóta nélküli légijárművek által felderített és megjelölt célokra rakétát indítani még mielőtt az a helikopter felderítési hatótávolságán belülre kerülne. Ez a sajátosság biztosítja a célok rejtett felderítését, megközelítését és növeli a nagy értékű eszközök túlélésének esélyeit.

A rendelkezésre álló technológia hamarosan lehetővé teszi a pilóta által vezetett repülőgépek és az UAS rendszerek közös kötelékben való repülését és közös feladatok végrehajtását az *úgynevezett „hűségese kísérő”*⁴⁹⁵ koncepció alapján [35]. Ebben az esetben az UAV mint fegyverhordozó repül a harci kötelékkel és hozzájárul a sikeres tevékenységéhez. Ez kiterjedhet felderítési információk biztosítására, felszíni, vagy légi célok elleni tevékenységre, de akár a kötelék légi utántöltésének a biztosítására is.

A MUM koncepció jelenleg csak limitált formában valósul meg, melynek több oka is van. Egyrészt az UAS rendszerek nem rendelkeznek az ehhez szükséges magas szintű autonómiával és még nem állnak rendelkezésre az irányításukhoz szükséges szabványosított, titkosított adatátviteli rendszerek. Továbbá nem megoldott az a probléma sem, miszerint a kötelékben repülő eszközök esetében a pilótának nem csak a saját gépét kellene repülnie, hanem azon túl egy drónt is irányítania kellene. Ehhez a humán és a gépi rendszerek közötti olyan kifinomult interfészre van szükség, amely még nem áll rendelkezésre [3].

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Amerikai drónra vadászott egy iráni repülő, index.hu, http://index.hu/kulfold/2013/03/14/amerikai_dronra_vadaszott_egy_irani_repulo/, (2015.07.21);
- [2] Armed UAV Operations 10 Years On, Stratfor Global Intelligence, 12 Jan 2012, <http://www.stratfor.com/weekly/armed-uav-operations-10-years>; (2015.07.21);
- [3] Banka László: Pilóta nélküli légijármű rendszerek alkalmazása az összhaderőnemi légi műveletekben, Diplomamunka, Nemzeti Közszoigálati Egyetem, Budapest, 2013

⁴⁹³ MUM – Manned Unmanned Teaming

⁴⁹⁴ Forrás: http://defense-update.com/wp-content/uploads/2011/11/MFC_LongbowUTA_photo3_h.jpg

⁴⁹⁵ Loyal Wingman

-
- [4] Battlefield Airborne Communications Node and Global Hawk, Northrop Grumman, http://www.northropgrumman.com/Capabilities/BACN/Documents/BACN_datasht.pdf (2015.07.21);
- [5] Deployed Global Hawks Surpass 30 000 Combat Flying Hours, 1500 Sorties, Global Security, 18 Feb 2010, <http://www.globalsecurity.org/intell/library/news/2010/intell-100218-afns01.htm>, (2015.07.21);
- [6] EuroHawk, Northrop Grumman, <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/EuroHawk/Pages/default.aspx>, (2015.07.21);
- [7] Exclusive: Computer Virus Hits US Drone Fleet, wired.com, 7 Oct 2011, <http://www.wired.com/dangerroom/2011/10/virus-hits-drone-fleet/>, (2015.07.21);
- [8] GRIP Aircraft, NASA Hurricane Science Research Team 2010, http://www.eol.ucar.edu/projects/predict/meetings/2009/presentations/GRIP_aircraft.pdf, (2015.07.21);
- [9] How to Avoid American Drones, by Al-Qaeda, <http://gizmodo.com/5986073/how-to-avoid-american-drones-by-al+qaeda>, (2015.07.21);
- [10] In a First, Full-Sized Robo Copter Flies with no Human Help, Wired, 14 Jul 2010, www.wired.com/dangerroom/2010/07/in-a-first-full-sized-robo-copter-flies-with-no-human-help, (2015.07.21);
- [11] Israeli F16 Downs Another Hezbollah Drone, UAS Vision, 30 Apr 2013, <http://www.uasvision.com/2013/04/30/israeli-f-16-downs-another-hezbollah-uas/>, (2015.07.21);
- [12] John A. Tirpak: The RPA Boom, Air Force Magazine, Aug 2010, <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/2010/August%202010/0810RPA.aspx> , (2015.07.21);
- [13] KQ-X Yes, That is How They Do It!, Aviation Week, 17 Aug 2012, <http://www.aviationweek.com/Blogs.aspx?plckBlogId=blog:27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7&plckPostId=Blog:27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7Post:60dec69a-7eff-432b-998c-cacd04669134>, (2015.07.21);
- [14] Long Endurance UAS Still an Elusive Goal, UAS Vision, 23 Apr 2013, <http://www.uasvision.com/2013/04/23/long-endurance-uas-still-an-elusive-goal/>, (2015.07.21);
- [15] MQ-1B Predator Fact Sheet, USAF official site, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104469/mq-1b-predator.aspx> , (2015.07.21);
- [16] MQ-4C Triton BAMS UAS, naval-technology.com, <http://www.naval-technology.com/projects/mq-4c-triton-bams-uas-us/>, (2015.07.21);
- [17] MQ-9 Reaper Fact Sheet, USAF official site, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104470/mq-9-reaper.aspx>, (2015.07.21);
- [18] Multi-Aircraft Control Ground Station, http://www.ga-asi.com/Websites/gaasi/images/products/ground_control/pdf/GCS021915.pdf, (2015.07.21);
- [19] NATO Inks 1.7 billion Global Hawk Order, Flight Global, 21 May 2012, <http://www.flightglobal.com/news/articles/nato-inks-17-billion-global-hawk-order-372113/>, (2015.07.21);
- [20] Northrop Grumman Delivers 37th Global Hawk to US Air Force, deagel.com, 7 Jan 2013, http://www.deagel.com/news/Northrop-Grumman-Delivers-37th-Global-Hawk-to-US-Air-Force_n000011115.aspx, (2015.07.21);
- [21] Operating Next-Generation Remotely Piloted Aircraft for Irregular Warfare, United States Air Force Scientific Advisory Board, April 2011, SAB-TR-10-03, <http://info.publicintelligence.net/USAF-RemoteIrregularWarfare.pdf>, (2015.07.21);
- [22] Palik Mátyás: Pilóta nélküli légi jármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben (Doktori PhD értekezés), 2007, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola; http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/phd/2007/palik_matyas.pdf, (2015.07.21);
- [23] PBS Nova: Rise of the Drones, dokumentumfilm részlet, <http://www.youtube.com/watch?v=QGxNyaXfJsA>; (2015.07.21);
-

- [24] Predator vs. Foxbat the Future of Air to Air Combat Via Drone Began Almost a Decade Ago, Aviationintel, 14 Aug 2012, <http://aviationintel.com/predator-vs-foxbat-the-future-of-air-to-air-combat-via-drone-began-almost-a-decade-ago/> , (2015.07.21);
- [25] Raytheon and General Atomics Team up to Integrate MALD onto Reaper, FlightGlobal, 13 Feb 2013, <http://www.flightglobal.com/news/articles/raytheon-and-general-atomics-team-up-to-integrate-mald-onto-reaper-382308/>, (2015.07.21);
- [26] Röntgensisakkal repülnek a jövő pilótái, index.hu, 2012.09.04., http://index.hu/tech/2012/09/04/rontgensisakkal_repulnek_a_jovo_pilotai/, (2015.07.21);
- [27] RQ-4 Global Hawk USAF Fact Sheet, USAF official site, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104516/rq-4-global-hawk.aspx> , (2015.07.21);
- [28] UAS Pilots Have Same Mental Health Rates as Jet Pilots, UAS Vision, 9 Apr 2013, <http://www.uasvision.com/2013/04/09/uas-pilots-have-same-mental-health-rates-as-jet-pilots/>, (2015.07.21);
- [29] United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047, Headquarters, United States Air Force, Washington DC, 18 May 2009, http://www.fas.org/irp/program/collect/uas_2009.pdf, (2015.07.21);
- [30] Unmanned Aircraft Tested for Precision Airdrops, UAS Vision, 30 Apr 2013, <http://www.uasvision.com/2013/04/30/unmanned-aircraft-tested-for-precision-airdrops/>, (2015.07.21);
- [31] Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011 – 2036, US Department of Defense, Reference Number 11-S-3613, <http://info.publicintelligence.net/DoD-UAS-2011-2036.pdf>, (2015.07.21);
- [32] US Air Force FY2013 Budget Overview, http://www.defense.gov/news/AirForce_2013_budget_slides.pdf, (2015.07.21);
- [33] US Air Force Training More Drone, than Traditional Pilots, The New American, 4 Aug 2012, <http://www.thenewamerican.com/tech/item/12322-drone-technology-accelerates-usaf-turns-attention-to-training-drone-pilots>, (2015.07.21);
- [34] US Marines Extend K-Max Unmanned Helicopters Use in Afghanistan, Reuters, 18 Mar 2013, <http://www.reuters.com/article/2013/03/18/lockheed-unmanned-helicopter-idUSL1N0C603420130318>, (2015.07.21);
- [35] US UAS Flight Plan 2009 – 2047 ppt., <http://www.uadrones.net/military/research/acrobat/090724.pdf>, (2015.07.21);
- [36] USAF Receives Second BACN Equipped Global Hawk, airforce-technology.com, <http://www.airforce-technology.com/news/newsusaf-receives-second-bacn-equipped-global-hawk-from-northrop>, (2015.07.21)
- [37] Ványa László: Kérdések és válaszok a szupertitkos RQ-170 iráni kézre kerüléséről, Repüléstudományi Közlemények, XXIV. évfolyam, 2012. 2. szám, http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/52_Vanya_Laszlo.pdf , (2015.07.21)

10

UAV FEJLESZTÉSEK, ÚJ ALKALMAZÁSOK

A jelentős haderővel rendelkező országok katonai kutatásainak egyik központi iránya a pilóta nélküli repülőeszközökkel kapcsolatos. A XXI. század változó hadi kihívásai miatt szükség van az UAV eszközök fejlesztésére. E munkának alapvetően két iránya van, a nagy befektetést igénylő csúcstechnológiai konstrukciók, amelyek csapásmérésre, illetve a kicsi, ezért kevés hasznos terhet szállító pilóta nélküli eszközök, amelyek többek között felderítésre alkalmasak. E fejezetben a pilóta nélküli légi járművek főbb fejlesztési területeit illetve azokat a típusokat mutatom be, amelyek a jövő pilóta nélküli harci repülőgépei lesznek és bizonyos területeken le fogják váltani a repülőgép vezető által vezetett társaikat.

10.1 BEVEZETÉS

Korunk fegyverkezési versenyének robbanásszerűen terjedő hadieszközei a pilóta nélküli légi járművek [2], amelyek rendkívül összetettek. A haditechnika számos területének eszközeit egyesítik magukban, a fejlesztések egy-egy új ötlete szinte azonnal megjelenik a tervezők asztalán. Az évtizedek során összegyűjtött tapasztalatok alapján jelenleg is a világ számos kutatóintézete foglalkozik a pilóta nélküli repülőgépek fejlesztésével. A pilóta nélküli repülőeszközök továbbfejlesztésének kérdése egyrészt hipotetikus alapokon, másrészt, és talán nagyrészt a valós technikai háttér ismeretén nyugszik. Az egyik legperspektivikusabb irány a repülőgépek és berendezéseinek miniatürizálása. A hasznos terhek súlyának csökkenése által megnőhet a repülés ideje, hatósugara, valamint az elérhető nagyobb repülési magasság, amely a megsemmisíthetőségüket is nehezítheti [1]. Napjainkra elérték azt a fejlettségi szintet, amikor bizonyos feladatok végrehajtásában hatékonyabban és biztonságosabban képesek tevékenykedni, mint a pilóta által vezetett repülőeszközök [3].

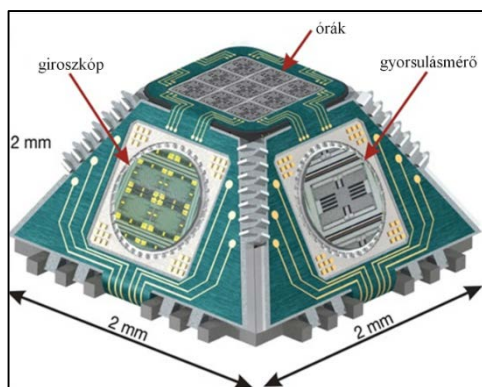
10.2 LÉGIJÁRMŰVEK FEJLŐDÉSE

10.2.1 Miniatürizálás

A legtöbb platformon a méret kisebb lesz, főleg az új anyagok felhasználása, és a feldolgozási technológia területén elért változások miatt. Az elektronikai technológia fejlődése lehetővé teszi a tervezőknek, hogy a minél kisebb terekbe, egyre több funkcionális lehetőséget építsenek be. A miniatürizálásban a korlátozó tényező gyakran a hő elvezetése, amely ezekben a kis terekben keletkezik működés közben. A jövőben, mivel ez a probléma „megoldódott”, teljesen valószínű, hogy az alkatrészek, amelyek a jármű-üzemeltetéshez (navigációhoz, kommunikációhoz, hely meghatározáshoz stb.) szükségesek, egy kis nyomtatott áramköri panelen (10.1. kép) kapnak helyet, és könnyen eltávolíthatók és áthelyezhetők egy másik járműbe. A jövőben a mikro légi járművek (a szárny fesztávolság kisebb, mint 15 cm) és a nano légi járművek (szárny fesztávolsága kevesebb, mint 8 cm) egyre elterjedtebbé válnak, amint azt a miniatürizálási technológia lehetővé teszi (10.2. kép) [4].



10.1. kép Microchip⁴⁹⁶



10.54. kép Nano PNT⁴⁹⁷ rendszer⁴⁹⁸

10.2.1.1 Mikro méretű légitűeszközök⁴⁹⁹

A miniatürizált UAV-k alkalmasak a gyalogság támogatására, különösen hasznosak lehetnek egy harc megvívásában városi körülmények között, hiszen a segítségével egy épület anélkül is átkutatható, hogy a katonáknak be kelljen hatolniuk, ezzel jelentősen csökkentve az emberáldozatok lehetőségét.



10.3. kép Mikro UAV (Ghost)⁵⁰⁰

Az eszköz által szolgáltatott valós idejű képek éjjel-nappal információt biztosítanak a megfigyelt területről, kis energiaigényük miatt hosszabb időtartamra is alkalmazhatók. Kis méretéből fakadóan, észrevétlenül berepülhetnek akár egy ellenséges ország fölé is, hasznos információkat szolgáltatva titkos katonai bázisokról, terroristákról, ABV fegyverekről [1].

10.2.1.2 Nano méretű légitűeszközök

Black Hornet

A nano UAV-k fejlesztését igyekeznek gyorsítani a DARPA Nano Air Vehicle programja is.⁵⁰¹ Úgy tűnhet, mintha ezek az eszközök gyermekjátékok lennének, de a hadsereg számára fontos szerepet játszanak (pl. a tálibok elleni harcban).

⁴⁹⁶ Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:CXD8606BQ_02.JPG (2013.05.07)

⁴⁹⁷ Positioning, Navigation, and Timing system - helymeghatározó, navigációs és időzítő rendszer <http://www.gps4us.com/news/post/Nano-Hummingbird-with-Micro-Nuclear-Gyro-Heart-is-on-its-way-to-Artificial-Intelligence-Air-Vehicle-20111101.aspx> (2013.05.26)

⁴⁹⁸ Forrás:

<http://www.gps4us.com/news/image.axd?picture=2011%2F11%2FDARPA+Micro+Positioning+navigation+and+Timing+Chip.jpg>

⁴⁹⁹ Micro Unmanned Air Vehicle - MUAV

⁵⁰⁰ Forrás: <http://www.uasvision.com/wp-content/uploads/2011/08/ghost21.jpg> (2013.05.26)

⁵⁰¹ Kémkedő kolibri: <http://htka.hu/2011/02/21/kemkedo-kolibri/> (2013.05.24)

A „Black Hornet”, Nano, pilóta nélküli légi jármű (10.4. kép) hossza kb. 10 cm, magassága 2,5 cm, hatótávolsága 1000 m, tömege mindössze 16 gramm, beleértve az akkumulátorokat. Az ellenséges területre berepülve, teljes videó- és állóképeket továbbít az orrára felszerelt kamera segítségével a kézi terminálra (10.5. kép), így biztosítva a szárazföldi csapatok létfontosságú helyzetismeretét. A drón képes akár 35 km/h sebességgel repülni, maximálisan 30 perces időtartamban [42][43][44][45].

10.4. kép Nano UAV „Black Hornet”⁵⁰²10.5. kép PD-100 PRS^{503 504}

Nano Hummingbird

A DARPA 4 millió dollárral járult hozzá 2006-óta az AeroVironment cég fejlesztéseihez, hogy egy Nano méretű légi jármű (NAV) program keretein belül hozzanak létre egy „kolibri-szerű” prototípust [46]. Az új modell, a „Hummingbird”, azaz kolibri tényleg megszólalásig hasonlít egy igazi, ide-oda repkedő kolibrira (10.6. kép). A hadseregnek a kívánt információk megszerzéséhez nincs más dolga, mint a kívánt személy ablakpárkányára leszállítani a robotmadarat, és a beépített kamera segítségével megfigyelni [47].

A kolibri teljes egészében megfelel a DARPA program 2. szakasza által támasztott kritériumoknak [48][49][50]:

- precíz lebegés demonstrálása, virtuális, két méter átmérőjű térben egy percig;
- stabil lebegés 2 m/s széllelésig úgy, hogy maximum 1 métert sodródhat el szélirányba;
- legalább 8 percnyi lebegésre elegendő energiával kell rendelkeznie;
- kontrollált átmenet a lebegésből 18 km/h sebességű repülésbe, majd visszaváltás lebegésre;
- épületbe be- és kirepülés képessége ajtó méretű nyíláson keresztül;
- épületbe be- és kirepülés képessége olyan módon, hogy az operátor csak a kamerából érkező videojelet használhatja;
- madarakat utánozó forma.

Az eredmény egy kézzel készített repülőgép prototípus, melynek szárnyfesztávolsága 160 mm, tömege 19 g összesen, amely kevesebb, mint egy AA típusú elem. Ez magában foglalja a repüléshez szükséges rendszereket: akkumulátorok, motorok, kommunikációs rendszerek és a videokamera. A légi jármű felszerelhető cserélhető test burkolattal, amely úgy van kialakítva, hogy a megjelenése olyan, mint egy igazi kolibrié. A repülőgép nagyobb és nehezebb, mint egy átlagos kolibri, de kisebb és könnyebb, mint a legnagyobb kolibri jelenleg, amely megtalálható a természetben [48][51][52].

⁵⁰² http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Black_Hornet_Nano_Helicopter_UAV.jpg (2013.05.25)

⁵⁰³ Personal Reconnaissance System - Személyi felderítő rendszer <http://www.proxdynamics.com/products/> (2013.05.25)

⁵⁰⁴ UK deploys toy-sized spy drones in Afghanistan:

<http://rt.com/files/news/black-hornet-nano-drone-378/pd-100-prs.jpg> (2013.05.25)



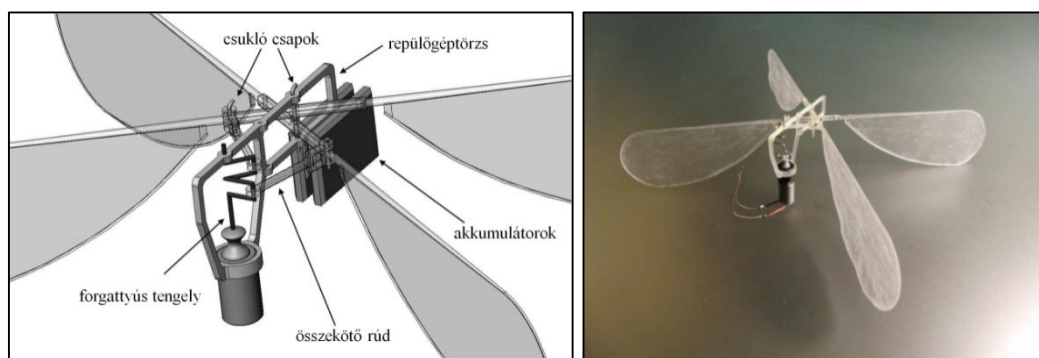
10.6. kép Nano Air Vehicle „Hummingbird”⁵⁰⁵

Ornitopter

A New York állambeli Ithaca-ban működő Cornell Egyetem négy hallgatója sikeres ornitoptert, azaz csapkodó szárnyakkal repülő szerkezetet alkotott a „Kreatív gépezetek laboratóriumában”. A siker titka az volt, hogy nem a madarak szárnyainak csapkodását, hanem a rovarok, főként a rendkívül sokoldalúan repülni képes szitakötők dupla szárnyának mozgását másolták le és táplálták a távkormányzáshoz is igazodó, azt koordináló gépezetecskébe.

A mindössze 3,8 gramm tömegű, négyszárnyú mikro-repülőeszközt csak 3D-s printerrel lehetett a rendkívül könnyű műanyagok porából a kívánt formájúra alakítani (10.7. kép). Egyelőre csak a kis forgatómotorját viszi magával – a tápláló energiát egy, a motorjához csatlakozó pehelykönnyű, hajlékony huzalszálon kapja a földi áramforrásától, egy másik száalacsán pedig a távvezérlés parancsait.

Egyik alkotója irányításával az egyetem aulájában a kis ornitopter már három percre is repült egyfolytában [53].



10.7. kép Az Ornitopter szerkezeti felépítése^{506,507}

A „Robobeas” projekt

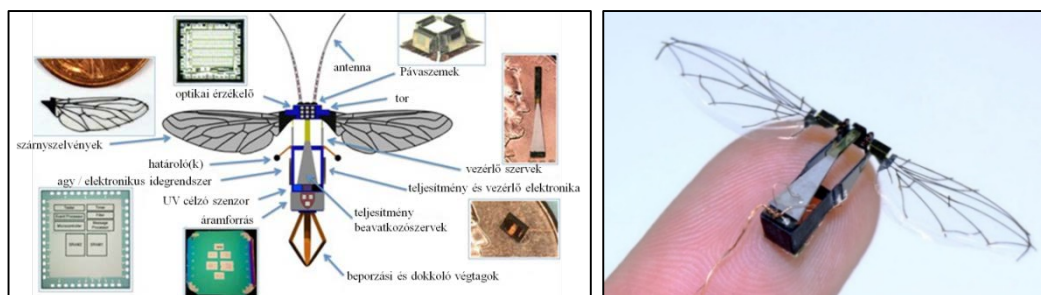
A Robobeas a Harvard Egyetem egy multidiszciplináris projektjének a célja az, hogy létrejöjjön egy önálló rovar méretű robot méhraj (10.8. kép) [54], továbbá elősegíteni a robotika fejlődését és a kompakt nagy energiájú energiaforrások miniatűr konstrukciójának kidolgozását. Ösztönöznöni a rendkívül alacsony fogyasztású számítástechnikai és „intelligens” elektronikus érzékelők újításait és finomítani több, független gép kezelésének koordinációs algoritmusait [55][56].

⁵⁰⁵ Forrás:

http://www.darpa.mil/uploadedImages/Content/Our_Work/DSO/Programs/Nano_Air_Vehicle/NAV_full.png (2013.05.26)

⁵⁰⁶ Forrás: http://iho.hu/img/repules/110926_cornell/cornell5.jpg (2013.05.28)

⁵⁰⁷ Forrás: http://iho.hu/img/repules/110926_cornell/cornell1.JPG (2013.05.28)

10.8. kép A méhecske méretű UAV a „RoboBee”^{508,509}

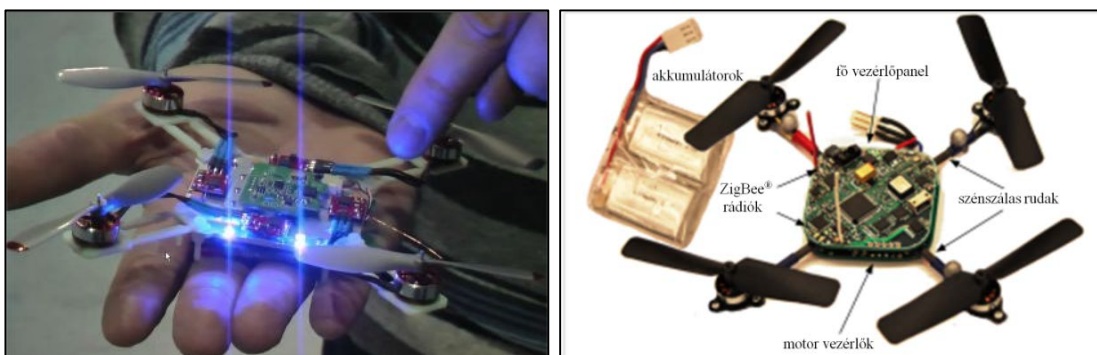
Gyakorlati alkalmazásokra a koordinált mozgékony robot-rovarokat különböző célokra lehet használni, beleértve:

- önállóan mezőgazdasági területek beporzására;
- kutatási és mentési (pl. utóhatásaként a természeti katasztrófáknak) feladatokra;
- veszélyes környezet feltárására;
- katonai felderítésre.

Nano quadrotorok

2012. február 1-én a Pennsylvániai Egyetem kutatólaboratóriuma apró méretű négyrotoros⁵¹⁰ repülő robotok (10.9. kép) szinkronizált formációban való mozgását mutatja be egy videón. Szemlélteti a „zümögő darazsak”, mozgékonyágát és pontosságát.

Képesek elkerülni az akadályokat, és könnyen irányt váltani, mintha parancsra tennék. Ha kézből eldobják, megkeresi az egyensúlyt és visszarepül a kézbe, amely elindította azt. Izgalmas látvány, amikor a 20 darabból álló „zümögő darazsak” összegyűlnek, és 8-as formációban repülnek [57]. Érdekeségük, hogy pozíciójukat és pályájukat saját maguk határozzák meg, nem pedig távirányítással vezérlik a rotorok működtetését másodpercenként 600-szor frissítő eszközöket [58].

10.9. kép A quadrotor szerkezet^{511,512}

8.2.2 Áramforrás megoldások

Sok kutatás tárgyát képezik a jövőben az UAS-k energia forrásai. Követelmény, hogy egyre inkább környezetbarát és olcsó legyen, valamint kuszöbölje ki a jelenleg használatos áramforrások korlátait [4].

⁵⁰⁸ Forrás:

http://static.projects.iq.harvard.edu/files/styles/os_files_large/public/robobees/files/image_large.jpg?itok=LjezO4SO (2015.06.23)

⁵⁰⁹ Forrás: <http://www.benfinio.com/wp-content/uploads/ICRAfly.jpg> (2013.05.28)

⁵¹⁰ nano quadrotors

⁵¹¹ Forrás: <http://www.valeriideas.com/rus/wp-content/uploads/2012/02/Nano-Quadrotors-as-Multibody-drone-start.jpg> (2013.05.28)

⁵¹² Forrás: <http://www.roboticsproceedings.org/rss08/p28.pdf> (2013.05.28)

8.2.2.1 Alternatív energiaforrások⁵¹³

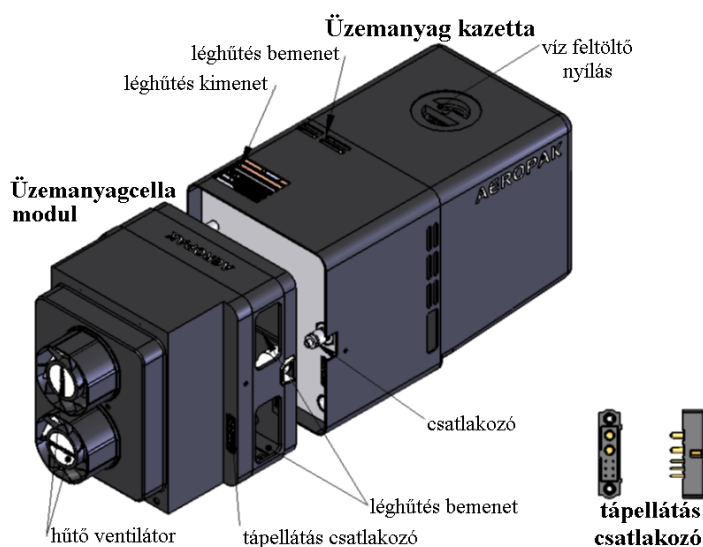
Az alternatív energiaforrások meghatározó szerepet játszanak a jövőnk energiával kapcsolatos kihívásai szempontjából. Az egyre növekvő energiaigényekből fakadó kihívások két párhuzamos megközelítést tesznek szükségessé: az üzemanyagok hatékonyabb használatát és új energiahordozók, alternatív energiaforrások fejlesztését. A környezetvédelem növekvő fontossága, a fosszilis energiaforrások csökkenése és az üzemanyagok iránti megnövekedett igény új megközelítésbe helyezi ezt az egész kérdéskört. A különböző tanulmányok eltérő megoldási javaslatokat vetítenek eléink. Ami viszont biztos, hogy az alternatív energiaforrások jelentősége növekszik. Üzemanyagcella, napenergia, elektromos, hidrogén, bioenergia. A fejlesztések több irányban haladnak [6].

A Boomerang® mini UAV-ban [7][8] (10.10. kép) mutatta be a BlueBird Aero Systems a Horizon Fuel Cell Technologia⁵¹⁴ által az AEROPAK nevű (10.11. kép) 2 kg-os hidrogén üzemanyagcella-rendszert, amely 900 Wh felhasználható villamos energia tárolására képes, és így több mint 9 óra repülést tesz lehetővé [9][41].



10.10. kép Boomerang mini UAV⁵¹⁵

Több bioüzemanyagot teszteltek UAS rendszereken, de még elemezni kell, hogy a jelenlegi technológia milyen szerepet játszhat a jövőbeli energiaigények kielégítésében.



10.11. kép Az AEROPAK üzemanyagcella fő részei⁵¹⁶

⁵¹³ Az „alternatív energiaforrás” kifejezés valamennyi, nem fosszilis energiaforrásra vonatkozik: beletartozik a hidrogén, a napenergia és a biomasszából előállított üzemanyag is. Ezt a kategóriát 2003-ban vezették be az Európai Shell Eco-marathonon. <http://www.muszakiak.hu/tudastar/energia/jovo-energiahordozoi> (2013.05.07.)

⁵¹⁴ Horizon Fuel Cell Technologies <http://www.horizonfuelcell.com/aerospace.htm#!unmanned-systems/c15wk> (2013.05.28)

⁵¹⁵ Forrás: [http://www.bluebird-](http://www.bluebird-uav.com/image/users/247983/ftp/my_files/Boomerang/Boomerang%20234.jpg?id=12379938)

[uav.com/image/users/247983/ftp/my_files/Boomerang/Boomerang%20234.jpg?id=12379938](http://www.bluebird-uav.com/image/users/247983/ftp/my_files/Boomerang/Boomerang%20234.jpg?id=12379938) (2013.05.07.)

⁵¹⁶ Szerkesztette a szerző (MS Paint) - AEROPAK Fuel cell-enabled power supply for electric mini-UAS // evaluation unit Technical Data Sheet December 2012 Version

Számos napelemes UAS-t teszteltek változó sikerrel. A jelenlegi korlátozások a kívánt legkisebb hasznos teher és napelemek mennyisége körül forognak. A kutatók számára kihívás az, hogy megtalálják a megoldást a minél több napenergia hatékony felhasználására és tárolására [4].

A Queensland University of Technology munkatársai egy napenergiával működő UAV-t készítettek, amely a Green Falcon (10.12. kép) nevet kapta [10].



10.12. kép A „zöld Falcon” napenergia meghajtású UAV⁵¹⁷

A Green Falcon⁵¹⁸ felszerelték egy előrejelző rendszerrel, amely vizuális adatokat továbbít, továbbá infravörös kamerákkal, melyek lehetővé teszik a bajba jutott emberek megtalálását. Az UAV másik előnye Dr. Gonzalez szerint, hogy „a személyzettel ellátott légi járművekkel ellentétben, a pilóta nélküli légi jármű 24 órás felügyeletet nyújthat és a katasztrófa sújtotta területek folyamatos megfigyelését.” [11].

8.2.2.1 Elektromos meghajtás

Jelenleg, az elektromosan meghajtott UAS-k energiaellátását akkumulátorok biztosítják, amelyek alkalmasak kisebb terhek szállítására maximálisan 1–2 óra repülési idővel. A legnagyobb korlátozó tényező az akkumulátor súlya. A lítium polimer akkumulátor (10.13. kép) technológiai fejlődése sok ígéretet tartogat. Hosszabb az élettartama, könnyebb a súlya, a kialakítása révén pedig lehetővé teszi, hogy az alakja a repülőgépek konstrukciós formáját felvegye. Elektromos UAS-k jövőbeli fejlődése magában foglalja a távvezetéken keresztül történő feltöltési lehetőséget, elektromos üzemanyag „Tartályhajó” koncepcióját vagy, ahogy az antenna technológia fejlődik, a villamos energia továbbítását a levegőben, a beépített fedélzeti akkumulátorok feltöltésére [4].



10.13. kép LiPo akkumulátor⁵¹⁹

http://www.hes.sg/files/AEROPAK_Technical_Data_Sheet.pdf (2013.05.28)

⁵¹⁷ Forrás: http://ecofriend.com/wp-content/uploads/2012/07/green_falcon_image_title_ajicd.jpg (2013.05.07)

⁵¹⁸ 2,5 m szárny-fesztávolságú, súlya 4 kg. Tartalmaz 28 rendkívül hatékony monokristályos napelemet. Céljának megfelelően, fejlesztettek hozzá beépített energiagazdálkodási rendszert és a legfejlettebb lítium-ion akkumulátorral párosították. Karbantartási költsége minimális. <http://ebrand.hu/napenergia/napenergiaval-mukodo-uav-felderitok/2349> (2013.05.07)

⁵¹⁹ Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lithium_polymer_battery_\(11.1_volts\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lithium_polymer_battery_(11.1_volts).jpg) (2013.05.07.)

8.2.2.1 Anyagok fejlesztése

Magától értetődő a repülőgép-tervezés terén, hogy minél kisebb a szükséges szerkezetek súlya, annál több hasznos terhet tud szállítani. (Könnyűépítés elve!) A szerkezeti anyagok fejlődésének középpontjában nagyrészt a kompozit technológia áll, amely kétségkívül egyre könnyebb és tartósabb, valamint könnyebb a gyártása, fenntartása, és javítása (10.14. kép). A költségek biztos, hogy megnőnek, azonban az aktuális kompozit anyagok ára ennek megfelelően lecsökken.

Néhány összetett repülőgép konstrukció jelenlegi korlátai közé tartozik a hosszú távú szerkezeti integritás, különösen akkor, ha ki vannak téve a megszokottól eltérő feltételeknek, mint például szennyezett vagy maró környezet, azonban a roncsolásmentes vizsgálati technológia fejlődése ellensúlyozza ezt a korlátozást [4].



10.14. kép Kompozit anyag⁵²⁰

10.3 JÖVŐBELI KONCEPCIÓK

A pilóta nélküli harci repülőgépek (UCAV – Unmanned Combat Air Vehicle) vagy más néven drónok a felderítésre vagy légicsapásokra egyaránt alkalmazhatók. Ezeknél a pilóta már nem a fedélzeten, hanem a bevetés helyszínétől akár több ezer kilométer távolságra, számítógép-képernyő előtt ülve vezet. Klaviatúrájával hajszálpontosan a célra irányíthat, sőt mi több: a drón közben sohasem panaszkodik fáradtságra, több napig is a levegőben tartózkodhat [2]. Számos terv létezik jelenleg is, mint például a Boeing X-45C Phantom Ray, az amerikai haditengerészet Northrop Grumman X-47B UCAS-D⁵²¹ programja, a BAE Systems Taranis UCAV, az orosz MiG SKAT és az Európai nEUROn projekt. A továbbiakban ezeket a típusokat mutatom be röviden [14][15].

8.3.1 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)

Már az 1960-as évektől kísérleteztek olyan pilóta nélküli repülő eszközök kifejlesztésével, amelyek alkalmasak légvédelmi feladatok ellátására, vagy csapásmérésre. A próbálkozások sikertelenségei után, természetesen nagy figyelem kísérte a Boeing X-45A (10.15. kép), pilóta nélküli csapásmérő repülőgép 2002-es első tesztrepülését. A projekt elsődleges célja egy olyan pilóta nélküli repülő eszköz fejlesztése volt, amely alkalmas az ellenséges légvédelem bénítására. Elsősorban földi célok megsemmisítésére tervezték, kifejezetten a földi telepítésű légvédelem pusztítására, de rendelkezik légi harc megvívásához szükséges védelmi képességgel is [18].

⁵²⁰ Carbon Fiber Why and How. <http://www.superleggera.com.au/wp-content/uploads/2014/03/carbon-fiber-plain-fabric.jpg> (2015.06.23.)

⁵²¹ Unmanned Combat Air System Demonstrator – Pilóta nélküli Harci Repülő Rendszer - Demonstrátor

Az X-45B (10.17. kép) típusváltozat tervezete gyakorlatilag teljesen hasonló volt az „A” változathoz, némileg azonban nagyobb és több hasznos teher szállítására alkalmas. Ennek a típusnak 2005-re tervezték az első tesztrepülését, de még mielőtt megépült volna, helyettesítették az X-45C típusváltozattal (10.16. kép), amelynek tervezése megfelelt mind a légierő, mind pedig a haditengerészet elvárásainak.

10.15. kép X-45A⁵²²10.16. kép X-45C⁵²³

A DARPA/USAF X-45A projektjével párhuzamosan, a DARPA szerződött a haditengerészetel, egy szállító-alapú UCAV kifejlesztésére. Így 2000 júniusában az USAF-nek a Boeing elindította az X-46A (10.18. kép) típusváltozatát, míg a haditengerészetnek a Northrop Grumman az X-47A (10.19. kép) projektet. Később nyilvánvalóvá vált, hogy a két párhuzamosan futó program felesleges pénzkidobás. Hiszen a légierő és a haditengerészet által támasztott követelmények nagyon hasonlóak. Így megalakult a közös J-UCAS (Joint Unmanned Combat Air Systems) [21], amelynek eredményeképpen létrejött az X-47C típusváltozat.

10.17. kép X-45B⁵²⁴10.18. kép X-46A⁵²⁵

A törzs kialakítása hasonló az X-45A típuséhoz, viszont a szárnyprofil kialakítása olyan, mint az X-46A típusé. 2040 kg hasznos terhet képes hordozni, 2 db GBU-31/B JDAM (Joint Direct Attack Munition) szállítására alkalmas, tehát egy igazi csapásmérő repülő eszköznek tekinthető. A speciális sárkányszerkezeti kialakítás és a viszonylag kis repülési sebessége miatt a haditengerészeti és a légierőnek tervezett „C” típusváltozat némileg különbözött egymástól. Légi üzemanyag utántöltésre azonban mindkettő alkalmas [20].

Az X-47B típusváltozat (10.20. kép) a Northrop Grumman's által a haditengerészetnek készített X-47A továbbfejlesztése [23]. A törzs 11,5 m hosszú, szárnyának fesztávolsága 19 méter. Utóbbi érték kombinálva a Pratt & Whitney F100-220U turbojet hajtóművel, akár 9 órás folyamatos repülési időt is jelenthet. A felhajtható szárnyvégek, alkalmassá teszik az X-47B-t az anyahajón történő alkalmazásra.

⁵²² Forrás: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/Boeing_X-45A_UCAV.jpg/800px-Boeing_X-45A_UCAV.jpg (2013.04.10.)

⁵²³ Forrás: http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/images/x-45c_storm.jpg (2013.04.12.)

⁵²⁴ Forrás: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/images/x-45b-image70.jpg> (2013.05.08.)

⁵²⁵ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/x-46a.jpg> (2013.05.08.)

2012. november 29-én, az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészetének Patuxent River légitámaszpontján: a Northrop Grumman által fejlesztett X-47B pilóta nélküli harci repülőgép (UCAV) végrehajtotta az első gőzkatapultos indítását (10.21. kép). Az eseményt megelőzően a másik prototípust daruval az USS Harry S. Truman (CVN-75) repülőgép-hordozó fedélzetére emelték. A Haditengerészeti Légügyi Parancsnokság (Naval Air Systems Command – NAVAIR) szakembereinek felügyelete alatt a berepülési programját végző másik X-47B-vel sikeresen kipróbálták, hogy a típus ténylegesen megfelel-e a gőzkatapultos felszállás jelentette speciális követelményeknek [24].



10.19. kép X-47A Pegasus⁵²⁶



10.20. kép X-47B UCAS⁵²⁷

Az UCAS-D program felelőse elmondta: a tesztet számos szimuláció és kiterjedt modellezési munka előzte meg, így teljes mértékben felkészülten vághattak neki az első „éles” próbának. Várakozásait siker koronázta: az X-47B minden gond nélkül felszállt, és a repülés közben, valamint leszállás utáni ellenőrzés során sem találtak semmilyen rendellenességet sem a fedélzeti rendszerekben, sem a szerkezeti elemekben. A teszt azért jelentős, mivel még soha nem került sor pilóta nélküli harci repülőgép gőzkatapulttal történő indítására.

„A repülőgép-hordozó fedélzetéről üzemeltethető pilóta nélküli harci repülőgépek új korszakot nyitnak a haditengerészeti repülés történetében, és jelentősen átalakítja a csapásmérő műveletek koncepcióját.” – nyilatkozta Mat Winter altengernagy az esemény kapcsán.

„Az UCAS-D program célja, hogy bizonyítsuk: lehetséges egy pilóta nélküli csapásmérő harci repülőgép biztonságos, kockázatoktól mentes üzemeltetése repülőgép-hordozókról, megnyitva ezzel az utat a jövő még nagyobb kapacitású UCAV-jai felé.”

Az USS Harry S. Truman (CVN-75) fedélzetén dolgozó csapat már korábban elvégzett egy sor szimulációt, valamint beépítették a szükséges rendszereket a hordozóra, melyekkel irányítható az X-47B fel- és leszállása [24].



10.21. kép Az X-47B első felszállása repülőgép-hordozóra⁵²⁸



10.22. kép Az X-47B első leszállása repülőgép-hordozóra⁵²⁹

⁵²⁶ Forrás: http://www.airforce-technology.com/projects/x47/images/x-47pegasus_2.jpg (2013.05.08.)

⁵²⁷ Forrás: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/05/X-47B-UCAS.jpg> (2013.05.08.)

⁵²⁸ Fotó: Us Navy, forrás: <http://www.navy.mil/management/photodb/photos/130514-N-YZ751-635.jpg> (2013.05.26)

⁵²⁹ Fotó: Us Navy, forrás: <http://www.navy.mil/management/photodb/photos/130517-N-FU443-090.jpg> (2013.05.26)

2013. május 4-én az X-47B sikeresen hajtott végre először fékezőhorgos leszállást az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészetének Patuxent River támaszpontján [25].

2013. május 14-én az X-47B-t távirányítással a repülőgép-hordozó egyik gőzkatapultjához irányították, majd annak előkészítését követően az automatika vezérelte tovább a repülőgépet. A UCAS-D pár áthúzást követően a szárazföld felé vette az irányt és 65 perces repülés után sikeresen leszállt a Patuxent River haditengerészeti bázis betonjára [59][60]. Az Amerikai Egyesült Államok ezzel még közelebb került ahhoz, hogy pilóta nélküli repülőeszközöket integráljon a hajófedélzeti üzembe. A tesztsorozat nem állt meg, mivel a következő állomás a fékezőhorgos leszállás volt (10.22. kép), amelyet 2013. május 17-én hajtott végre [61].

8.3.2 Taranis UCAV

A Taranis⁵³⁰ fejlesztésére 2006 végén kötött szerződést az Egyesült Királyság Védelmi Minisztériuma) a BAE Systems-szel. A programban a Rolls-Royce, QinetiQ és a GE Aviation cégek vesznek részt. Az UCAV-ba a Rolls-Royce Adour 951 hajtóművet építettek, amely egyébként a Hawk sugárhajtású kiképző-repülőgép erőforrása is. 2007 szeptemberében megkezdték a szerkezeti elemek gyártását és 2008 januárjában pedig beindultak az összeszerelési munkák. 2010. július 12-én ünnepélyes keretek között mutatták be a prototípust (10.23. kép) a Warton Légibázison Lancashire-ben a Taranis.

A földi tesztek 2010-ben kezdődtek, a repülési kísérleteket kezdetben 2011-re tervezték, majd 2012-re halasztották [26], végül az UCAV eszköz első repülésére 2013-ban került sor, az Ausztráliában lévő Woomera Légibázison [27].



10.23. kép A BAE Systems által készített Taranis pilóta nélküli lopakodó harci repülőgép⁵³¹

8.3.3 nEUROn pilóta nélküli harci repülőgép

A típus története Franciaországban kezdődött, ahol is a Dassault Aviation állami megrendelésre kezdte el egy csökkentett észlelhetőségű, modern, csapásmérő fegyverzet hordozására és célba juttatására is képes UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle – pilóta nélküli harci repülőgép) létrehozását. A projekthez később csatlakozott a svéd Saab, az olasz Alenia Aeronautica, a svájci RUAG, a francia Thales, a spanyol EADS CASA, valamint a görög HAI.

⁵³⁰ a szó jelentése: a mennydörgés kelta istene.

⁵³¹ Forrás: <http://4.bp.blogspot.com/-uwEYP5Q9f8I/UQEuVb11HVI/AAAAAAAAA5g/g21UOxmGvak/s1600/BAE+Systems+Taranis.jpg> (2013.05.09)

Az európai repülőgépgyártás fontos mérföldköve volt 2012. január 20-a, ugyanis bemutatták a nEUROn-t (10.24. kép), amely az első csökkentett észlelhetőségű, európai pilóta nélküli harci repülőgép. A ceremónián a partnerprogram dicsérete mellett, nyomatékosan hangsúlyozták az európai kormányok képviselőinek, hogy ideje lenne több figyelmet fordítaniuk a programra, mely új utat nyithat az indokoltnál lényegesen kisebb kapacitású harcirepülőgép-gyártás fejlesztésére.

Az alkalmazott új technológiák a világ élvonalában tarthatják az európai cégeket, a program sikere esetén pedig jelentős exportra számíthat a nEUROn, nem beszélve arról, hogy a jelenlegi harci repülőgépek leváltásakor, egy költséghatékonyabb opcióként már jelen lehet a pilóta nélküli típus, vagy annak valamelyik fejlettebb változata [28].



10.24. kép A nEUROn első repülése⁵³²⁵³³

2012. december 1-én [29][30] a Dassault Aviation Istres-ben található kísérleti repülőterén végrehajtotta első repülését az összeurópai fejlesztésű, technológiai demonstrátornak szánt nEUROn pilóta nélküli harci repülőgép (UCAV) [31][62]. A 2003-ban kezdődött nEUROn programban [32] Franciaország, Olaszország, Svédország, Spanyolország, Görögország és Svájc is részt vesz. Az európai katonai repülőgép-fejlesztés és gyártás szempontjából jelentős, hogy a folyamatot a gyártó cégek szakemberei mellett a francia DGA (General Directorate for Armament – Védelmi Beszerzési Ügynökség) is felügyelte. A nEUROn első repülése problémamentes volt, így a tesztet teljes mértékben sikeresnek értékelték. Ezzel megkezdődött a berepülési program, melynek általános szakasza 2014-ig Franciaországban folytatódik, majd az egész stáb áttelepül Svédországba, hogy sarkvidéki körülmények közötti üzemeltetést is kipróbálják, valamint éleslövészeteket is végrehajthassanak [29][33].

A 10 méter hosszú, 12,5 méter fesztávolságú, üresen 5 tonna tömegű UCAV, melyet Rolls-Royce – Turbomeca „Adour” hajtóművel szereltek fel, valóban több nemzetiségű összefogásban készült, így az, hogy a program eddig lényegében sikeres volt, pozitív képet fest az európai technológia együttműködéséről [30].

8.3.4 Az orosz MiG SKAT

2007 novemberében jelentették be a MiG Orosz Repülő Korporáció (RSzK) által tervezett „Skat” (10.25. kép) elnevezésű UCAV eszköz létrejöttét, amely „csupaszárny” kialakítású. Ezt – ugyanúgy, mint más hasonló rendeltetésű légitárműveket – a fejlesztő a „háború első napjának” olyan eszközeként tekinti, amely észrevétlenül érkezik tevékenységi körzetébe, részt vesz az ellenséges légvédelem kulcsfontosságú objektumainak, valamint más, nagy értékű célpontok megsemmisítésében, s együtt tevékenykedik a pilóta által vezetett repülőeszközökkel.

⁵³² Fotó: Dassault Aviation, forrás: http://www.dailytechinfo.org/uploads/images7/20121203_2_2.jpg (2013.04.30)

⁵³³ Fotó: Dassault Aviation, forrás: http://www.foreignpolicy.com/files/fp_uploaded_images/121203_neuron2.jpg (2013.04.30)

A moszkvai repülő kiállításon „MAKSz–2007” bemutatott teljesméretű makett szárnyfesztávolsága 11,5 m, hosszúsága 10,25 m és magassága 2,7 m. Az eszközzel kapcsolatban elhangzott főbb információk magukba foglalták:

1. a fejlesztésben résztvevő orosz szervezetek és vállalatok felsorolását;
2. az eszköz bombaterére vonatkozó adatokat, melyek közül kiemelkedik a bombatér 4,4 m hosszúsága;
3. a potenciális fedélzeti fegyverei közé tartozik a hajók és a lokátorok ellen alkalmazható H–31A és H–31R rakéták, valamint a 250–500 kg-os korekciós bombák;
4. a „Skat” UCAV eszközbe a Szentpétervári Klimov – és a Tusinóban települő Szojuz tervezőiroda által kifejlesztett RD–5000B típusú hajtóművet építik be, melynek maximális tolóereje 50 400 N [20][34][40].



10.25. kép A MiG UCAV típusa a Skat (Скат)⁵³⁴

Méreteit tekintve hasonló a BAE Systems Taranis UCAV-hoz, nagyobb az X–47A Pegasusnál, és kisebb, mint az X–47B.

A „Skat”-nál is a szárny felső részén helyezkedik el a hajtómű szívócsatornája az ellenséges földi lokátorok részéről történő észlelés lehetőségének csökkentésére. A fejlesztési program lelassult, és a teljes méretű makett elkészítésén kívül nem jutott előbbre [36].



10.26. kép Altiusz–M UAV⁵³⁵

Az „Ohotnyik” kutatás fejlesztési program keretein belül egy nehéz (közel 20 tonnás) csapásmérő UCAV kifejlesztése lett a feladat. Először az ilyen irányú tervekről a MAKSz–2009 kiállítá-

⁵³⁴ Forrás: http://www.migavia.ru/im/photo/Skat_main.jpg (2013.04.30)

⁵³⁵ Forrás: http://ic.pics.livejournal.com/bmpd/38024980/489318/489318_original.jpg (2013.05.10.)

son számoltak be, amikor bejelentették, hogy a harci repülőgépek iparágában egymásnak konkurenciát jelentő MiG és Szuhoj összeáll egy közös pilóta nélküli repülőgép kifejlesztésére, amely az első ilyen irányú közös munkájuk lesz. Az orosz védelmi minisztérium még 2012. júliusban egy pályázat elbírálásakor a Szuhojt választotta egy nehéz csapásmérő UCAV kifejlesztésére. A készülő repülőgépről egyelőre technikai információk nem láttak még napvilágot.

A feltételezések alapján az új UCAV teszteléseit 2016 előtt nem kezdik meg, és az alkalmazását pedig 2020-ra tervezik. Konstruktív kialakítása alapján az eszközt modulárisra tervezik, ami lehetővé teszi a katonák részére a hasznos terhek cseréjét a katonai műveletek ismeretében [37].

Létezik még két projekt is, az egyik a Szokol („Altiusz–M” 10.27. kép), a másik a Tranzasz („Inohogyc”) cégek által elnyert, amelyek két UAV-n dolgoznak. Az egyik nagyjából egy 5 tonnás csapásmérő, valamint egy egytonnás, közepes magasságú hadműveleti-harcászati feladatkörű UAV. Mindkét projektet mintegy egy-egy milliárd rubelből kellene kigazdálkodnia a fejlesztőknek [37][38][39].

10.4 ÚJSZERŰ ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A katonai alkalmazásokban várhatóan újabb és újabb lehetőségek nyílnak bevetésükre. Városon belüli, terrorizmus elleni harcban, felderítő akciókban egyre nagyobb szükség lesz U(C)AV-ra. A napjainkban oly elterjedt digitális katona koncepcióhoz híven igazodik, hogy minden katona felszerelésének részét képezze egy ilyen eszköz. Az UAV, mint egy őrszem monitorozhatja a katonák állapotát, azokról információt küldhet a parancsnokság felé, így ez a funkció stratégiai jelentőségre tehet szert [63].

Várhatóan a civil szektorban a katasztrófavédelmi és rendvédelmi szervek munkájának állandó részévé válik majd az UAV. Akár a nagy kiterjedésű erdőtüzek megfékezésében létfontosságú felderítési információkkal láthatja el a tűzoltó szakembereket. Sugárzó anyag esetén sem lenne célszerű pilótát küldeni a szennyezett terület fölé. Felmerülnek olyan egészségügyi lehetőségek, mely egyrészt a mentőszolgálat munkáját segítheti pl. tömegbalesetknél a túlélők monitorozásával, illetve a karantén alatt álló fertőzött területeken, amennyiben egy korszerű laborral szerelik fel a járművet, a fertőzés terjedésének mértéke, illetve iránya különböző mérések alapján megállapítható.

Árvízi védekezésnél szintén hasznos egy olyan felderítő eszköz, amely gazdaságosság mellett, hosszú ideig képes légi megfigyelésre, gátak állapotának felmérésére, így segítve a katasztrófavédelem munkáját. Egy földrengés alkalmával túlélők keresése érdekében hőkamerával felszerelve azonnali választ kapnánk fellelhetőségük helyéről. Határőrizeti, a felderítési és a megfigyelési feladatokban is igen fontos szerepet játszhatnak. A forgalmasabb utak, országutak és autópályák forgalmának megfigyelése és ellenőrzése során is versenyképesnek bizonyulnak az erre a célra alkalmazott helikopterekkel szemben, személyzet és költséghatékonyság szempontjából [64].

ZÁRÓ GONDOLATOK

A pilóta nélküli repülőgépek innovációja jelenleg is folyik, újabb és újabb ötletek és megvalósítások látnak napvilágot. A jelenlegi fejlesztésekből kétféle tendencia látszik körvonalazódni. Az egyik a csúcstechnológiát képviselő fejlesztések, nagy anyagi ráfordításokkal. A másik a nagyon egyszerű kialakítású, olcsó, kisméretű, kevés hasznos teher szállítására alkalmas eszközök.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bunkóczi Sándor – Dudás Zoltán: Hogyan tovább: pilótával vagy nélküle? Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2003. VII. évfolyam, 2. szám 64-77 o.
http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/nek/2003_2/05_bunkoczi_dudas.pdf (2013.04.05)
- [2] Heimer György: Magyarok is próbálkoztak: új, halálos fegyver, a drón.
http://hvg.hu/vilag/20111202_dron_repulo (2013.04.12)
- [3] Dr. Palik Mátyás: A pilóta nélküli légijárművek hazai szabályozói környezete fejlesztésére irányuló K+F projekt bemutatása. Repüléstudományi Konferencia 2012, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2012/2 Különszám, 483-489.
http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/37_Palik_Matyas.pdf (2015.07.12)
- [4] Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Douglas M. Marshall, Eric Shappee: Introduction to Unmanned Aircraft Systems. CRC Press Taylor & Francis Group, 2012, pp. 186-187
- [5] http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:CXD8606BQ_02.JPG (2013.05.07)
- [6] A jövő energiahordozói. <http://www.muszakiak.hu/tudastar/energia/jovo-energiahordozoi> (2013.05.07)
- [7] World's first commercial fuel cell Unmanned Aerial System <http://www.gizmag.com/worlds-first-commercial-fuel-cell-unmanned-aerial-system/12453/> (2013.05.07)
- [8] The Boomerang@: <http://www.bluebird-uav.com/Boomerang.html> (2013.05.07)
- [9] Michael Mulcahy: Horizon releases drop-in fuel cell system for unmanned aircraft.
<http://www.gizmag.com/horizon-fuel-cell-unmanned-aircraft/11913/> (2013.05.07)
- [10] Emma Kelly: Solar-powered UAV could aid Australia fire monitoring.
<http://www.flightglobal.com/news/articles/solar-powered-uav-could-aid-australia-fire-monitoring-336930/> (2013.05.07.)
- [11] Napenergiával működő UAV felderítők, <http://ebrand.hu/napenergia/napenergiaval-mukodo-uav-felderitok/2349> (2013.05.07)
- [12] [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lithium_polymer_battery_\(11.1_volts\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lithium_polymer_battery_(11.1_volts).jpg) (2013.05.07)
- [13] Carbon Fiber Why and How. www.steadidrone.eu/carbon-fiber-why-and-how/#!/prettyPhoto/0/ (2013.05.07)
- [14] Unmanned combat air vehicle http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_combat_air_vehicle (2013.04.10)
- [15] X-45 J-UCAV (Joint Unmanned Combat Air System), United States of America
<http://www.airforce-technology.com/projects/x-45-ucav/> (2013.05.08)
- [16] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/Boeing_X-45A_UCAV.jpg/800px-Boeing_X-45A_UCAV.jpg (2013.04.10)
- [17] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/x-45c-pics.htm> (2013.04.12)
- [18] Pogácsás Imre: A pilóta nélküli repülőeszközök, avagy egyenes út a robothadviselésig?
http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2008_2/2008_2_Pogacsas_Imre.html (2013.04.30)
- [19] Boeing X-45 / X-46 <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/x-45.html> (2013.05.08)
- [20] Közös Pilóta nélküli Harci Repülő Rendszer
http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2008_3/2008_3_08.html (2013.05.08.)
- [21] X-47 Pegasus UCAV, United States of America. <http://www.airforce-technology.com/projects/x47/> (2013.05.08)
- [22] <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/05/X-47B-UCAS.jpg> (2013.05.08)
- [23] Jeremiah Gertler: U.S. Unmanned Aerial Systems, January 3, 2012.
<http://fpc.state.gov/documents/organization/180677.pdf> (2013.05.08)
- [24] Végrehajtották az X-47B első gőzkatapultos indítását – VIDEÓVAL
<http://htka.hu/2012/11/30/vegrehajtottak-az-x-47b-első-gozkatapultos-inditasat-videoval/> (2013.05.09)
- [25] Végrehajtotta első fékezőhorgos leszállását az X-47B – VIDEÓ
<http://htka.hu/2013/05/07/vegrehajtotta-első-fekezőhorgos-leszallasat-az-x-47b-video/> (2013.05.09)
- [26] BAE Systems Taranis <http://militaryknowledge.blogspot.hu/2013/01/bae-systems-taranis.html> (2013.05.09)
-

- [27] BAE's superdrone Taranis to be tested at Woomera <http://www.news.com.au/technology/sci-tech/baes-superdrone-taranis-to-be-tested-at-woomera/story-fn5fsgyc-1226619892302> (2013.05.09)
- [28] Bemutatták a nEUROn-t! <http://htka.hu/2012/01/21/bemutattak-a-neuron-t/> (2013.04.30)
- [29] Первый полет совершил Стелс-БЛА nEUROn (европейский боевой беспилотный летательный аппарат) <http://samaratoday.ru/news/95059> (2013.04.30)
- [30] European Stealth-Combat Test Drone Flies In France http://ezli007.blogspot.hu/2012_12_01_archive.html (2013.04.30)
- [31] Végrehajtotta szűzfelszállását a nEUROn – VIDEÓVAL <http://htka.hu/2012/12/01/vegrehajtottaszűzfelszallasat-a-neuron-videoval/> (2013.04.30)
- [32] Introduction <http://www.dassault-aviation.com/en/defense/neuron/introduction/> (2013.06.09)
- [33] The nEUROn makes its maiden flight <http://www.dassault-aviation.com/en/dassault-aviation/press/press-kits/the-neuron-makes-its-maiden-flight/> (2013.06.09)
- [34] РСК «МиГ» впервые представляет на авиасалоне МАКС-2007 программу создания боевого беспилотного летательного аппарата <http://migavia.ru/news/?page=3&tid=4&id=36> (2013.05.10)
- [35] http://www.migavia.ru/im/photo/Skat_main.jpg (2013.04.30)
- [36] Александр Горбенко: О русских и чужих беспилотниках. Каким путём пойдёт развитие БПЛА http://www.odnako.org/blogs/show_24467/ (2013.05.10)
- [37] Юферев Сергей: Перспективы развития российских БПЛА <http://topwar.ru/27673-perspektivy-razvitiya-rossijskih-bpla.html> (2013.05.10)
- [38] MiG-Szuhoj UAV a láthatáron <http://htka.hu/2012/11/06/mig-szuhoj-uav-a-lathataron/> (2013.04.30)
- [39] Перспективный российский БЛА "Альтиус-М". <http://bmpd.livejournal.com/454662.html> (2013.05.10.)
- [40] МиГ СКАТ http://army-world.ru/?page_id=1400 (2013.06.09)
- [41] AEROPAK Fuel cell-enabled power supply for electric mini-UAS // evaluation unit Technical Data Sheet December 2012 Version http://www.hes.sg/files/AEROPAK_Technical_Data_Sheet.pdf (2013.05.28)
- [42] Black Hornet Nano: http://en.wikipedia.org/wiki/Black_Hornet_Nano (2013.05.25)
- [43] Adrian Shaw: The eight inch spy in the sky: Tiny 'Black Hornet' helicopters snoop in Afghanistan - Mirror Online". <http://www.mirror.co.uk/news/technology-science/technology/the-eight-inch-spy-in-the-sky-tiny-1573284> (2013.05.25)
- [44] Miniature surveillance helicopters help protect front line troops - News story <https://www.gov.uk/government/news/miniature-surveillance-helicopters-help-protect-front-line-troops> (2013.05.25)
- [45] Black Hornet Nano Drone <http://www.alriyadh.com/en/article/808941/black-hornet-nano-drone> (2013.05.25)
- [46] AeroVironment Nano Hummingbird: http://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment_Nano_Hummingbird (2013.05.26)
- [47] A Pentagon kém kolibrije: <http://idokjelei.hu/2011/02/a-pentagon-kem-kolibrije/> (2013.05.26)
- [48] AeroVironment Develops World's First Fully Operational Life-Size Hummingbird-Like Unmanned Aircraft for DARPA: http://www.avinc.com/resources/press_release/aerovironment_develops_worlds_first_fully_operational_life-size_hummingbird (2013.05.26)
- [49] Kémkedő kolibri: <http://htka.hu/2011/02/21/kemkedo-kolibri/> (2013.05.26)
- [50] Nano Hummingbird: <http://www.avinc.com/nano/> (2013.05.26)
- [51] Buch der Synergie Elektro- und Solarflugzeuge (2010–2012): http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_11_16_02_mobile_anwendungen_elektroflugzeuge_3.htm (2013.05.26)
- [52] Ritzinger György: Már nem csak a természet tudja! <http://www.mernokbazis.hu/cikkek/mar-nemcsak-a-termeszet-tudja> (2013.05.26)
- [53] Szűcs József: Repülés mint a természetben, csapkodó szárnyal <http://iho.hu/hir/repules-mint-a-termeszetben-csapkodo-szarnyal-110926>
- [54] Harvard: Robobees <http://www.benfinio.com/robobees/> (2013.05.28)
- [55] Overview of the Micro Air Vehicles Project <http://robobees.seas.harvard.edu/> (2013.05.28)
- [56] Fox News' Hannity Says Developing A Bee Size UAV Is A Boondoggle <http://lobojosden.blogspot.hu/2010/03/fox-news-hannity-says-developing-bee.html> (2013.05.24)

- [57] Flying Robots Called 'Nano Quadrotor' Drones Swarm Lab
http://www.huffingtonpost.com/2012/02/02/flying-robots-nano-quadrotor-drones-swarm_n_1249442.html (2013.05.28)
- [58] A nano quadrotor raj röpte. http://wisconsin.blog.hu/2012/03/04/110_a_nano_quadrotor_raj_ropte
(2013.05.28)
- [59] Végrehajtotta első hajófedélzeti felszállását az X-47B! <http://htka.hu/2013/05/15/vegrehajtotta-első-hajofedelzeti-felszallasat-az-x-47b-kepekkel-es-videoval/> (2013.05.26)
- [60] Naval Air Forces Commander Calls X-47B Catapult Launch from USS George H.W. Bush a Pivotal Moment in Naval Aviation http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=74120 (2013.05.26)
- [61] X-47B Accomplishes First Ever Carrier Touch and Go aboard CVN 77
http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=74225 (2013.05.26)
- [62] European combat drone nEUROn made its first flight <http://aplcomputer.com/european-combat-drone-neuron-made-its-first-flight.html> (2013.04.30)
- [63] Komlósi István: Multi-rotoros légi járművek alkalmazása katonai és nem katonai feladatokban. Repüléstudományi Közlemények 2013. Szolnok, 2013/1 szám. pp. (99-107) HU ISSN 1789-770X
http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2013_1/2013-1-09-Komlosi_Istvan.pdf (2013.06.07)
- [64] Halászné dr. Tóth Alexandra– Somosi Vilmos– Pongrácz Gábor: Esettanulmány a pilóta nélküli légi járművek jövőbeni alkalmazása tükrében - Repüléstudományi Közlemények 2012. Szolnok, 2012/2 szám. pp. (607-615) HU ISSN 1789-770X
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/49_Halaszne_Toht_A-Somosi_V-Pongracz_G.pdf (2013.06.07)

INDEX

A,Á

A 160T 69, 77, 88
 AC Propulsion..... 106, 144
 AC-130 296
 ACAS 13
 AEROPAK..... 304
 Aerosonde 69, 93, 94, 106, 159
 Aerostar 69, 151
 Aero-Target 54, 55, 167
 AGM-114 Hellfire 162, 285, 286
 AH-64 Apache..... 296
 AirRobot..... 80
 Aladin..... 69, 92
 Altair 69
 Altiusz-M..... 311, 312
 Altus 69
 AOPA..... 14, 152
 Aphrodite 32
 APID 60 175
 AQM-34L/TV 38
 AQM-34N 97
 AQM-35 35
 Archibald Low 28
 ARGUS-IS..... 293
 Atlantique..... 164
 Aviation Sprite 78

B

B1-100..... 155, 158
 B-17 32
 B-2 281
 B-25B 33
 BACN 286, 287, 298
 Barracuda 163
 BAT..... 94, 100
 Bateleur 69
 Beijing Seagull..... 79
 BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. 59

Black Hornet..... 50, 69, 145, 300, 301
 Black Widow 69
 Blue Horizon..... 73
 Boomerang..... 304
 Bora 58, 178
 BQ-7..... 32
 BQM-147A 45, 69, 93, 94
 BQM-34 Firebee 37
 Brevel..... 88, 98
 BXUAV 248

C

CamCopter..... 69, 76, 77
 Carapas 69
 Chang Hong 97
 Changkong-1 36
 Charles Ketteringet 27
 Charles Perley 26
 Chukar 69
 CL-289 47, 69, 91, 98
 CL-89 45
 COMINT 75, 163, 164, 283
 Condor 106
 Crecerelle..... 69, 88, 93, 94
 Curtis N-9 26
 Cypher 88

D

Damselgy..... 84
 DarkStar..... 88, 96
 Denevér..... 18, 52, 53, 54, 63
 Desert Hawk 50, 69, 93
 Douglas Archibald..... 26
 DraganFlyer 151
 Dragon Drone 88
 Dragon Eye 69, 88, 93
 Dragon Slayer 69
 Dragon Warrior..... 69, 88
 Dragonfly..... 69

E,É		Gy	
E-2C.....	40	Gyulaffy Béla.....	18
EADS SHARC.....	79		
Eagle 1.....	69	H	
Eagle Eye.....	69, 81	HALE.....	66, 69, 72, 106, 164
eBee.....	154	Harpy.....	69
ELINT.....	75, 163, 164, 283	HEF 80T.....	180
Elmer Sperry.....	26	Helios.....	69, 144
EO.....	41, 43, 49, 51, 59, 152	Hermes.....	42, 43, 50, 69, 93, 94, 96, 164, 176
		Heron....	15, 41, 42, 44, 69, 88, 98, 106, 164
F		Heron TP.....	69, 98, 164
F50.....	80	Hewitt-Sperry.....	27
Falco.....	69	HM EI Zrt.....	18, 57, 58
FanCopter.....	69	Hummingbird.....	77, 104, 301, 302
Fenix.....	244	Hunter.....	48, 69, 72, 73, 88, 95, 103
Fenstar MAV.....	83		
Filemon János.....	18	I,Í	
Finder.....	69, 88	I GNAT.....	69
Fire Scout.....	69, 76, 77	IAI RQ-5 Hunter.....	47
Firebee.....	37, 38, 39	Ikhan.....	259
FLEDERMAUS.....	165	Ikran.....	58, 59
Flyrt.....	69	IMINT.....	164, 283, 284
Fox AT-1.....	93, 94	Infotron.....	78
FPASS.....	88	IR.....	41, 43, 49, 51, 59, 152
FPV.....	15, 16, 17, 161, 170	Irkut.....	69
Franz von Uchatius.....	25	ISR.....	282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 292
FU-GO bomba.....	33	iSTAR.....	69
Fulmar.....	69, 100, 276, 277	ISTAR.....	283
		ITALD.....	69
G			
GAM-67 Crossbow.....	35	J	
GBU-12 Paveway II.....	286	Javelin.....	69, 88
GBU-38.....	50, 162, 286	JB-2 Doodle Bug.....	32
GCS.....	90, 97, 160, 289	J-UCAS.....	307
Global Hawk.....	15, 48, 49, 69, 88, 96, 105, 106, 144, 145, 146, 203, 223, 283, 284, 286, 287, 288, 291, 295, 297, 298		
Global Observer.....	69	K	
GNAT.....	46, 88, 106	Kaman K-Max.....	287
GoldenEye.....	69	Karrar.....	95
Gorgon stare.....	293	Kettering Bug.....	27
Görög György.....	18, 167	Kingfisher.....	98
Gráfik János.....	18	KOAX X-240.....	79
Green Falcon.....	305	Koncz Miklós.....	55, 62, 167
Grey Eagle.....	285	Ku-Buzz.....	69
		KZO.....	69, 148, 149, 165

L	
La-17	35, 36
Larynx	28
Lawrence Sperry	26
LEWK	88
Liberty Eagle.....	27
LIDAR	145, 154, 155, 295
Lightning Bug	37
LOCAAS.....	69
LRE	289, 290
Luna	51, 69, 88, 100, 165, 166
M	
MALAT	95, 98, 99, 164
MALE	66, 69, 72, 106, 164, 176
MART	45
Mastiff	40
MCE	289, 290
Meteor	54, 55, 57, 167
MGR	55, 159
Microbat.....	69
MicroStar	69
Mikado	69
Mini-Vanguard.....	69
MinO	69
Mirach.....	69
MITE.....	69
MLB V Bat.....	82
Mosquito	69
MovieCopter 8	80
MQ-4C Triton.....	284, 287
MQM-36 Shelduck.....	34
MQM-57 Falconert	34
MRU	90
MTL.....	164, 283
MÜCKE	165
N	
Nanos	69
NEO S	77
Neptune	69, 88
nEUROn.....	306, 309, 310
Nibbio	69
Night Intruder.....	69
Nighthawk.....	69
Nishant.....	98, 99
NitroFirex	168
Novadem.....	69
Nulka	69
O,Ó	
O-45-1	30
Observer.....	71, 75, 93
OQ-1	29
OQ-14.....	30, 62
OQ-19	34
OQ-2	29
OQ-3	30, 62
Orbiter.....	151
Orka	69, 77
Outrider.....	88, 96
P	
Pcsela-1	36, 69
PD-100.....	145, 301
Peter Hewitt	26
Phoenix	47, 69, 71, 75, 88, 93, 224, 227, 232, 237, 238
Pioneer.....	40, 41, 44, 46, 47, 50, 62, 69, 75, 88, 100
Pointer.....	15, 45, 69, 88
PPSL	286, 290
PQ-14	30
Predator....	15, 46, 47, 48, 49, 50, 63, 69, 88, 104, 105, 106, 144, 145, 147, 151, 152, 162, 223, 224, 228, 229, 230, 232, 238, 248, 283, 285, 286, 288, 290, 291, 296, 297, 298
Predator B	69, 104
Puma	69, 148
Q	
QuattroCopter	69
Queen Bee.....	29
R	
Rábel Andrés.....	18, 167
Radioplane	29, 30, 35, 62
Ranger.....	69, 93, 95, 97, 98, 103, 104
Ráth Tamás	18

RATO.....	34	Sperwer.....	69, 75, 88, 93, 94, 98, 99
Raven.....	15, 69, 88, 92, 147, 148	SpyLite.....	99
RB-47.....	38	SpyThere.....	69
Reaper..	48, 49, 50, 104, 106, 144, 145, 162, 163, 169, 171, 172, 232, 238, 283, 285, 286, 290, 291, 293, 294, 296, 297, 298	Stefel Győző.....	18
Reginald Denny.....	29, 30, 62	SurveyCopter.....	69
R-Max.....	69	Surveyor 600.....	69
RMaxII.....	69	Swiper.....	69
Robobees.....	302		
RoboCopter.....	69	Sz	
Rotax.....	43, 145	Szozjka.....	18, 51, 52, 61, 69
Rp-4.....	29		
Rp-5.....	29	T	
Rp-8.....	30	TAI Anka.....	106
RPH2.....	69	Taifun.....	69, 84, 163
RPO Midget.....	88	TAM-5.....	106
RQ-170 Sentinel.....	294	Taranis.....	306, 309, 311
RQ-2.....	40, 41	Tarantula Hawk.....	50
RSO.....	289, 290	TARES.....	85
Ryan Model 147.....	37, 38, 39, 97	TCAS.....	13, 295
		TDD.....	62
S		TDD-1.....	29
S100.....	76, 77	TDD-2.....	30
SAR.....	43, 47, 49, 157, 164, 165, 166, 283, 285	TDD-3.....	62
Scan Eagle.....	74, 75, 94, 149, 157	TDD-4.....	30
ScanEagle.....	50, 69, 100, 148	TDR-1.....	32, 33
Scout.....	40, 88	T-Hawk.....	83
SEAD.....	288	THOMSON.....	91
Searcher.....	69	Tracker.....	69, 92, 93
Seeker.....	69, 72, 73, 88, 103	Tu-123 Jasztreb.....	36
Sentry.....	69	Tu-139 Jasztreb-2.....	36
Shadow.....	50, 69, 88, 93, 98, 103, 104	Tu-243 Rejsz-D.....	36
SIGINT.....	163, 164, 283, 284		
Silver Fox.....	69, 88	U,Ú	
Skat.....	310, 311	U-2.....	35, 145, 281
Skeldar.....	77	UAVNET.....	12, 19
SkyBlade.....	69	UCAV.....	66, 69
Skylark.....	15, 42, 43, 44, 56, 57, 69, 92, 93, 181	USA... 25, 26, 29, 30, 32, 35, 40, 42, 44, 45, 47, 50, 51, 61, 63	
SkyTote.....	69		
Snark.....	69	V	
Sniper.....	69	V-1.....	25, 31, 32
Snow Goose.....	88	Vég Pál.....	18, 53, 63
SOFAR.....	56	VLOS.....	17
Solar Impulse.....	144	Vulture.....	69

INDEX

W	
Wasp	69, 148
Watchkeeper.....	69, 224
Wright.....	27
Wu Zhen 5.....	97
X	
X-45A.....	88, 306, 307
X-45B	307
X-45C	306
X-46A.....	307
X-47A	307, 308, 311
X-47B.....	163, 306, 307, 308, 309, 311
X-50.....	88
X-Vision	69
Y	
YH300SL.....	69
Z	
ZALA 421-21.....	80
Zephyr.....	106, 144
Zephyr Solar Electric.....	106



Volna kedve megismerni napjaink légitözlekedésének legdinamikusabban fejlődő eszközeit?

E kiadványban szakszerű, mindemellett közérthető formában találhat hasznos ismereteket a pilóta nélküli repülésről.

A könyv bemutatja ezeknek a különleges eszközöknek a történetét a kezdetektől napjainkig. Átfogó képet nyújt a jelenlegi polgári és katonai alkalmazásokról - rávilágítva a jövőbeli fejlesztés irányaira és az új felhasználási lehetőségekre.

A kötet szerzői elhivatott oktatók, kutatók, akik jó szívvel ajánlják a szakmában jártas és azzal most ismerkedők számára.



ISBN 978-615-5057-64-9

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



9 786155 057649 >