

Botta András<sup>1</sup>

## A MAGYAR FEJLESZTÉSŰ FELDERÍTŐ UAV-K TECHNIKAI ADATAI- NAK, FELHASZNÁLÁSÁNAK ELEMZÉSE<sup>2</sup>

*A pilóta nélküli légi járművek (UAV) fejlesztése és gyártása az egyik legkomolyabb ipari tevékenység az egész világon. Az iparág és fejlesztés kezdeti lépéseit az Amerikai Egyesült Államok és Izrael tette meg, és napjainkban az Egyesült Államok gyártói birtokolják a piac több mint 50%-t. Az izraeli és európai fejlesztők, gyártók csak másodlagos szerepet játszhatnak az alacsonyabb mértékű fejlesztési befektetések miatt. Az elmaradásban az is közrejátszott, hogy az egyes kormányok előnyben részesítették az amerikai rendszereket, azok magasabb szintű képességei miatt. Napjainkban az UAV-kat leggyakrabban katonai alkalmazásokkal asszociálják, azonban egyre inkább növekszik a polgári, állami szervezetek, a gazdasági élet által igényelt felhasználások száma. Ez a folyamat figyelhető meg Magyarországon is. Ebben az írásban a magyarországi ipari és tudományos szervezetek által kifejlesztett négy UAV rendszer elemzését végezzük el.*

### **ANALYSIS OF TECHNICAL PARAMETERS AND USES OF UAV SYSTEMS DEVELOPED IN HUNGARY**

*Unmanned Aerial Vehicles (UAV) design and production is a main activity, with manufacturers all across the world. The United States and Israel were initial pioneers in this technology, and today U.S. manufacturers have a market share of over 50%. Israeli and European manufacturers form a second tier due to lower investments, and the governments of those nations have initiatives to acquire U.S. systems due to higher levels of capability. Although UAVs are today most commonly associated with military actions, UAVs are increasingly used by civilian government agencies, businesses, and private individuals. This process can be investigated in Hungary, too. In this publication we are trying to analyze and contrast four UAV systems developed by Hungarian industry and scientific organization.*

## BEVEZETÉS

Az elmúlt évtized műszaki fejlődése hatalmas előretörést eredményezett a távirányítású, automatizált eszközök területén. Egyeduralkodóvá vált a digitális technológia és egyre nagyobb teret hódít az elektromos meghajtás is. Az utóbbit az elektromos energia tárolásának (Lítium alapú technológia) és a váltóáramú elektromotorok gyártásának, vezérlésének új műszaki eredményei tették lehetővé. Ahogy az már lenni szokott, ezek a vívmányok hamar megtalálták az utat a hadi és hétköznapi felhasználások felé, így a robbanásszerű elterjedés gyors árcsökkenést eredményezett és egyre szélesedett a felhasználók köre. Olcsóbbá váltak a további fejlesztések és a korszerű technológia már nem csak a gazdaságilag legfejlettebb országok számára vált elérhetővé. A távirányítású, automatizált eszközök vonatkozásában talán a legnagyobb fejlődés és a legnagyobb érdeklődés a pilóta nélküli légi járművek (UAV) fejlesztése, illetve alkalmazása területén volt megfigyelhető. Ebben nem kis szerepe volt az Egyesült Államok hadserege által a háborús konfliktusok során eredményesen alkalmazott csúcstechnológiát képviselő robotrepülőkről szóló híradásoknak és a titkos küldetések során bizonyított harci tapasztalatoknak. A gazdaságilag meghatározó államok már régóta

<sup>1</sup> Rendőr ezredes, Készenléti Rendőrség, Légirendészeti Parancsnokság, parancsnok, botta.andrás@gmail.com

<sup>2</sup> Lektorálta: Dr. Palik Mátyás alezredes, egyetemi docens, Nemzeti Köszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tan-  
szék, palik.matyas@uni-nke.hu



önállóan vagy koprodukciónban fejlesztik és alkalmazzák saját pilóta nélküli légi járműveiket. Napjainkban már a Magyarország lehetőségeihez hasonló államokban is foglalkoznak ilyen repülőeszközök megalkotásával, és a feladatrendszerekbe történő beintegrálásával.

A nemzetközi összehasonlítás egyértelműen megmutatja az egyes országok alkalmazási koncepciói és lehetőségei közötti különbségeket, illetve a magyarországi felhasználások és az infrastruktúra jelentős lemaradását ezen a téren. Hazánkban, ahogy a többi országban is az első lépéseket az UAV alkalmazás területén a haderő tette meg, elsősorban a harci körülmények között bevetett élő erő megóvása, a légi felderítés költségeinek csökkentése, illetve a „modern kor követelményei” alapján megfogalmazott egyéb igények teljesítése érdekében. Az iparág már relatíve olcsó, máshol már „bizonyított”, harci alkalmazásokat, eszközöket kínál a nem annyira nagy költségvetéssel gazdálkodó fegyveres erők számára. Az árak csökkenésével az egyéb állami szervek, sőt vállalkozások, szervezetek is széles körben alkalmazhatják a távirányítású repülő eszközöket. Ezek az eszközök egyre nagyobb teret hódítanak a tudományos munkában (archeológia, geológia, meteorológia stb.) és a hobby, amatőr RC modellezés területén is.

## MAGYARORSZÁGON FEJLESZTETT PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK

Az elmúlt években több fejlesztés is eljutott a próbarepülésig és nagy reménnyel kecsegtetett a jövőre nézve. Ennek ellenére, ezek a repülőgépek nem kaptak lehetőséget a bizonyításra. Úgy tűnik azonban, hogy ez a tény nem szegte kedvét a magyar szakembereknek, hiszen jelenleg is folyik a munka a különböző szervezeteknél, kutatóműhelyekben, tanintézményekben az állami célú vagy tudományos feladatokra alkalmazható repülőeszközök kifejlesztésére. Az alábbiakban kísérletet teszünk ezen UAV-k összegyűjtésére, felmérésére, műszaki adataiknak és felhasználási lehetőségeiknek összevetésére, elemzésére. Ezen írásban nem kívánunk foglalkozni az olyan berendezésekkel, eszközökkel, amelyek bár komoly műszaki és anyagi háttérrel vonultatnak fel, – és akár állami szerv(ek) számára ajánlják fel őket – mégis hobby vagy amatőr alkalmazásnak tekinthetők.

Négy repülőeszközt veszünk górcső alá. Mind a négy szinte teljesen hazai fejlesztésű és gyártású repülőeszköz. Merevszárnyú repülőgépek fejlesztését tűzte ki célul a két szakembergárda. A HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zártkörűen működő részvénytársaság (a továbbiakban: HM EI Zrt.) és a HM CURRUS Gödöllői Harcjárműtechnikai Zártkörűen Működő Részvénytársaság (továbbiakban: HM CURRUS) által közösen kifejlesztett légi jármű család tagjait (3 db) tanulmányoztuk csakúgy, mint a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. vezetésével (BHE), a BME Mobil Innovációs Központ (MIK) és az Óbudai Egyetem Neumann Informatikai Kar (NIK) részvételével létrehozott fejlesztői konzorcium által néhány évvel ezelőtt megkezdett teljesen automatizált pilótanélküli légi jármű (UAV) fejlesztését.

### **Meteor-3MA légi cél**

A célrepülőgép a haditechnikai eszközöket kezelő állomány kiképzésére és gyakoroltatására alkalmas eszköz.



1. ábra Meteor-3MA típusú célrepülő<sup>3</sup>

#### Jellemzői:

- fejlesztő: HM EI Zrt. és HM CURRUS;
- sugárhajtóműves meghajtás;
- repülési sebesség: 250 km/h;
- repülési idő: 30 min;
- hatótávolság: 50 km;
- repülési magasság: 1000-1500 m;
- programozott útvonalrepülés;
- automata és kézi vezérlés;
- fel- és leszállás kézi irányítása;
- visszaverő felületnövelő elem hordozása;
- füstképzés biztosítása;
- 2-2 db külső felfüggesztési pont hőforrások érzékelőinek elhelyezésére.

#### IKRAN felderítő UAV



2. ábra Ikran felderítő UAV<sup>4</sup>

<sup>3</sup> A gyártó honlapjáról [http://www.hmei.hu/ingatlan-uzemeltetes\\_egyebiszolgáltatások\\_meteor.html](http://www.hmei.hu/ingatlan-uzemeltetes_egyebiszolgáltatások_meteor.html).

<sup>4</sup> RichPOI hírportál: <http://richpoi.com/cikkek/hazai/bemutattak-a-magyar-dronokat---sok-mindenre-alkalmas.html>

### Jellemzői:

- fejlesztő: HM EI Zrt. és HM CURRUS;
- robbanó vagy elektromotoros meghajtás;
- tömege: 16-18 kg;
- szárnyfeszítávolság: 3,83 m.

### Bora felderítő UAV



3. ábra Bora felderítő UAV<sup>5</sup>

### Jellemzői:

- fejlesztő: HM EI Zrt. és HM CURRUS;
- elektromotoros meghajtás;
- szárnyfeszítávolság: 3,0 m;

### BHE-MIK-NIK teljesen automatizált UAV rendszer



4. ábra Tudományos kutató eszköz<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Repülni jó WEB portál: <http://repulnijo.hu/2012/11/05/magyar-dronok-az-ikran-es-a-bora-bemutatoja/>

<sup>6</sup> Dr. Kazi Károly MAGYAR FEJLESZTÉSŰ, TELJESEN AUTOMATIZÁLT UAV RENDSZER ([http://www.szfrk.hu/rtk/kulonszamok/2012\\_cikkek/82\\_Kazi\\_Karoly.pdf](http://www.szfrk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf))





5. ábra Fenti repülő második verziója<sup>7</sup>

#### Jellemzői:

- fejlesztő: BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft vezetésével (BHE), a BME Mobil Innovációs Központ (MIK) és az Óbudai Egyetem Neumann Informatikai Kar (NIK);
- szárny fesztávolság: 3,7 m;
- hossza: 1,7 m;
- felszálló tömeg 17 kg, ebből hasznos teher 3 kg;
- repülési idő: minimum 1,5 óra;
- repülési sebesség: 80–100 km/óra;
- repülési magasság: 1000 m (repült már 2500 m-en is);
- elektromos meghajtás;
- hatósugár (aktív, élő rádiókapcsolattal): 15–20 km;
- 500 programozható útvonalpont, repülés közbeni átprogramozással;
- útvonaltervezés digitalizált térkép, vagy műholdas kép alapján;
- adaptív, nagy megbízhatóságú kommunikációs rendszer;
- stabilizált kamerarendszer (látható tartományú ill. hőkamera);
- párhuzamosan hozzáférhető adatbázis a repülési és megfigyelési adatok tárolására.

## A VIZSGÁLT PILÓTA NÉLKÜLI ESZKÖZÖK PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA, ÉRTÉKELÉSE

A felsorolt UAV rendszereket többféle módon lehet kategorizálni, de mivel a négy repülő eszköz különböző felhasználási kört céloz meg, ilyen kategóriákat nem egyszerű felállítani. Az összehasonlítás érdekében azonban különböző fő témakörök alapján célszerű elvégezni a paraméterek, tulajdonságok elemzését, értékelését.

A vizsgálatot az alábbi szempontok szerint végeztem el:

- I. Műszaki tartalom.
- II. Alkalmazhatóság.
- III. Kezelhetőség.
- IV. Humán feltételek, szükséges képzés.

---

<sup>7</sup> Ld. előző hivatkozás

## I. Műszaki tartalom

### Akciórádiusz

A nemzetközi besorolás szerint ezek a repülőeszközök az úgy nevezett CR (close range – kis hatótávolságú) UAV kategóriába tartoznak (ld. 1. táblázat). A vizsgált légi járművek mindegyike megfelel a kategóriára meghatározott adattartománynak.

A fenti eszközök vezérlési alapelve minden esetben azonos. A kezelőszemélyzet gyakorlatilag „látótávolságon” belül, nyílt terepen – ahol a tereptárgyak, épületek, fák, stb. nem állnak az antenna és az irányított eszköz között virtuálisan meghúzott egyenes tengelyében – manuálisan irányítja, irányíthatja az UAV-t. Ez a körülményektől, eszközöktől függően 10-20 km lehet, de általánosságban 15 km-ről beszélhetünk.

Megnevezés	Rövidítés	Hatótáv (km)	Repülési magasság (m)	Repülési időtartam (óra)	Felszálló tömeg (kg)
Nano	–	≤1	100	≤1	≤0,025
Micro	–	10	250	1	≤5
Mini	–	10	150-300	≤2	≤30
<b>Close range (kis hatótávú)</b>	<b>CR</b>	<b>10-30</b>	<b>3000</b>	<b>2-4</b>	<b>150</b>
Short range (rövid hatótávú)	SR	30-70	3000	3-6	200
Medium range (közepes hatótávú)	MR	70-200	5000	6-10	1250
Medium range endurance (közepes hatótávú, megnövelt rep. idő)	MRE	≥500	8000	10-18	1250

1. táblázat Hagyományos UAV kategóriák<sup>8</sup>

Erre az utóbbi években a vezérlés, irányítástechnológia terén megfigyelhető robbanásszerű fejlődés ad viszonylag könnyen és nem utolsó sorban olcsó lehetőséget. Az újabb korszakba lépett mikrohullámú<sup>9</sup> technológia lehetővé teszi a digitális vezérlőrendszerek külső zavaroktól mentes működtetését és a kétirányú adatforgalmat. A korszerű, digitális mikrohullámú technológia segítségével nem csak az úgy nevezett telemetriás adatok (a repülési adatok a manuális vezérlés megsegítésére) továbbíthatók valós időben a földi irányító felé, hanem a repülés céljául szolgáló mérések adatai, vagy a felderítés képei is a földi kiértékelő egység (pl. célszámítógép) vagy video megjelenítő felé.

<sup>8</sup> DR. DUDÁS Z.: TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” pályázat keretében végzett kutatói tevékenysége során készült kézirat alapján.

<sup>9</sup> [6] 9. oldal: „A mikrohullámú sugárzás (MH) a nemionizáló sugárzásokon belül az elektromágneses spektrum ama része, melynek frekvencia-, ill. hullámhossztartománya 300 MHz–300 GHz, 1 m–1 mm között van (Almássy, 1982; Mátay és Zombory, 2000; Schubert és Regier, 2005). Ez a közepes és a magas frekvenciasávoknak felel meg. Megjegyzendő, hogy az egyes tudományágaknak megfelelően a határok az infravörös fény, a terahertzes sugárzás, a mikrohullámok és UHF rádióhullámok között eléggé szabadon értelmezettek. Egy hitelesnek tekintett definíció D.M. Pozartól ered, aki szerint mikrohullámúnak tekinthető az a sugárzás, amely „300 MHz (3·10<sup>8</sup> Hz) és 300 GHz (3·10<sup>11</sup> Hz) közti váltakozó feszültségű jeleket ír le.” A mikrohullámú tartomány a következőképpen osztható fel:

- ultramagas frekvencia: ultra-high frequency (UHF) (0,3–3 GHz),
- szupermagas frekvencia: super high frequency (SHF) (3–30 GHz),
- extrém magas frekvencia: extremely high frequency (EHF) (30–300 GHz) jelek.”

## Sárkány kialakítása

A tanulmányozott pilóta nélküli eszközök mindegyike – alapvető működését tekintve – azonos fizikai alapelveken nyugvó merevszárnyú kisrepülőgép. A méretük alapján történt összehasonlításokkor, jelentős különbség egyik esetben sem mutatható ki, hiszen a fejlesztők számára, az ilyen repülőket teljesítményére vonatkozóan kitűzött cél optimális megvalósítása hasonló külső méreteket, arányokat eredményezett. A sárkányszerkezetre mind a négy konstrukciót illetően a felsőszárnyas kialakítás a jellemző, ami az egyéb szárnyfelerősítési megoldásokhoz (alsó vagy közép szárny) viszonyítva a lehető legnagyobb stabilitást<sup>10</sup> biztosítja a légi jármű számára. Ugyancsak ezt a célt szolgálja a szárnyak „V”-be állítása vagy „fülezése” is<sup>11</sup>, amely mindegyik UAV-n alkalmazásra került. Igaz, hogy a két alkalmazott megoldás működésének fizikai magyarázata eltérő, de hatásuk a repülőeszköz stabilitására azonos. Részletes elméleti fejtegetést mellőzve kijelenthető, hogy tulajdonképpen emberi vagy akár automatikusan működő elektronikus eszközök beavatkozása nélkül is, a repülőeszköz és az aerodinamikai, illetve gravitációs erők, nyomatékok kölcsönös egymásra hatásának eredményeképpen az ilyen felépítésű légi jármű önmagát „vezérelve” törekszik visszatérni a stabil, előre definiált repülési üzemmódra, ami az esetek döntő többségében a vízszintes (vagy közel vízszintes), egyenes vonalú, előre haladó, egyenletes sebességű repülés. A stabil repülést segítik még automata üzemmódban a különböző elektronikai eszközök is, mint pl. a különböző elméleti tengelyek (az X, Y és Z tengely) szerinti giroszkópos stabilizáló egységek. Erre a stabilitásra nagy szükség is van a fedélzeti kamerák képalkotási minőségének biztosítása érdekében.

A vezérsíkok kialakításánál már nem ilyen egységes a kép. Két esetben hagyományos, míg két esetben „T” vezérsík alkalmazása mellett döntöttek a fejlesztők. Az Ikran nevű UAV osztott farokrésszel rendelkezik, mivel az útirányú stabilitás biztosítása érdekében a függőleges vezérsíkot kivitték oldalra a légcsvár által hátrafelé nyomott, kavargó levegő útjából. Ezzel a megoldással a két függőleges felület és az oldalkormányok zavarmentes légáramban működnek. Ennek a megoldásnak a további előnye, hogy a sárkányszerkezet erősebb, valamint nagyobb stabilizáló és kormányfelületek állnak rendelkezésre. Hátránya a nagyobb konstrukciós tömeg.

A vizsgált repülőgépek sárkányának gyártásához a lehető legkorszerűbb anyagokat használták a fejlett technológiák alkalmazásával. A szén és üvegszál, kompozit gyártástechnológia maximális szilárdságot, minimális tömeget biztosít a repülőeszközök számára. Ezen a téren nincs eltérés közöttük. Bár a közönséges hobby repülőmodellezés piacán is beszerezhető profi minőségű, kiváló alapanyagok felhasználásával készült, a fentiekhez hasonló külső paraméterekkel rendelkező repülőmodell, mégis a fejlesztők – véleményem szerint nagyon helyesen – az egyedi gyártás mellett döntöttek. Így biztosítható legjobban a megcélzott feladatokhoz optimálisan kialakított sárkányszerkezet, illetve a speciális, egyedi fejlesztésű elektronika és a vezérlő rendszer elhelyezéséhez, csatlakozásához szükséges terek, rekeszek, csomópontok. Saját gyártásra való felkészüléssel biztosítható továbbá a mindenkor reprodukción, a beszállítóktól való függetlenség, az eszköz saját terméként való értékesítése, a részegységek sérülése esetén a gyors javítás, a független fejlesztés lehetősége és nem utolsósorban a végső ár csökkentése.

<sup>10</sup> [5] 2.2.1. *Statikus stabilitás* című fejezet, 53. oldal

<sup>11</sup> [5] 2.2.2. *Aerodinamikai stabilitás* című fejezet, 55. oldal

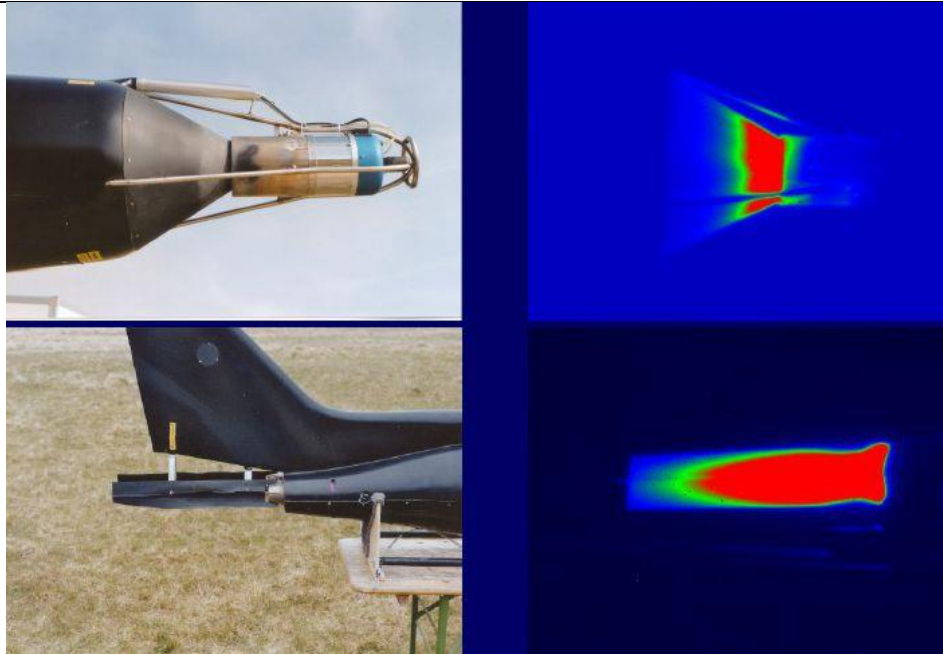
## Meghajtás

A felsorolt eszközök meghajtása mutatja a külsőleg megfigyelhető legnagyobb eltéréseket. A legsokoldalúbb az Ikran nevű repülő, hiszen egyaránt felszerelhető belsőégésű és elektromos motorral. A meghajtási módok evolúciós folyamatában a legfiatalabb az elektromos meghajtás és a legöregebb a dugattyús belsőégésű motoros meghajtás. Az akkumulátorok és elektromotorok hatásfokának jelentős növekedésével és tömegének jelentős csökkenésével ez a meghajtási mód egyre inkább kiszorítja a korábbi technológiákat. Míg a 90-es években a szaklapok arról cikkeztek, hogy az elektromos repülőgép meghajtásnak nincs realitása, addig manapság már szinte minden robbanómotoros rádió-távírányítású (RC) légi járműnek megjelent az elektromotoros modifikációja, teljesen kiszorítva a korábbi megoldásokat. A lítium alapanyagú akkumulátorok és a váltóáramú, kefe nélküli villanymotorok alkalmazása három modell esetében (Ikran, Bora és BHE-MIK-NIK) bizonyította, illetve bizonyítja létjogosultságát. Az Ikran esetében a robbanómotor egyenrangú alternatívájaként lett kialakítva az elektromotoros változat.

A Meteor célrepülőgép-család fejlődése során egyre nyilvánvalóbbá váltak a robbanómotor hiányosságai. Az ilyen berendezések rendeltetéséből eredően a korszerű repülőgépeket imitáló, viszonylag nagy sebességet és megfelelően nagy radarképet kell produkálni. Azon túl pedig a modern MISTRAL típusú légvédelmi rakéták infra érzékelői számára megfelelő hőforrást kell biztosítani a fedélzeten. Kézenfekvő volt a megoldás: sugárhajtóművet kell alkalmazni egy arra felkészített légi jármű meghajtására. A Meteor-3MA a törzs tetejére szerelt 160–200 N tolóerejű repülőmodell gázturbina segítségével biztosítani tudja a legalább 250 km/ó-ás repülési sebességet. A megfelelő radarkép kialakítása érdekében a célrepülőre rádiólokációs visszaverő, felületnövelő eszközt, úgy nevezett Luneberg-reflektort szereltek.

A sugárhajtóműből kiáramló forró gáz sugárzása megfelel a legtöbb infravörös önrávezető szenzor spektrális érzékenységének, így nincs szükség hőforrás céljából piropatronok felszerelésére és az azt kezelő képzett szakemberek alkalmazására. Az ilyen hajtómű alkalmazása hatékony megoldást jelent, ha olyan modern, két hullámhosszon működő rakétarendszer számára kell célt imitálni, mint a MISTRAL, amelyik szenzorja infravörös és ultraviola tartományban, vagy két infravörös sávban érzékel, így képes megkülönböztetni a valós repülőgép és az infracsapdák hőképét.





6. ábra Egy célrepülőgép tipikus hőképe<sup>12</sup>

További előny, hogy repülés közben a gázturbinába spriccelt füstképző anyag a hő hatására jól látható füstcsíkot eredményez a repülőgép mögött, ezzel elősegítve a vizuális nyomkövetést.

### **Leszállómű**

Az UAV-k földet érése során különböző eljárásokat követnek, de a leszállómű nagymértékben hozzájárulhat a törzsben lévő elektronika megóvásához leszállás közben. A törzs védelmére az Ikran esetében hagyományos hárompontos futóművet (orrkerék és két rugalmas futószáron a főfutó egy-egy kerékkel) alakítottak ki. A Meteor-3MA a törzs orr részében elhelyezett egykerekű leszállóművet kapott, illetve a BHE-MIK-NIK valamint a Bora nem rendelkezik futóművel. A futómű elspórolása vagy leegyszerűsítése egyértelműen a súlycsökkentést és/vagy a kisrepülő aerodinamikai tisztaságát (légellenállás csökkentése) szolgálja. Az UAV-k összehasonlításánál a különböző konstrukciónak nincs jelentősége, inkább a startolás, felszállás és a leszállás eljárásainak értékelése fontos, hiszen a repülés egész folyamatának ezek a legkritikusabb részei, ezek igénylik a kezelő személyzet részéről a legnagyobb felkészültséget.

### **Indítás, felszállás**

Egy távirányítású repülőgép legnagyobb biztonsággal a földről, saját vagy „vendég” futón gurulva, saját energiaforrásról táplált meghajtással indítható. Ilyen feltételek mellett, – normális működést feltételezve – 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. Például ha nincs futómű, vagy nem elég az alkalmazott meghajtás teljesítménye a szükséges felszálló sebesség eléréséhez, nagy a felszálló tömeg, nagy a felületi terhelés, esetleg nincs megfelelő minőségű sík terület a felszálláshoz, illetve a légcsavar (ha van felszerelve) forgássíkja vagy a szárny/törzs alá

<sup>12</sup> New Jet-Powered Drone Target Family -EADS Dornier (<http://www.dtic.mil/ndia/2002targets/frei.pdf>)



felerősített berendezések, eszközök elérik a talajt. Ezeknek a problémáknak az áthidalására számos megoldás létezik.

Ilyenek lehetnek:

- kézből indítás;
- különböző fajtájú katapult;
- magas start csörléssel vagy vontatással .

A fentiek közül a legegyszerűbb, a kiegészítő eszköz nélkül végrehajtható startolási mód a **kézi start**. Hátránya, hogy ha segítőtárs „dobja” el a repülőt, akkor annak „minősége” nagymértékben függ a végrehajtási technikától. Ha a vezérlő személy végzi a startot, az előbbi nehézséget növeli az a tény, hogy csak fél kézzel tud foglalkozni magával az irányítással. A probléma fokozottabban jelentkezik a légijármű tömegének, méretének növekedésével. A **katapult** (legyen az gumis, rugós, hidraulikus stb.) hirtelen, rövidtávon közöl viszonylag nagy energiát a repülőszerkezettel, ami egyik pillanatról a másikra rendkívül felgyorsítja a repülőt. Ez az alap üzemmóddhoz képest nagy sebesség szélsőséges mozgásokat eredményezhet, ami relatíve gyors reakciókat igényel a jól képzett kezelőszemélytől, közvetlenül a repülés kezdeti szakaszában, földközelségben. A **csörlés** előnye, hogy viszonylag hosszú távon húzva, magasra juttatja a repülőt. Hátránya, hogy a csörlés során a nagyobb sebesség és a vontatókötélhez való csatlakozás miatt, képzett személy szükséges az u. n. kitörés, és egyéb váratlan manőver elhárítása miatt. Ezen kívül viszonylag nagy, sík terület szükséges az ilyen indításhoz. A **vontatás** két repülőgépet feltételez, több képzett személy együttműködésével, összehangolt tevékenységével és számos hibázási lehetőséggel. A megfelelő végrehajtáshoz sok gyakorlás szükséges. Az összes startolási mód végrehajtásának biztonsága nagymértékben növelhető különböző automatikusan működő, elektronikus vezérlőegységek alkalmazásával.

A különböző repülési devianciák azonnali érzékelését és a vezérlő személy beavatkozása nélküli, haladéktalan korrekcióját végző áramkörök jelentősen csökkenthetik az irányító egyén felkészültségének hiányosságait.

A vizsgált UAV-k indítását eltérő koncepciók jellemzik. A HM EI Zrt. és HM CURRUS fejlesztői két esetben (Meteor-3MA és Ikran) a földön, saját keréken guruló, a hajtómű vagy motor által létrehozott vonóerő segítségével történő repülőgépszerű startot részesítették előnyben, míg a Bora kézből eldobva indítható. A negyedik légijármű startját egy összetett katapult szerkezet biztosítja. Ez az utolsó megoldás nagyobb előkészületet és szállítókapacitást igényel, de az így elérhető nagyobb felszálló sebesség, nagyobb felszálló tömeg alkalmazását teszi lehetővé.

### **Repülés végrehajtása**

A repülési tulajdonságokat egyértelműen az adott légijárműnek szánt alaprendeltetés határozza meg, de a fejlesztők minden esetben a stabil, műrepülő figuráktól mentes repülés megvalósítására törekedtek. A felderítő, kutató, mérőeszközt szállító repülő esetében a repülési sebesség nem számottevő és csak kismértékben tér el a teljes repülési tartományban. Ez alól természetesen kivétel a Meteor-3MA célrepülő, amelyik a légvédelmi gyakorlatok során a „megsemmisítendő” nagyrepülőgépeket imitálja. A megfelelő hatékonyságú képzés érdekében a távirányítású berendezés repülési sebességnek is az „igazihoz” hasonlónak kell lennie.

## Leszállás

A repülő szerkezetek egyik legkritikusabb repülési szakasza a leszállás. A szerkezeti sérülések nagy részét a helytelenül végrehajtott leszállások során szenvedik el az UAV-k is. A két hazai fejlesztő is nagy hangsúlyt fektetett a leszállás biztonságos végrehajtására. Az alkalmazott eljárások és a fedélzeti elektronika nagyban támogatják az adott eszközök sérülésmentes landolását. A HM EI Zrt. és HM CURRUS replői teljesen manuálisan vagy az elektronika segítségével közelítik meg a földet, majd kis magasságban a felkészült irányító személy „teszi” azokat a földre. Ettől teljesen eltérő utat választott a másik fejlesztőgárda. Egy teljesen saját fejlesztésű automatikus leszállító rendszer vezeti egy elfogó hálóba a robotrepülőgépet. A kifeszített háló két tartórúdja antennaként sugározza az oldalirányú vezérlőjelet, amelyet a fedélzeti elektronika feldolgoz és a légijárművet a két antenna közé irányítja. A hálóba érkezéshez szükséges ideális siklópálya irányt egy külön telepített harmadik antenna határozza meg a vevőegység számára. A repülő törzsén lévő kampó a hálóba ütközéskor felakad a hálóba, ezáltal nem esik a földre, nem sérül meg. A laza háló elnyeli a repülőeszköz mozgási energiáját. Az utóbbi megoldás hátránya, hogy a leszálláshoz is külön telepített, nagyméretű eszközök, speciális elektronikai berendezések szükségesek, megnövelt fuvarozási igénnyel és az ezekből adódó jelentős többletköltséggel. Előnye, hogy a teljesen automatizált leszállító rendszer még rossz látási viszonyok mellett (vagy éjszaka, sötétben), emberi beavatkozás nélkül is biztonságosan levezeti az adott repülőeszközt.

### *Távvezérlés, adattovábbítás, elektronika*

Egy UAV esetében elengedhetetlenül fontos a lehető legfejlettebb átviteltechnika alkalmazása. A vezérléshez és az adattovábbításhoz használt rádióforgalom ugyan már a sokkal megbízhatóbb digitális jelfeldolgozás alapján történik, mégis a gyors és nagymennyiségű adattovábbításhoz elengedhetetlenül fontos a minőségi, szélessávú jelátvitel. A hazai UAV fejlesztők által kitűzött kb. 15 km-es akciórádiusz biztosításához szükséges műszaki feltételek miatt nagynyereségű, elektronikus, speciális állványra szerelt irányított antenna szükséges. További előnyt jelent, ha az antenna automatikusan követi a robotrepülőgép mozgását, ezzel biztosítva a legoptimálisabb sugárzási/vételi karakterisztikát a feladat végrehajtása közben. Ezt földi és légi GPS adatok összehasonlításával vagy a légijárműről sugárzott rádiójel irányának meghatározásával érhető el. Ezeket alkalmazták a mi eseteinkben is.

A hazai UAV fejlesztések legnagyobb értéke a hozzáadott szellemi munka. Nem lévén jelentős hazai háttérpar, vagy az igényeknek megfelelő, elérhető árú célhardver és célszoftver – a két fejlesztő csapat hatalmas jelentőségű, önálló, a konkrét igényekhez igazodó fejlesztéseket hajtott végre a világszínvonalú, de hazai áron megvalósított vezérlőelektronika megtervezése, létrehozása és beüzemelése területén. A vizsgált repülőeszközöknek ezt a részét érthető módon titoktartás fedi, de annyi bizonyos, hogy a fedélzeti elektronika az általános repüléstámogató feladatok mellett a felhasználási követelményeknek megfelelő célfeladatok teljesítését is el látja. Ezt a célt különböző módon, de mindegyik drón teljesíti.

Mind a négy kisrepülő esetében a fedélzeti elektronika biztosítja:

- teljes körű távirányítás;
- automatikusan stabilizált repülés;
- leszállási manőver támogatása;



- külső beavatkozás nélküli, autonóm repülés;
- több előre tervezett útvonal (misszió) beprogramozása, végrehajtása vagy akár repülés közbeni módosítása;
- GPS alapú navigáció;
- fedélzeti kamerarendszerek („pilóta nézet”, megfigyelő/felderítő);
- kép és adattárolás a fedélzeten;
- valós idejű kép- és/vagy adattovábbítás (pl. telemetria);
- virtuális „pilótafülke”.

BHE-MIK-NIK által alkalmazott egyedi elektronikus rendszerek:

- tudományos kutatásokat (pl. légszennyezés, radioaktivitás, hőmérséklet stb. mérését) támogató szenzorok, mintavevő és elemző, valamint ezeket az adatokat tároló egységek;
- leszállás automatizálásához szükséges elektronikus siklopálya meghatározó rendszer.

## II. Alkalmazhatóság

A tudományos fejlesztési tevékenység egyik alapvető célja, hogy olyan magas szellemi és gazdasági értéket képviselő „terméket” állítson elő, amelyik – azon túl, hogy megfelel a kitűzött céloknak és elismerést hoz szakmai körökben – értékesíthető a piacon, kiszolgálja a gazdasági szereplők, vagy az állami megrendelők igényeit. Mindenkor cél a kutatásokra fordított pénzügyi források lehető legnagyobb mértékű megtérülése.

A hazai pilóta nélküli repülőeszközök fejlesztése két irányból indult. A BHE-MIK-NIK által kifejlesztett eszköz kezdetben nagyon jó lehetőséget biztosított az informatikai, vezérléstechnológiai, adatfeldolgozási, átvitel-technikai elképzelések kidolgozására, megvalósítására, a tudományos munkatársak fejlesztésére és a távlati elképzelések kimunkálására. Az elért fejlesztési eredmények sikerei kellő jogalapot adtak az értékesíthető elgondolások megvalósítására. Kialakult egy széles körben alkalmazható kutató rendszer, melyet elsősorban civil felhasználásra szántak. Egy olyan fejlett repülőeszköz valósult meg a hozzá tartozó összes hardver és szoftver feltételekkel, amely világszínvonalon szolgálhat ki tudományos kutatási igényeket csakúgy, mint a gazdasági tevékenység támogatásához szükséges adatszolgáltatókat. Ilyenek lehetnek például a légkör vizsgálatát szolgáló kutatások, a légszennyezettség vizsgálata, meteorológiai adatszolgáltatás, térképészeti célú fotókészítés, környezetvédelmi és vízszennyezettségi megfigyelések stb. Ezeknek a feladatoknak a végrehajtásához tulajdonképpen minden technikai eszköz rendelkezésre áll, és kísérleti jelleggel már most is folyik ilyen tevékenység.

A HM EI Zrt. és HM CURRUS szakemberei kissé más utat választottak. Felmérték a valós és előre látható igényeket. Elsősorban az állami felhasználások igényeinek kielégítését tűzték ki célul. A hadsereg légvédelmi alakulatainak gyakorlati képzésére már régóta alkalmazzák a távirányítású repülőmodelleket. A korszerű légvédelmi rakéták kezelésére, alkalmazására kiképzendő és kiképzett állomány gyakoroltatására, jártasságának fenntartására ma is a legkézenfekvőbb és legolcsóbb megoldás az „igazi” repülőgépek fizikai tulajdonságaira (hőkép, radarkép, sebesség stb.) nagymértékben hasonlító robotrepülőök használata. Az ilyen mesterséges repülőcélra végrehajtott imitáció, vagy akár éleslövészet szinte teljesen helyettesítheti a „harci” kö-



rülményeket. Ezeknek az igényeknek a szem előtt tartásával hozták létre a Meteor család legfiatalabb tagját a gázturbinás Meteor-3MA célrepülőgépet. A fejlesztés sikerére jellemző, hogy a honi légvédelem rendszeresen alkalmazza az eszközöket és éleslövészetben is bizonyításra ad lehetőséget a fejlesztők számára. Az afganisztáni misszió egyértelművé tette, hogy a korszerű hadviselés szerves része kell, hogy legyen a hatékony légi felderítést biztosító UAV. A magyar kontingens is használt/használ ilyen eszközöket a hadszíntéren. A drága külföldi eszközök kiváltására született meg a két magyar robotrepülő a nagyobb Ikran és a fiatalabb Bora. Mind a két drón alkalmas légi felderítésre, a földi csapatmozgások támogatására, különböző (normál vagy hő) kamerák által rögzített kép valós idejű földre sugárzására. Felhasználhatók nagyobb területek átvizsgálására, katasztrófák helyszínének feltérképezésére, a döntéshozatalhoz szükséges képi információk összegyűjtésére. Ezek a tulajdonságok a polgári életben is jól használható lehetőségeket biztosítanak a megrendelők számára.

A vizsgált repülőeszközök felhasználását némileg nehezíti, hogy a vezérléshez, adattovábbításhoz alkalmazott földi antennák irányítottak és automatikusan működve célkövetőek, ezért a használat előtt az optimális eredmény elérése érdekében a terepviszonyoknak és a körülményeknek megfelelő módon telepíteni kell azokat. Ennek az előkészítési feladatnak a szükségessége adott esetben lelassíthatja vagy szélsőséges esetben meg is hiúsíthatja a repülési feladat végrehajtását.

A felsorolt eszközök használhatóságának legszembetűnőbb korlátja a mikrohullámú rádiókapcsolat fizikai tulajdonságaiban rejlik. Annak érdekében, hogy a vezérléshez és adatforgalomhoz szükséges kétoldalú összeköttetés biztosítva legyen, folyamatos „rálátás” szükséges a földi irányító egység és a robotrepülő között. Ez csak nyílt, akadályoktól, tereptárgyaktól, fáktól, épületektől stb. mentes területen lehetséges, a terepviszonyoktól függően 10-20 km távolságon belül. Természetesen az UAV-k ennél nagyobb távolságokra is eltávolodhatnak a vezérlő ponttól, hiszen mindegyik eszköz fel van vértézve az összes repülési feladatot automatikusan vezérlő robotpilótával. A távirányítás vezérlő jelének elvesztése esetén vagy egy meghatározott küldetés tervei alapján az előre betáplált útvonal szerint hajtja végre a repülési feladatot a légijármű. Ez magába foglalja a repülési manővereket, az útvonalat, a visszatéréshez szükséges eljárásokat, a vészhelyzetek kivédését és a misszió alatt végrehajtandó feladatokat. Ebben az esetben természetesen nem beszélhetünk a valós idejű adattovábbításról, de minden esetben megoldott a fedélzeti adattárolás és a későbbi kiértékelés lehetősége. Éppen ezért kijelenthető, hogy olyan esetben, amikor a felderítési adatokra azonnal szükség van (pl. hadműveleti területen végzett felderítés, konvoj kísérés, határőrizeti tevékenység, stb.) a kis akciórádiusz miatt ezeknek a magyar drónoknak a bevetésük lehetősége igencsak korlátozott. Természetesen ez a hiányosság további fejlesztésekkel és jelentős anyagi ráfordítás után kiküszöbölhető. Ilyen fejlesztési elképzelések már rendelkezésre állnak és csak a megrendelő igényei (és persze anyagi lehetőségei) szabnak határt a megvalósításnak.

Mind a négy eszköz olyan sokrétű tulajdonságokkal rendelkezik, illetve a fejlesztő gárda annyira innovatív, hogy a potenciális ügyfél igényei szerint tudják módosítani, finomítani a felajánlott UAV képességeit, az esetleges szolgáltatás profilját.



### III. Kezelhetőség

Ahogy arról már szó volt, a vizsgált rendszerek magas fokú automatizáltsága mellett a vizsgált UAV-k repülése folyamán lehetőség van – és több esetben szükséges is – az emberi beavatkozásra. Ezen túl elengedhetetlen a szolgáltatott adatok, képek elemzése, feldolgozása, esetleg egyéb informatikai hálózatokon való továbbítása. Annak ellenére, hogy a rendszerben alkalmazott hardver és a szoftver világszínvonalú megoldásokat, csúcstechnológiás alkatrészeket, berendezéseket tartalmaz, a rendszerek bevetésekre való felkészítését, illetve alkalmazását viszonylag egyszerű eszközök felhasználásával kellett megvalósítani. A fejlesztők mindegyik esetben gondoltak a rendszer szakszerű szállítására, illetve a vezérlő, kezelő, adatfeldolgozási munkahelyek kialakítására. A szállító konténerek méretre gyártott, az adott eszközök tárolására, szállítására alkalmas „dobozok”, melyek a kitelepülést követően akár munkaasztalként vagy ülőalkalmatosságként is szolgálhatnak. A HM EI Zrt. és HM CURRUS fejlesztői ezen túlmenően olyan szállítóeszközt készítettek, ami a felszerelés kipakolása után, lakókocsi szerűen, magába foglalja vezérlőközpontot is. A repülőeszközök irányítása a rádióirányítású modellezők által jól ismert rádiós modellvezérlő (RC rádióadó) egység és igény szerint PC számítógép segítségével valósul meg. Az így kialakított munkaállomások egy virtuális pilótafülkét valósítanak meg. Ennek a „pilótafülkének” monitorjai egy repülő műszerfalához hasonló módon tartalmazzák a repüléshez szükséges adatokat, az aktuális térképet, a repülés útvonalát, a drón által „látott” képet és minden olyan paramétert, amely észlelésére felkészítették az UAV-t.



7. ábra BHE-MIK-NIK hordtáskája, valamint a HM EI Zrt. és HM CURRUS utánfutója.<sup>13</sup>

A BHE-MIK-NIK által kifejlesztett vezérlőközpont tulajdonképpen két kemény burkolatú, ipari kivitelű, árnyékoló lapokkal kiegészített hordtáskába helyezett laptop, míg a HM EI Zrt. és HM CURRUS gárdája az utánfutóban fixre szerelve hozta létre ugyan ezt. Mind a két megoldásnak van előnye és hátránya is egyaránt.

A vezérlő táska előnye a mobilitás, a könnyű telepíthetőség. Hátránya, hogy használata az időjárás viszontagságaitól, az erős napsütéstől függhet. Az utánfutóban létrehozott vezérlőközpont ezzel pont ellentétes, tehát nagy előnye, hogy az időjárástól független körülményeket biztosít a kezelő személyek számára, de a helyszínre vontatni kell, és egyenetlen vagy meredek terepen a telepítése nehézségekbe ütközhet.

<sup>13</sup> [7] és a Légierő blog: [http://legiero.blog.hu/2012/11/05/kirajzas\\_a\\_hamburgeres\\_standbol\\_magyar\\_uav-ok\\_felszalloban](http://legiero.blog.hu/2012/11/05/kirajzas_a_hamburgeres_standbol_magyar_uav-ok_felszalloban)



A repülőgépek a végrehajtandó funkciók ellátására maximálisan felkészített légi járművek, melyek üzembe helyezése nem okozhat gondot a kiképzett egyszerű felhasználó számára sem. Az eszközök összeszerelése könnyen elsajátítható csakúgy, mint a fedélzeti rendszerek bekapcsolása, működtetése. Az egyes megfigyelő, kutató, vizsgáló eszközök moduláris felépítésűek és a feladatokhoz viszonylag könnyen adoptálhatóak.

#### **IV. Humán feltételek**

A vizsgált UAV rendszerek kifejlesztésében alapvető szerepet vállalt és vállal ma is a hazai repülőmodellezés néhány ismert szereplője. Nem véletlen, hiszen a fejlett rádió-távírányítású, nagy teljesítményű repülőmodellek egy külső szemlélő számára nem mutatnak nagy különbséget az egyszerű UAV-hez viszonyítva. Irányításuk alapelve, és módja megegyezik a manuálisan vezérelt robotrepülőkével. Kézenfekvő volt, hogy a műszaki fejlesztések az olyan sokat tapasztalt és a modellirányításban fejlett adottságokkal bíró „pilóták” közreműködésével, kezdeményezésére indultak meg, akik szakmailag jól felkészültek és innovatív képességekkel is rendelkeznek, vagy a tudományos élet területén eredményeket értek el. A tapasztalt modellezők biztosítják, hogy a repülőeszközök sárkányának fejlesztése helyes irányba haladjon, és hogy a prototípusok műszaki berepülései folyamán minél nagyobb mértékben kiszűrhető legyen az irányítási hibákból adódó emberi tényező. Ezáltal csökken a géptörések száma és nő az adatok értékelhetősége.

A két fejlesztő csapat által létrehozott repülőeszközök irányítása csak arra kiképzett szakemberek által valósítható meg biztonságosan.

Ezeknek a személyeknek tisztában kell lenniük:

- a repülés fizikájával, általános alapelveivel;
- a repülésbiztonság szabályaival;
- a légtérhasználat szabályaival;
- az alkalmazott rendszer lehetőségeivel és korlátaival;
- készségszinten egy repülőmodell irányításával;
- az alkalmazott eszközök, berendezések működésével;
- az átvitel- és számítástechnikai alapismeretekkel;
- a légi járművek használatára vonatkozó jogi szabályozással.

Látható, hogy a négy hazai UAV üzemeltetésének, használatának humán feltételei között semmilyen különbséget nem lehet tenni, hiszen azok csak a felhasználási célokban és néhány műszaki paraméterben térnek el egymástól. A fejlesztő szervezetek személyi összetétele biztosítja a fenti követelményeket, elvárásokat. A szakembergárda felkészültsége mesze meghaladja az üzemeltetéshez szükséges szintet. Meg kell jegyezni azonban, hogy ha a jövőben ezek vagy az ehhez hasonló eszközök más szervezethez, üzemeltetőhöz kerülnek akkor a kiszolgáló humán erő elméleti és gyakorlati felkészítését szervezett módon, a fenti feltételeknek megfelelően, kötelező jelleggel el kell végezni.



## ÖSSZEGZÉS

A vizsgálatok egyértelműen megmutatták, hogy a magyar kutatócsoportok által fejlesztett UAV-k felnőtt korba léptek. A fejlesztő, gyártó szervezetek és személyek szellemi potenciálja, innovatív hozzáállása, szakmai színvonala és az alkalmazott technológiai megoldások biztosítják, hogy a magyar robotrepülőök felvegyék a versenyt külföldi társaikkal, azoknál sokkal elérhetőbb áron. Jelentős előnyt jelenthet a magyar felhasználók számára, hogy a sokoldalú platformok abszolút rugalmasságot biztosítanak a fejlesztőknek a megrendelők egyedi igényének figyelembevételéhez. Lehetőség mutatkozik, hogy a „vásárlók” és a fejlesztők közösen dolgozzák ki az igények és lehetőségek összehangolásával a számukra legalkalmasabb UAV-t. A két fejlesztőgárda, a négy pilóta nélküli repülővel eltérő felhasználó csoportokat és feladatokat célzott meg, és ebből eredően eltérő technikai megoldásokat alkalmaztak, de mindegyik kisrepülő teljesíti a magas műszaki elvárásokat. A tanulmányozott berendezések tulajdonságai műszaki paraméterei, használhatósága között kimutatható számos hasonlóság, de mindenképpen javasolt az egyedi feladatokhoz megfelelő egyedi légi jármű kiválasztása (pl. éjszakai alkalmazásokhoz automatikus leszállórendszer).

Minden UAV kezelőszemélyzete vonatkozásában ki kell emelni a megfelelő képzettség, gyakorlottság, szakmai felkészültség fontosságát. Ezen feltételek nélkül nem garantálható sem a körzetben tartózkodó személyek, sem az infrastruktúra, sem pedig a légi jármű biztonsága, illetve sérülésmentessége.

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

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] P. A. Межлумян: Аэромеханика и динамика полета летательных аппаратов, курс лекций, Часть IV, Устойчивость и управляемость летательных аппаратов, Министерство Гражданской Авиации СССР, Киев-1967., 23-66. old.
- [2] А. К. Янко, Н. А. Иванов, Т. Я. Купчик: Теория авиационных двигателей, Министерство Гражданской Авиации СССР, Киев 1977., 36-60. old.
- [3] Repülőmérnökök kézikönyve. Magyar Légiközlekedési Vállalat, Budapest, 1976., 19-58. old.
- [4] Hársfalvi Sándor: Repülőmodellezés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978., 103-108. old.
- [5] Molnár András Doktori (PhD) értekezés: A polgári és katonai robotjárművek fejlesztésében alkalmazott új eljárások és technikai megoldások (ZMNE Katonai Műszaki Doktori Iskola). Budapest, 2005.
- [6] Szerencsi Ágnes Doktori (PhD) értekezés: A mikrohullám hatása a *Sacharomyces Cerevisiae*-re („Precíziós Növénytermesztési Módszerek” Alkalmazott Növénytudományi Doktori Iskola), Mosonmagyaróvár, 2011.
- [7] Dr. Kazi Károly: Magyar fejlesztésű, teljesen automatizált UAV rendszer  
[http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012\\_cikkek/82\\_Kazi\\_Karoly.pdf](http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf) (2013. 02. 12.)