

Békési Bertold - Papp István - Szegedi Péter:

UAV-k légi és földi üzemeltetése

*Békési, Bertold - Papp, István - Szegedi, Péter:
Air and Ground Maintenance of Unmanned Aerial Vehicles*

Human error will pose a threat to the operation of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), just as it does in other fields of aviation. If UAVs are to be permitted to operate in the National Airspace System (NAS), it will be necessary to understand the human factors associated with these vehicles. The aim of this article is to give recommendations for the safe and efficient airport operations management methods, processes, and examines of the Unmanned Aerial Vehicles gained over the past use of air and ground experience.

Keywords: UAV, Ground Control Station, maintenance

ÖSSZEFOGLALÓ

Az emberi hiba veszélyezteti az UAV-k működését, csakúgy, mint a repülés más területein is. Abban az esetben, ha az UAV engedélyt kap, hogy műveletet (repülési feladatot) hajtson végre a Nemzeti Légtér rendszer (NAS) szabályainak megfelelően, akkor számolni kell az emberi tényezővel ezen légi járműveknél is. Az írásmű célja, hogy javaslatokat fogalmazzon meg az UAV-k biztonságos és hatékony repülőtéri üzemeltetést biztosító módszerekre, eljárásokra, valamint megvizsgálja az eddigi alkalmazás során szerzett légi- és földi tapasztalatokat.

Kulcsszavak: UAV, földi irányító állomás, üzemeltetés

BEVEZETÉS

Eltérően a hagyományos légi jármű-karbantartási folyamatoktól, a pilóta nélküli légi jármű karbantartó személyzetnek a rendszer egészét kell, hogy ismerjék, így a megbízhatóság az UAV teljes spektrumára ki kell, hogy terjedjen, úgy a földi állomásra, mint a kommunikációs be- rendezésekre is. Jelenleg nincsenek megjelent tanulmányok az UAV-k repülőtéri üzemeltetésével, karbantartásával kapcsolatban. A cikkben információkat gyűjtöttünk össze a kritikus

UAV karbantartási feladatokról, beleértve az egyedi UAV műveleteket, a létesítmények és a személyzet általi műszaki karbantartási munkákat. Négy csoportban vizsgáljuk az UAV-k üzemeltetését:

- hardver;
- szoftver/dokumentáció;
- személyzet;
- környezet [1].

A hardver csoportban szerepelnek a rendszerek gyakori szét- és összeszerelési munkái az alkatrészek meghibásodása és az azok kijavítására tett intézkedések és feladatok, amellyel lehetővé válik a karbantartó személyzet üzemeltetési hatékonysága. Ebben a csoportban kell megemlíteni még bizonyos hardver elemeket, amelyek karbantartása elengedhetetlen az UAV kifogástalan működéséhez.

A Szoftver/dokumentáció részben azok a számítógépes rendszerek szerepelnek, amelyek segítségével az üzemeltetéshez kapcsolódó karbantartás dokumentációkat lehet elvégezni.

Személyzeti ügyekben ismertetésre kerül a karbantartó személyzet számára előírt képzettségi követelményszint, valamint a pilóta nélküli repülőgépre történő befolyásoltságuk.

A környezeti kérdések közé tartozik az UAV-k szélsőséges üzemeltetési körülmények közötti műveletek tapasztalatai.

Az UAV rendszerek nagymértékben támaszkodnak a számítástechnika eszközeire, mint például a robotpilóta, rádió-navigációs rendszerek és berendezések. Emiatt a fejlett készség- és tudásszint követelmény is magas a pilóta nélküli repülőgép üzemeltető állományával szemben a repülés összes területén [1].

1.1 Repülőterek biztonságos üzemeltetése

A biztonság megteremtésével zavartalanná és veszélymentessé válnak a repülőtereken folyó üzemeltetési és egyéb kiszolgálási tevékenységek. Továbbá a biztonságos környezet lehetővé teszi a repülőterek magas fokú biztonsággal folytatott folyamatos működését.

A 2001. szeptember 11-ei terrortámadás szorozat után az Amerikai Egyesült Államok új korszakot nyitott a repülőterek biztonságának kérdéseiben, bevonva ebbe azokat a repülőtereket is, ahol kimondottan pilóta nélküli légi járművek üzemelnek.

A repülőtechnika biztonságos üzemeltetésének elemei:

- technológiai biztonsági rendszer;
- a technológiai biztonság (a repülőtéren lévő pilóta nélküli légi jármű biztonságos üzemeltetése, valamint a létesítmények fenntartása);
- a repülés biztonság (az UAV biztonsága, repülőműszaki biztonság, valamint légi irányítási követelmények).
- rendészeti biztonsági rendszer
- utas biztonság (be- és kiléptetés, csomagok ellenőrzése);
- tűz- és katasztrófavédelem.

1.2 Pilóta nélküli légi járművek kulcsfontosságú rendszerelemei

Az egyik legfontosabb különbség az UAV-k és a hagyományos repülőgépek között, hogy a pilóta nélküli légi jármű egy teljes rendszer része, amely a jármű mozgását és tevékenységét a földi irányító állomás (GCS) koordinálja. Ebben az esetben ismét meg kell említeni a kommunikációs adatkapcsolati és egyéb földi elemeket,

amelyek mindegyike egyedi karbantartási igény. Emellett az UAV törzse tartalmazza a meghajtó egységet, a repülési-ellenőrzési, valamint a villamosenergia-rendszert, és a hasznos terhet is, amelyek mindegyike, pontos előírások szerinti üzemeltetést kíván [1].

A GCS kritikus eleme az UAV rendszer, mert ez a műveleti központja az irányító és ellenőrző kapcsolatnak, és a légi jármű műveleteinek. A GCS továbbítja az útmutatást és hasznos parancsokat, és fogadja repülési állapot információkat (pl. GPS-helyzet, magasság, sebesség, irány), és a küldetés hasznos adatait (pl. video képek). Nagyobb UAV műveletekben a GCS védett, hogy elférjenek a munkaállomások, a kapcsolódó vezérlő és kijelző konzolok, a földi adatátviteli berendezések, a jelfeldolgozás alkatrészek és a környezetvédelmi berendezések (pl. fűtőtestek/légkondicionálók). [1]

Nagyon fontos üzemképességi szempont az UAV rendszerek között a fedélzeten található robotpilóta rendszer. Egyes robotpilóta rendszer képessége több minthogy a légi járművet a levegőben tartsa. „Látótávolságuk” rendkívül függ a GPS pontosságától. A robotpilóta mérete nagyban változhat a méret és képességek függvényében. Az egyik széles körben használt robotpilóta rendszert már kis-és mini UAV-ken is integrálták. Méretei: 12,19 x 6,1 x 3,81cm, tömege pedig 240 gramm [1].

Az UAV rendszerek másik kritikus eleme az adatkapcsolat, a kétirányú kommunikáció a repülőgép és a földi irányító állomás között. A földi adatokat fogadó állomás lehetővé teszi a „vonallátás”, vagy a műholdas kommunikációs kapcsolatokat a GCS és az UAV között. Az adatfogadó állomások a földi irányító állomáshoz közel találhatóak. Ebben az esetben vezeték nélküli adattovábbítás zajlik a két állomás között. Abban az esetben, ha az adatok fogadására létesített állomás a GCS-től távolabb helyezkedik el, a szál-optikai kábelek előnyösebbek.

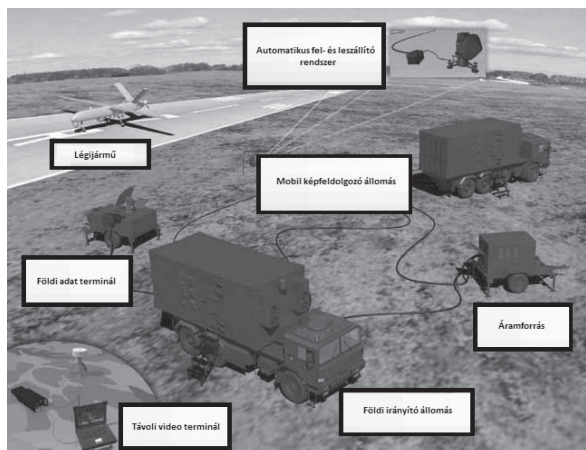
Ez a kapcsolat biztosítja az adatok pontos, megadott impulzus szerinti továbbítását az UAV fedélzeti kommunikációs vevőberendezésére és így módosul például a repülési pálya. Az EMI kockázatok, és a digitális jelek szándé-

kos zavarás rendkívül fontos kérdés. Az 1. ábrán egy, a földi üzemeltető rendszer elemeit láthatjuk

1.3 Az emberi tényező a pilóta nélküli légi járművek műveleteiben

A légi közlekedés fejlődése, valamint az emberi tényező, jelentős kihívásokat generál a pilóta nélküli légi járművek biztonságos és megbízható üzemeltetéséhez. Bár a UAV-k fedélzetén nincsenek pilóták, az üzemeltetési tapasztalat azt mutatja, hogy az emberi hiba veszélyt jelent a pilóta nélküli műveletekben. A jövőben az operátort fel fogja váltani egy teljesen önálló repülési rendszer. Ennek ellenére továbbra is az a kérdés, hogy az UAV-kon, az ember által végrehajtott feladatok lesznek a kritikus elemei a pilóta nélküli légi járművek karbantartásának (ez alatt értjük, pl. a repülés

1. ábra: Tipikus UAV irányító állomás



Forrás: Szerkesztette Papp István (MS Paint) a [20] irodalom alapján

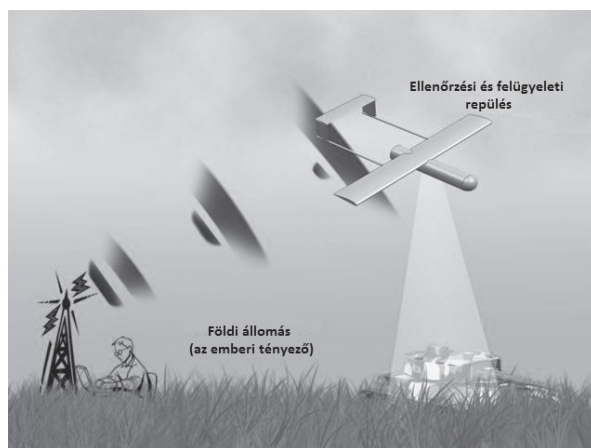
előtti előkészítéseket, a repülés utáni értékeléseket, stb.) [1].

A Védelmi Tudományos Tanács (DSB) kimutatása szerint az UAV balesetek száma magasabb, mint a személyzettel ellátott légi járművéké. A pilóta nélküli katonai megfigyelő repülőgépek meghibásodása tízszerese a normál légi jármű eseményekhez képest. Hozzáteszem, a veszteség részben az UAV műveletek veszélyességéből is adódik, másrészt kevesebb való idejű információfeldolgozási lehetőség van a pilóta nélküli légi jármű operátorának irányítása alatt.

Megvizsgáltuk az UAV balesetek százalékos megoszlását, amely a következők szerint alakul:

- 2-17%-a baleseteknek attól függően, hogy milyen típusú az UAV (pl. elektromechanikai meghibásodás);
- 32%-a a baleseteknek emberi hiba;

2. ábra: Az emberi tényező vizsgálata



Forrás: Szerkesztette Papp István (MS Paint) az [13] irodalom alapján

- 45% egyéb (anyagi okok, automatizálási, vezérlési és „illesztési” meghibásodások).

Jelenleg az UAV-k rendszer megbízhatósága egyre nagyobb veszélyt jelent, szemben a hagyományos repülőgépekkel, ez növeli a kritikus karbantartási műveletek számát.

1.4 Emberi tényező az uav-k üzemeltetése során

A karbantartás az egyik legkritikusabb és legidőigényesebb tevékenység a repülésben. A légiközlekedési ágazatban, a becslések szerint minden egyes repült órára 12 üzemeltetési munkaórát kell fordítani. A karbantartás definícióját a következőképp fogalmazzuk meg: minden olyan tevékenység, amelyet repülés előtt, közben, valamint után a földön végeznek azért, hogy biztosítsák a légijármű sikeres és biztonságos üzemeltetését. Ez egy tág meghatározás, amely teret ad a karbantartási munkák széles spektrumának, értem ez alatt a szerelési munkákat, üzemanyagöltést, felszállás előtti ellenőrzést, javításokat és szoftverfrissítéseket egyaránt [1].

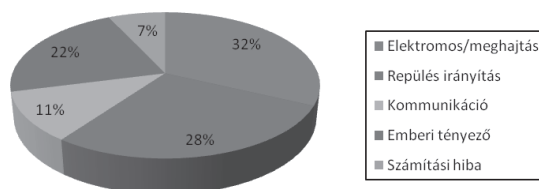
Karbantartási munkák közé sorolható minden olyan munka, ami helyesbítő és megelőző jellegű. A javító karbantartás magában foglalja a rendszerek javítását vagy cseréjét, amelyek lehetnek kopások vagy sérülések. Sok esetben a javító karbantartás nem rutin jellegű munka (például egy „kemény” leszállást követően az egyes rendszerlemek meghibásodása). Szintén a nem rutinszerű feladatok közé tartozik a hibakeresés, a problémamegoldás és a speciális ismereteket kívánó rendszerek üzemeltetése. Megelőző karbantartási feladatokról akkor beszélünk,

mielőtt a probléma felmerül, és lehet, hogy olyan feladatokat kell végrehajtani, mint például a kenés vagy az egyes (előre meghatározott időközönkénti) alkatrészek cseréje. A megelőző karbantartási feladatok általában rutin jellegűek, és általában készségi szintű ismeretek kíván, ellentétben a javító karbantartási feladatokkal [13].

A megelőző karbantartással a rendszer zavarokat minimálisra lehet csökkenteni, azáltal hogy az alkatrészeket a leírtak szerint, az utasításoknak megfelelően üzemeltetjük, esetleg cseréljük. Számos iparágban a hiányos karbantartás elismerten az egyik leggyakoribb oka a rendszer meghibásodásoknak, amely emberi mulasztásra vezethető vissza [13].

Becslések szerint mintegy 15%-kal nagyobb a nagyobb légitársaságok baleseteinek száma a hiányos karbantartási és ellenőrzési munkák elmulasztása miatt, bár ez a százalékos megoszlás úgy tűnik egyre nagyobb. Nagy valószínűséggel kijelenthetjük, hogy az emberi tényező különösen fontos részét képezi az UAV karbantartási és üzemeltetési műveletekben [22]. A 3. ábrán egy pilóta nélküli repülőgép 100 000 repült órára eső meghibásodásait szemléltetett százalékos megoszlásban [23].

3. ábra: Az IAI UAV-k átlagos meghibásodási okai százalékban



Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Excel) a [23] irodalom adatai alapján

2. UAV-K MEGBÍZHATÓSÁGI EREDMÉNYEI

Az amerikai hadsereg UAV flottája (Pioneer, Hunter, Predator, Global Hawk, és mások) elérte a 100 000 repült órát 2002-ben. 2004-ben ez a szám már 150 000 órára nőtt. Ez a számszerű tapasztalat nyújtotta a rendszer megbízhatóságát.

A repülőtechnika működése és a repülések biztonsága függ a megbízhatóságtól. A megbízhatóság tervezéséhez, elemzéséhez, optimalizálásához elengedhetetlenül szükségesek a megbízhatóság-elméleti alapismeretek.

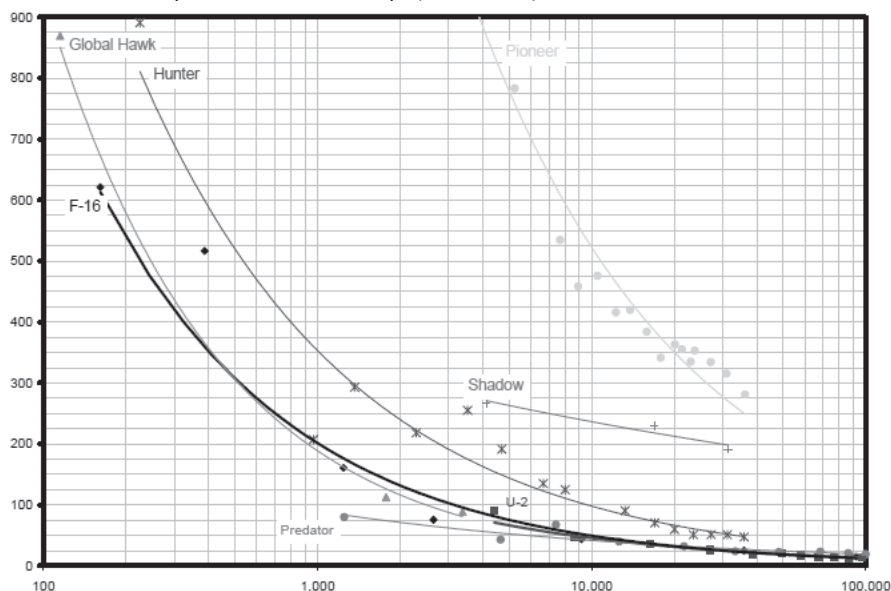
A megbízhatóság-elmélet az a komplex tudományág, amely a meghibásodási folyamatok törvényszerűségeivel, a megbízhatóság számszerű jellemzőinek, mutatóinak a meghatározásával, a megbízhatóság növelésének lehetőségeivel foglalkozik.

Kezdetben a műszaki megbízhatóság fogalmát a hibamentes működés valószínűségével

Hunter és a Pioneer UAV-ra az 1986-2003-as időszakra vonatkozóan. Az „A osztályú” balesetek, azon repülőgép balesetek (tengerészeti szóhasználatban „csapás”), amely az emberi élet vagy több mint 1 000 000 dollár értékű repülőgép elvesztését eredményezi. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a baleset arány („A osztályú” balesetek esetén 100 000 repült órára) 20 a Predator-ra, 47 a Hunter-re (24 a nagyobb megbízhatóság miatt az 1996 után gyártottak esetén), 88 a Global Hawk-ra, a Pioneer-re 281 és 191 Shadow-ra (lásd 1. táblázat).

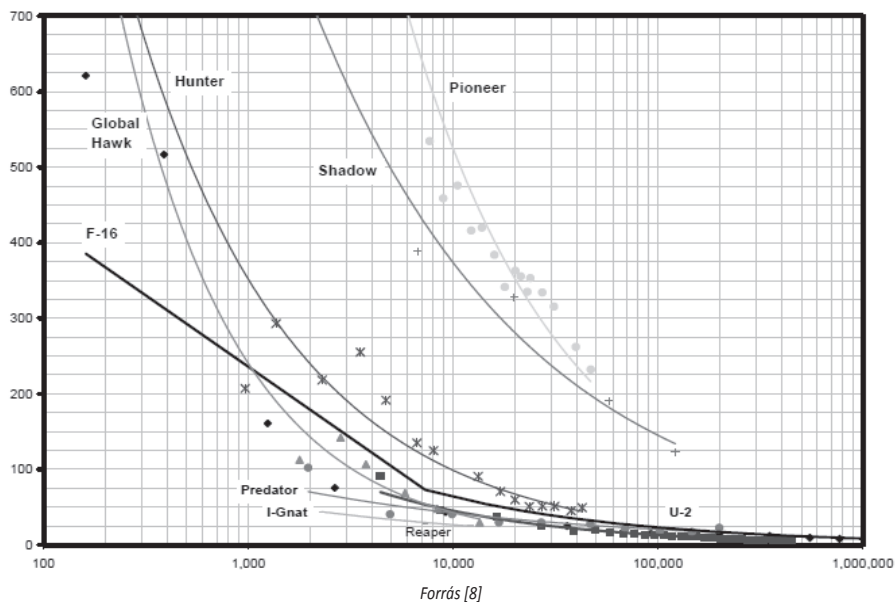
Összehasonlításképpen két repülőgépezető által vezetett típusra (U-2 és F-16) az arány 6,8 és 4,1 100 000 repült órára. A nem-katonai repülőgépekkel összehasonlítva ez az arány 1 az „A-osztályú” balesetek 100 000 repült órájára, ugyanakkor a regionális/elővárosi utasszállítókra mintegy tizede ez az arány, és a nagyobb utasszállító repülőgépekre pedig körülbelül en-

4. ábra: Amerikai katonai repülőgépek és az „A osztályú” UAV-k baleseti aránya (élettartama), 1986-2004 közötti időszakra



Forrás: [23]

5. ábra: Amerikai katonai repülőgépek és az „A osztályú” UAV-k baleseti aránya (élettartama), 1986-2006 közötti időszakra



1. táblázat Az UAV-k megbízhatósági eredményei

		MTBF ¹ (óra)	Rendelke- zésre állás	Megbíz- hatóság	Baleseti arányok 100 000 repült órára (sorozat)	Baleseti arányok 100 000 repült órára (model)
MQ-1A/ Predator	követelmény	n/a ²	n/a	n/a	n/a	20
	aktuális	32,0	40%	74%	43	
MQ-1B/ Predator	követelmény	40	80%	70%	n/a	281
	aktuális	55,1	93%	89%	17	
RQ-2A/ Pioneer	követelmény	25	93%	84%	n/a	47
	aktuális	9,1	74%	80%	363	
RQ-2B/ Pioneer	követelmény	25	93%	84%	n/a	191
	aktuális	28,6	78%	95%	179	
RQ-5A/Hunter (1996 előtti)	követelmény	10	85%	74%	n/a	47
	aktuális	n/a	n/a	n/a	255	
RQ-5A/Hunter (1996 utáni)	követelmény	10	85%	74%	n/a	191
	aktuális	21,2	99%	97%	24	
RQ-7/Shadow	aktuális	n/a	85%	98,8%	191	191

Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) a [23] irodalom alapján

Az 1. táblázat összefoglalja a katonai UAV-k megbízhatóságának mérőszámait. A zöld és a piros sávok jelentik azokat az eseteket, amelyekben a tényleges érték megfelel, vagy nem éri el a követelményeket, ill. abban az esetben, ha a baleset mértéke 100 000 repült órára vonatkozik. Ezen kívül, a követelmények nem állnak rendelkezésre a RQ-1A/Predator fejlesztési megkötései miatt, és a Global Hawk esetében sem. A 2. táblázat bemutatja az UAV-k meghibásodási módjait [23].

Predator képzése során, valamint a fejlesztések tudatos beépítése a szituációs helyzetekbe.

- A MQ-1/Predator és RQ-2/Pioneer elektromos/meghajtás hibáinak tendenciái nagyon hasonlóak. Ez az érték a 20-30%-os tartományban van (23 és 29 százalék) a korai, A-modellek esetében. Ugyanez az érték a későbbi B-modellek esetén a duplája 50%-os tartományban (53 illetve 51%).
- A MQ-1/Predator és RQ-2/Pioneer repü-

2. táblázat: Az UAV-k meghibásodási módjai

	Elektromos/ meghajtás	Repülés irányítás	Kommunikáció	Emberi tényező	Számítási Hiba
MQ-1A/Predator	23%	39%	11%	16%	11%
MQ-1B/Predator	53%	23%	10%	2%	12%
RQ-2A/Pioneer	29%	29%	19%	18%	5%
RQ-2B/Pioneer	51%	15%	13%	19%	2%
RQ-5A/Hunter*	38%	5%	31%	7%	19%
RQ-7/Shadow	38%	0%	0%	38%	24%

*A Hunterek leállításának többsége (58 %) az időjárás miatt volt.

Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) a [23] irodalom alapján

Az Izraeli védelmi erők is felhalmoztak több mint 100 000 órányi repülési tapasztalatot a pilóta nélküli légi járművek terén (6. ábra). A gyártó a legtöbb esetben az izraeli Repülőgépgép Vállalat (IAI), amely dokumentálta az elmúlt 25 évben ezt a tapasztalatot és ajánlásokat tett a javításra, megbízhatóságra, az elemzések alapján. A jelenlegi amerikai UAV rendszereket mind a Pioneert és a Huntert eredetileg a IAI tervezte, és a Shadow alakult ki a Pioneer formatervezése alapján.

A 2. táblázat adataiból számos figyelemre méltó tendencia látható:

- Az emberi tényező miatti hiba vagy a Földi kiszolgálással kapcsolatos kérdések lényegesen alacsonyabbak az MQ-1B Predatornál. Ennek magyarázata lehet a szimulátorok széleskörű egyre növekvő használata a

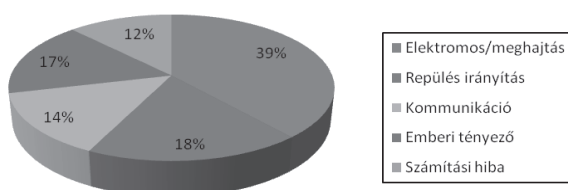
lésirányítási hibáinak tendenciái is nagyon hasonlóak. Az A-modelltől a B-modell felé haladva ez az érték közel a felére csökkent (39 %-ról 23%-ra és 29%-ról 15%-ra). Ez a repülőgépgép aerodinamikai jellemzőinek és a repülések irányításának mélyebb szintű megismerésének, valamint az önként vállalt repülésre vonatkozó korlátozások bizonyos üzemi körülmények közötti megértésének tulajdonítható.

Annak ellenére, hogy észrevehetőek a változások a meghibásodási módok között - a kezdetitől az újabb repülőgépgép modell felé - a megbízhatósági trendek az UAV-ra továbbra is pozitív képet mutat. Ez arra utal, hogy a rendszer hiányosságait a tervezők és az üzemeltetők tudatosan és figyelemmel kísérik [23].

A 6. ábra mind az öt alrendszernek (a 2. táblázat adataiból) a meghibásodási módok átlagos értékeiket mutatja be százalékos megosztásban.

végzett, amelynek során egy kijelölt útvonalon haladva bejárta a repülőteret 152 méteres magasságban.

6. ábra UAV-k átlagos meghibásodási okai százalékban



Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Excel) a 2. táblázat adatai alapján

A tervek szerint a helikopter éles tesztjei még 2014-ben befejeződnek, ezt követően pedig az amerikai haditengerészet rombolói nagy számban alkalmazzák majd a pilóta nélkül közlekedő helikoptert. A Fire Scout a fedélzetére szerelt kamera képét valós időben továbbítja a távolban, a földön tartózkodó emberi pilótáknak.

Automatikus repülési képességeinek köszönhetően a gép az előzetesen tervezettől eltérő helyeken is képes landolni.

3. FORGÓSZÁRNYAS MQ-8B „FIRE SCOUT”

A függőleges fel és leszállásra képes forgószárnyas UAV az MQ-8B „Fire Scout” repült óráinak száma Afganisztánban elérte az 5084-et. Az UAV ezen repülései felderítési és megfigyelési célokat szolgálnak az adott katonai egységek vezetői (parancsnokai) számára az információk (adatok) valós idejű adatátvitelével [15].

Az MQ-8B-t 2011-ben telepítették Afganisztánba a házilag gyártott robbanószerkezetek elleni küzdelem valós idejű felderítésére és célbefogására.

Jelenleg a „Northrop Grumman”, amely a „Fire Scout” fő vállalkozója az Amerikai Haditengerészettől (US Navy) megrendelést kapott az első 8 db - összességében 30 db - modernizált MQ-8C megépítésére [15].

A Northrop Grumman cég által fejlesztett MQ-8C Fire Scout (11. ábra) robotrepülőgép október utolsó napján, helyi idő szerint délben emelkedett először a magasba. A tesztrepülést a kaliforniai Point Mugu légi bázison hajtották végre. Első útja során hét percet töltött a levegőben a biztonsági okokból elkülönített légtérben, hogy a légi jármű automatikus repülési funkcióinak működését megvizsgálhassák. Még aznap délután a gép egy újabb tesztrepülést

végzett, amelynek során egy kijelölt útvonalon haladva bejárta a repülőteret 152 méteres magasságban.

Az MQ-8C Fire Scout egyetlen tankolással kétszer annyi időt – akár tizenkét órát – tud a levegőben tölteni, mint az MQ-8B nevű, kisebb testű elődje: a nagyobb méretnek köszönhetően ugyanis a helikopter több üzemanyagot tud szállítani. A helikopter új generációját nagyobb teljesítményű hajtóművel szerelik fel, amellyel akár csaknem 1200 kilogrammnyi terhet tud szállítani, így akár nagyobb rakétákkal is felszerelhető [6].

A gyár a legmodernebb berendezésekkel és biztonsági rendszerekkel van szerelve. A műhelyekben automatikus tűzoltó rendszert alkalmaznak, a tűz kialakulásának legkisebb gyanúja esetén.

Figyelembe véve a 6 db Fire Scout repülési tesztjeit és üzemeltetését az amerikai haditengerészet hadihajóin, a forgószárnyas UAV-k teljes repülési időtartama ezen típusra elérte a 10 000 repült órát.

Jelenleg az amerikai haditengerészet 28 db MQ-8B-vel rendelkezik, amelyeket 2011 május óta alkalmaznak Afganisztánban. Ezen eszközöket Líbiában és Afrikában is használták, ahol az amerikai AFRICOM fegyveres erők Afrikai Parancsnokságának operatív ellenőrzése alatt

áltak. Az UAV-k felderítési, megfigyelési és információgyűjtési feladatokat hajtottak végre, amelyek során a teljes napi repülési időtartam néha elérte a 17 órát. Az összes MQ-8B teljes repülési időtartama 2013 márciusának végéig meghaladta a 8000 órát [15].

4. REPÜLŐTÉRI ÜZEMELTETÉSI STRATÉGIÁK

Ezt a fejezetet két részre osztottuk, ahol a következőket vizsgáljuk meg:

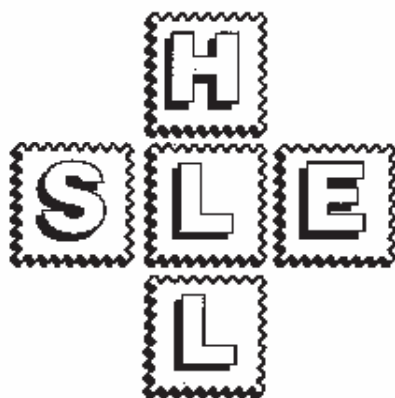
- Az UAV és a hagyományos repülőgép üzemeltetése közötti különbségek;
- Technikai képzés és képzési követelmények.

4.1 Az UAV és a hagyományos repülőgép üzemeltetése közötti különbségek

A 7. ábrán a „SHEL” modell illusztrációját láthatjuk. A modell az ICAO által elfogadott és az emberi tényező elemzésével, hatásaival foglalkozik a repülésre valamint az üzemeltetésre vonatkozóan [17].

A Shel modell az emberi tényezőket négy nagy területre osztja. Ezek a területek a következők:

7. ábra Az emberi tényezők SHEL modellje



Forrás [17]

- szoftver;
- hardver;
- környezetvédelem;
- liveware.

A liveware / szoftver interfész jelenti a kölcsönhatást emberek között (vagy liveware) és lágy szempontból a feladatot, mint az eljárások, dokumentáció, számítógépes szoftver és kézikönyvek. A „Szoftver” kifejezés alatt a „Shel” modell nem csak a számítógépes szoftverre korlátozódik, hanem olyan általános feladatokat, mint pl. az információ menedzsment. A modell második eleme az emberek és a hardver közötti összefüggéseket vizsgálja, mint például a szerszámok, eszközök és az UAV-k fizikai szerkezetét/felépítését. A harmadik elem a személyes kapcsolatot elemzi, és olyan kérdéseket taglal, mint a kommunikációt, a csapatmunka, a tudás és a készségek. Ebben a jelentésben a „személyzet” kifejezés helyett inkább a „liveware”-t használjuk. Az utolsó elem az ember és a környezet közötti kapcsolatot elemzi, mint például a világítás és a szélsőséges időjárási jelenségek [1].

4.1.1 Szoftver/Dokumentáció

4.1.1.1 Rendelkezésre álló repülési adatok

Sok esetben, a földi irányító állomás széleskörű információkat rögzít, mint például a repülés történetét és a motor teljesítményét. Ezt az információt fel lehet használni, a rendszer nyomon követésére és rendellenes körülmények meghatározására. Ez az információ lehetővé teszi, hogy egy átfogó repülés utáni felülvizsgálatot készítsünk, amely jelentős hatással lehet a karbantartási folyamatra. A karbantartó személyzet kiszolgálása, a kényelmi eszközök, mint a számítógép-használat az archivált adatok feldolgozására/helyreállítására, egyértelműen fontos követelmény.

4.1.1.2 Az üzemeltetési dokumentáció (munkanapló) hiánya

Több operátor üzemeltetési jelentését elolvastva azt állapíthatjuk meg, hogy az UAV-k kiszolgálási útmutatója, karbantartási kézikönyveik és az üzemeltetési ellenőrző listák elengedhetetlen kellei az eredményes munka végrehajtásának. Ennek eredményeként az operátorok kidolgozták a saját karbantartási és dokumentációs eljárásukat. Egyéb UAV-k operátorai/üzemeltetői jelezték, hogy az ő általuk átvett UAV-k nem rendelkeztek műszaki információkkal, mint pl. kapcsolási rajzok, amelyek hiánya megnehezíti a problémák elhárítását vagy az elektromos rendszerek javítását.

4.1.1.3 Gyenge színvonalú üzemeltetési dokumentáció

Azokban az esetekben, amikor az UAV-t karbantartási dokumentációval szállították, a karbantartó személyzet néha elégedetlen volt a dokumentációk minőségével. Például az UAV karbantartási dokumentumai ritkán felelnek meg az ATA (ATA – Air Transport Association – Légi Szállítási Egyesület) rendszerének. A meghibásodások (értem ez alatt a visszatérő hibákat is) minimalizálása érdekében az egyik leggyakoribb javaslat az volt, hogy az UAV-ken végzett minden feladatot dokumentálni kell és megőrizni azokat.

4.1.1.4 A jelentési rendszer kiforrottságának hiánya

A pilóta nélküli légi közlekedés korai szakaszában a fejlődés és a biztonsági kérdéseket érintő iparág még nem volt egyértelműen azonosítható. Az események jelentési rendszereinek „fokozatossága” még nem épült ki, mint például a NASA (NASA - National Aeronautics and Space Administration - Nemzeti Légügyi és Űrhajózási

Igazgatóság) repülésbiztonsági jelentési rendszer (ASRS - Aviation Safety Reporting System – Repülésbiztonsági Jelentési Rendszer) és a repülésbiztonsági cselekvési program (ASAP - Aviation Safety Action Program – Repülésbiztonsági Cselekvési/Akció Program). A gyártók és az FAA (Federal Aviation Administration – Szövetségi Légügyi Hivatal) a következőkre hívták fel a figyelmet a jelentési rendszer precíz tételére:

- karbantartási jelentési programok tervezése;
- gyártó-specifikus jelentési rendszerek kidolgozása;
- alkatrészek, karbantartási eljárások és dokumentációk rendszerezése.

4.1.1.5 Számítógépes szoftverismeret szükségessége

A megkérdezetteknek 30%-a a szoftver karbantartást említette meg először, emberi tényezőként. Az üzemeltető állomány feladatai közé tartozik, hogy frissíteni kell a légi jármű robotpilóta rendszerét, ellenőrizni a működőképességét, és világosan dokumentálni a szoftver működtetését/üzemképességét. Rendkívül fontos, hogy a légi jármű fedélzetére installált szoftver mindig naprakész legyen, valamint legyen kompatibilis a földi irányító állomás rendszerével. Több interjúalany említette, hogy nem kapott képzést a UAV-k számítógépes szoftverkezelésére [1].

4.1.2 Hardver

4.1.2.1 Teljes rendszer megközelítés

A hagyományos repülésben, az AMT (Aviation Maintenance Technician – Légi jármű karbantartó (üzemeltető, mechanikus) a repülőgép üzemképességéért felelős. Az UAV műveleteknél a technikus a teljes rendszer megbízható működéséért felel, amely nem csak a pilóta

nélküli légi járműre vonatkozik, hanem földi támogató berendezésekre is. Földi rendszer-elemek lehetnek pl. indítási rendszer földi állomáson, átviteli berendezések és bizonyos esetekben, leszálló rendszerek. Az UAV-k széles körű karbantartása kihatással van a kiszolgáló személyzet készségének és tudásának a fenntartására.

4.1.2.2 Számítógép hardver széles körű alkalmazása

Gyakorlatilag az összes UAV irányítható hordozható számítógépen futtatható repülés vezérlő szoftverrel, amely figyelemmel kíséri a pilóta nélküli légi jármű haladását, a repülést, és adatokat gyűjt a repülőgép térbeli mozgásáról, valamint tárolja azokat. Repülőtéri üzemeltetés során, a laptop elhelyezhető akár egy épületben, vagy az arra kijelölt szállító járműben. A számítógép meghibásodás (amely lehet vírus vagy akár egy lemerült akkumulátor is) veszélyeztetheti a sikeres repülést. Megállapítható, hogy a számítógép működése légi alkalmassági kérdés. Meghibásodás esetén egy készletléti (második) laptopnak is rendelkezésre kell állnia [21].

4.1.2.3 Csomagolás és szállítás

A pilóta nélküli légi járművek szállítása egyik repülőtérrel a másikra, vagy műveleti területről való kivonása a katonák feladata. Kis méretű UAV-k esetében ez a feladat gyorsan és egyszerűen történik, viszont a nagy méretű pilóta nélküli légi járművek esetében a feladat bonyolultabb és időigényesebb [5].

4.1.2.4 Összeszerelés

Kis-és közepes méretű UAV-k esetében a szállítást és a tárolást szétszerelt állapotban hajtják végre, ellenben a hagyományos repülőgépek-

kel, a gyárban összeszerelnek, majd nagyjából egész hátralévő élettartamukat ebben az (összeszerelt) állapotban „töltik el”. Az ismételt szét- és összeszerelés a pilóta nélküli légi jármű rendszerek üzemképességében egyes emberi teljesítménnyel kapcsolatos sebezhetőségeket eredményeznek. Különös aggodalomra ad okot a dugaszos csatlakozók, az elektromos rendszerek gyakori be-és kikapcsolása, ami növeli a meghibásodás valószínűségét. A repülőtéri üzemeltetés során az emberi teljesítménytényezők alakulására nagy hatással vannak a következők:

- az idő rövidege;
- a rossz világítás;
- vagy a fáradtság [1].

8. ábra UAV számítógépes hardver rendszer



Forrás: [21]

4.1.2.5 A kommunikációs rendszer üzemképességének fenntarthatósága

Hagyományos személyzettel ellátott légi járművek a kommunikáció elvesztése ellenére is végre tudják hajtani feladataikat. Bár a személyzettel ellátott légi járművek működhetnek LOL (Loss Of Link – Kommunikációs kapcsolat elvesztése) esetén, a kommunikáció elvesztése egy UAV esetében viszont veszteséget okozhat. Ezért a folyamatos adatkapcsolat fenntartása a földi irányító állomás és a légi jármű között-

ti kritikus légialkalmassági kérdés. Az UAV-kat be lehet programozni, hogy LOL esetén térjen vissza az utolsó pontra, ahol a kommunikáció még fennállt vagy térjen vissza a repülőtérré illetve (szélsőséges esetben) szüntesse meg a repülést.

4.1.2.6 Az akkumulátorok karbantartási követelményei

Az elektronikai iparban, az utóbbi években jelentős fejlesztések születtek az akkumulátorral hajtott pilóta nélküli légi járművek kapcsán. Az elektromos meghajtású UAV-k üzemideje jelentősen kitolódott (akár több óra is lehet). Az ilyen energiaforrással működtetett légi járművek „üzemanyag-ellátó” rendszerének ellenőrzése ugyanolyan fontos, mint a benzinmotoros UAV-ké. Az akkumulátor állapotának megfigyelésére különös figyelmet kell fordítani, ehhez az irányító állomáson elhelyezett számítógép nyújt segítséget, valamint különböző mérőberendezések segítségével történik az üzemképesség fenntartása [4].

Repülőtéren üzemeltetés során az akkumulátor töltés/kisütés ciklusok elvégzésére gondos figyelmet kell fordítani. Egyes elemek, különösen a lítium-polimer akkumulátorok, veszélyesek lehetnek, ha a megfelelő előírásokat nem követik [4].

Ezek az energiaforrások tüzet foghatnak, ha rövidre zárjuk, vagy víz éri azokat. Abban az esetben is veszélyesek lehetnek, ha megsérülnek, felpúposodnak. Ekkor nagyon heves lánggal és magas hőfokon (több száz °C) égnek.

Az UAV akkumulátorok légi szállítása különösen veszélyes lehet. 1999-ben a Los Ange-

les-i repülőtéren, egy raklapnyi nem újratölthető lítium akkumulátor gyulladt ki röviddel azután, hogy kiemelték a repülőgépből. 2004-ben pedig egy csomag újratölthető lítium-ion akkumulátor fogott tüzet a teherszállító repülőgép fedélzetre berakodást követően.

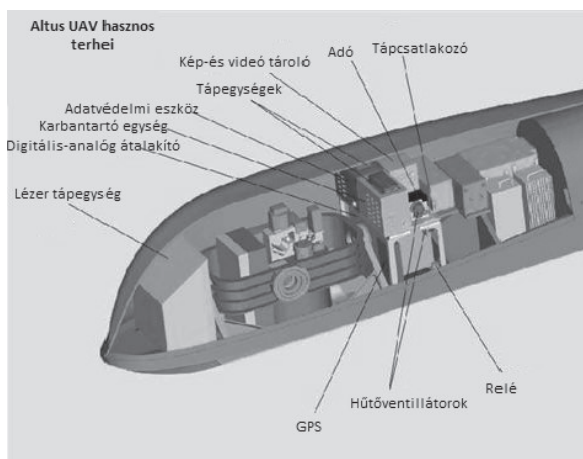
4.1.2.7 Kompozit anyagok

A pilóta nélküli légi járművek esetén széles körben használják a kompozit anyagokat. Ezen anyagok javítása speciális szakértelmet és berendezéseket igényel, valamint figyelmet, mivel veszélyes anyagról van szó. A kompozit szerkezetek meghibásodási módjai eltérnek a hagyományos fémszerkezetektől. Az UAV-k sárkányszerkezetének ellenőrzése különösen nehéz a kis méret és a hozzáférés nehézségei miatt.

4.1.2.8 A hasznos teher és a repülőgép közötti különbség

A hagyományos repülőgépeket leginkább utasok vagy teher szállítására alkalmazzák. Az UAV-k általában különféle érzékelő elemekkel „töltik meg”, amelyeket hasznos teherként értel-

9. ábra Az „Altus” UAV hasznos terhei



mezünk. A pilóta nélküli légi járműbe integrálni kell különböző tápegységeket és olyan adatátvitelre képes eszközöket, amelyek a repülés során is képesek a hibátlan működésre [19].

A hasznos terhelés növeli az esélyét annak, hogy elektromágneses (EMF- electromagnetic field – elektromágneses mező) interferencia alakuljon ki a légi jármű rendszerei között, amely (az üzemeltető állomány elmondása szerint) viszonylag gyakori probléma az UAV repülése közben [19].

4.1.2.9 Az UAV és a kapcsolódó hardver mentése

Az UAV-k repülőtéri üzemeltetése közben gyakran tapasztalnak olyan károkat, mint:

- kemény leszállások a betonra;
- vízzel érintkezés;
- leszállás fák közé.

A pilóta nélküli repülőgéprendszerek is általában, mint a hagyományos repülőgép, kevésbé vízállóak, így a vízkár esélye a belső alkatrészekre nagy veszélyt jelent. Egy előnyük viszont van a hagyományos repülőgépekkel szemben, az, hogy nincs a fedélzetén pilóta, így viszont az UAV-k nagyobb kockázatnak vannak kitéve. Ilyen esetekben az UAV karbantartó személyzetnek szükséges, hogy minél gyorsabban mentsék az alkatrészeket. A sérült repülőgép üzemképessé tétele kritikus feladat a karbantartó személyzet számára.

A pilóta nélküli repülőgépek szerkezetét úgy tervezik, hogy minél masszívabbak legyenek, és minél olcsóbb legyen a sérült alkatrészeket megjavítani. Hozzáteszem, ezt nem minden esetben sikerül kivitelezni.

4.1.2.10 Az UAV-k gyártója által elvégzendő javítási munkák

Számos moduláris alkatrészt (berendezést) figyelembe véve az UAV-ken lehetővé válik, hogy a sérült elektronika vagy sárkány szerkezeti

elemeket visszaküldjék a gyártónak javításra. A tendencia azt mutatja, hogy a repülőtéri karbantartási munkákat kisebb arányban végezték az üzemeltetők és a nagyobb javítási munkákat általában visszaküldték a gyártónak. Egyes gyártók azonban elutasítják az UAV tulajdonosok ezen jellegű karbantartási igényeiket, hasonlóan a fogyasztói elektronikai termékiparhoz.

Ennek kiküszöbölése érdekében a gyártók és a felhasználók (karbantartó állomány) közös megegyezésre jutottak, amely alapján jövőben néhány pilóta nélküli légi jármű alkatrészén megjelenítik a "Figyelem, felhasználó által nem javítható alkatrészek" című feliratot [2].

A gyakoriság nagy mértékben meghatározza az adott egyén üzemeltetési feladat végrehajtásának gyorsaságát és pontosságát. Egy kimutató alapján [10] az UAV-k karbantartási feladatait a kiszolgáló személyzet és a speciális gyári személyzet kifogástalanul végzi, elérve ezzel a minőségi üzembentartást [2].

4.1.2.11 Meghibásodási módok

A gyártók az UAV-k egyes alkatrészeinek meghibásodására (elektronikai elemek hibaszázalékára valamint várható élettartamára) általában nem szolgáltatnak adatokat. Ebben az esetben a hibajavítás teljes berendezéscserével történik, ami gazdasági szempontból nem a legjobb [18].

A pilóta nélküli légi járművek hajtómű alkatrészeinek meghibásodása elég gyakori, emellett, az analóg szervók (20%) és az elektronikus fordulatszám szabályzók (30%) hibaszázalékai is magasak. Ezen jellegű munkákra külön karbantartási programot kell kifejleszteni [10].

4.1.2.12 Moduláris felépítés

A moduláris felépítés lehetővé teszi, hogy számos pilóta nélküli légi jármű főbb alkatrészeit, mint például a hajtóművek és a szárnyak, egyszerűen el lehessen távolítani, ha üzemeltetési

munkáról van szó, ezek után pedig viszonylag könnyen vissza is építhető a karbantartott alkatrész. A kiszereles után, ha az adott rendszer hibás, akkor elszállítják a speciális javítási üzemekbe, jellemzően a gyártóhoz [1].

4.1.2.13 A repült órák rögzítése

Az UAV fedélzete nem rendelkezik a sárkányszerkezet vagy a hajtómű repült óráinak rögzítésével. Ezt a feladatot a földi állomáson (az üzemeltető repülőtéren) kell rögzíteni, karbantartási és ellenőrzési célokra. A moduláris felépítésnek hála, a különböző üzemeltetési feladatok valamelyest leegyszerűsödnek. Ugyanúgy, mint a hagyományos repülőgépeken, a pilóta nélküli légi járműveken is egy adott rendszernek (hajtómű, sárkányszerkezet, robotpilóta, stb), megvan az üzemideje, valamint az is hogy milyen időközönként (vagy mennyi repült óra után) kell a karbantartási munkákat elvégezni. Minden munkálatot elektronikus munkanaplóban dokumentálni kell [1].

4.1.2.14 Szokatlan meghajtási rendszerek

Egyre több pilóta nélküli légi jármű rendszerhez olyan új technikákat vesznek igénybe, amelyek a hagyományos emberi repülésben nem használatosak. Ezek a rendszerek a következők:

- üzemanyagcellák;
- napenergia rendszerek;
- elektromos meghajtási rendszerek.

Ezen rendszerek karbantartási követelményeihez korlátozott tapasztalat érhető el.

4.1.2.15 Üzemanyagok és azok tárolása a repülőtéren üzemeltetés során

Eltérően a hagyományos személyzettel ellátott légi járművekhez képest, néhány UAV-hez szükséges az, hogy az üzemanyagot a helyszínen „keverjék”. Ez annyit jelent, hogy két ütemű

benzinmotort hoznak létre, amelyhez benzin és az olaj keveréke szükséges. Az üzemanyag előkészítési feladatok jellemzően az UAV üzemeltetők/karbantartók végzik, nem pedig külön üzemanyag feltöltők.

A veszélyes üzemanyagok tárolási és szállítási szabályait minden egyes technikusnak maradéktalanul tudnia kell, mivel az üzemanyagok egészségügyi, biztonsági, valamint légi veszélyeket okozhatnak [12].

4.1.3 Személyi kérdések

4.1.3.1 A közvetlen pilóta tapasztalat/jelentés hiánya

A hagyományos, ember által vezetett repülőgépeken jelentős, a karbantartással összefüggő információkat tud továbbadni a pilóta a légi jármű teljesítményével kapcsolatban. Szokatlan repülési jellemzőket, zajokat, rezgéseket vagy szagokat észlelhet, amelyek egy esetleges légi probléma mutatói lehetnek. A pilóta által elmondottak fontos információforrás a karbantartó személyzet számára. Bár az UAV repülése rögzíthető a földi irányító állomáson és jelentéseket is küld a pilóta nélküli légi jármű a repülési paramétereiről, amelyeket az operátor fogad, ezek a jelentések mégsem olyanok, mint a repülőgép fedélzetén fizikálisan érzékelt tapasztalat [1].

4.1.3.2 Az operátor és az üzemeltető egyazon személy

A karbantartó személyzet és a pilóták közötti különbség a Wright fivérek repülése óta alakult ki, amikor is Charlie Taylort¹ bízták meg, mint

¹ Charles Edward Taylor (1868.05.24 – 1956.01.30) építette az első repülőgép „hajtóművet”, amelyet a Wright testvérek használtak, valamint hozzájárult a repülőgépek mechanikai kiépítéséhez és az üzemképességének fenntartásához. Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/Charlie_Taylor_\(mechanic\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Charlie_Taylor_(mechanic)) (2013.08.13)



szerezőt, aki a repülőtechnika üzemeltetésével foglalatosskódott. Ez a megkülönböztetés még mindig előfordul a nagy UAV-ken, ahol a karbantartó személyzet szabványos repülőgép karbantartó technikus (AMT), vagy azzal egyenértékű végzettséggel rendelkezik. A kisebb UAV-k elsődleges vonzereje, hogy a technológia karbantartásához kevesebb személy szükséges és a fedélzeti működtetésre, valamint a pilóta nélküli légi jármű üzemeltetésére ugyanazon személy is alkalmas [1].

4.1.3.3 Széles készségfejlesztés szükségessége

Az UAV felhasználók elvárják a karbantartó személyzettől, hogy számos területen megfelelő készségekkel rendelkezzenek, többek között az elektromos és mechanikai javítások, szoftver és számítógép-használat terén. Mivel az elektromágneses interferencia (EMI) egy potenciális kockázatot jelent a pilóta nélküli légi jármű üzemképességére, ezért egy másik alapvető követelmény, hogy megértsük a vezeték nélküli kommunikáció működését, és az antenna elektronikát is. Az UAV-k katonai repülőtéren üzemeltetése során a következő két ágazatot különböztetjük meg:

- repülési szakemberek;
- mechanikusok [1].

A készségek fejlesztésére a megoldás az lehet, hogy UAV karbantartási képzési programokat indítsanak azért, hogy az üzemeltető állomány minél szélesebb körben és minél kisebb hibaszázalékkal tudja végezni a munkáját.

4.1.4 Környezet

A pilóta nélküli légi járművek egyik előnye, a hagyományos repülőgépekhez képest az, hogy ezeket a gépeket általában nem a szabadban tárolják, ahol az alkatrészek, a sárkányszerke-

zet, a hajtómű fenyegetve lennének az időjárás viszontagságaitól és más veszélyforrásoktól. Egyes repülést támogató feladatokat a szabadban is elvégezhetik az üzemeltetők, sok esetben viszont a légi járművet „fedezékbe” viszik a karbantartás idejére.

Az UAV repülés közben nagyobb mértékben van kitéve a környezeti körülményeknek, mint a hagyományos repülőgép. Az egyik legfőbb probléma a víz behatolása. Nagy magasságban, a szervomotorokhoz használt zsír megfagyhat, mivel a rádió vezérelt szervók alacsony magasságban végrehajtott műveletekre tervezték. Az UAV alacsony magasságban működik a tengerszint felett néhány méteren. Ebből adódik, hogy érintkezésbe kerül sóval terhelt léggörrel így azt védeni kell a korrózió ellen. A hosszabb távú műveletek során, amikor a légi jármű nagy magasságon repül, elkerüli a só által okozott érintkezési problémákat. Ezen kívül, a pilóta nélküli légi járműveket nem szerelték fel túlnyomásos kabinnal, ezért a nagy magasságban történő üzemeltetés a fedélzeti repülőelektronikai rendszereket rendkívül alacsony hőmérsékletnek teszi ki. Az alacsony hőmérséklet és a nagy tengerszint feletti magasság is befolyásolhatja az egyes elemek teljesítményét. Ezek a kihívások karbantartókat igényelnek, hogy a szélsőséges környezeti viszonyok között adaptálhatóak legyenek a légi alkalmasság következményei [1].

4.2 Technikai képzés és képzési követelmények

Ebben a fejezetben, az UAV-k repülőtéren üzemeltetésének technikusai képzéseit és képzési követelményeit írjuk le. A karbantartási szabályokról végleges következtetéseket nem lehetséges levonni azonban néhány megjegyzést lehet tenni ezzel kapcsolatban [1].

4.2.1 Hagyományos repülőgép üzemeltetési szabványok megtartása

Az FAA közvetlenül nem szabályozza az UAV-k repülélelektronikai vagy az ahhoz kapcsolódó eszközöket üzemeltető munkavégzését, bár az ilyen munkatársak általában felügyelet alatt végzik a szervezett repülőtéren üzemeltetést, vagy rendelkeznek képesítéssel (például FAA szerelői tanúsítvánnyal). Ezzel szemben más hatóságok meghatározzák azokat a széleskörű ismereteket és szakképzettségi követelményeket, amelyekkel az elektromos-, műszer- és rádiótechnikai karbantartóknak rendelkezniük kell.

Az UAV-k karbantartási szabályait a FAR (Federal Aviation Regulations - Szövetségi Repülési Szabályzatok) határozza meg. A FAR 65 a sárkány-hajtómű szerelő szakszolgálati engedély megszerzésének követelményeit írja elő. A FAR 147 pedig meghatározza azokat az általános ismeretköröket, amelyekkel az üzemeltetőknek rendelkezniük kell. Ezek a következők:

- általános tantárgyak;
- sárkány szerkezeti ismeretek;
- hajtóműismeret.

Az utóbbi években, nem volt vita arról, hogy frissítsék a FAR 147 tartalmát, azért hogy tükrözze a modern légi közlekedési ágazat igényeit. Egyesek azt állították, hogy bizonyos tananyagok a témakörökben, már nem relevánsak a modern katonai repüléshez [1].

4.2.2 Katonai gyakorlatok

A gyakorlatok során mind VTOL (Vertical Take-Off and Landing - függőleges fel- és leszállásra képes), mind pedig HTOL (Horizontal Take-Off and Landing - vízszintes fel- és leszállásra képes) típusú pilóta nélküli légi járműveket is alkalmaznak. A hadseregekben az UAV-kat üzemeltető állomány széles körű tapasztalattal rendelkezik. A karbantartó személyzetet két részre osztjuk:

- repülési szakemberek (avionika technikusok);
- mechanikusok.

Az avionika technikusok számítógépes elméleti és gyakorlati szakértelemmel rendelkeznek és az elektronika minden ágazatát ismerik.

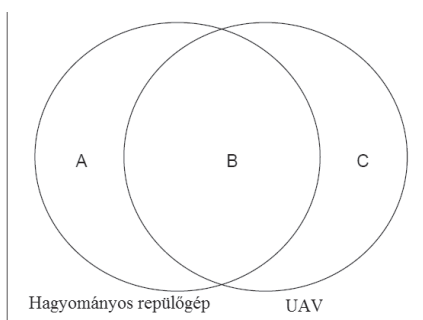
A mechanikusok végzik a hajtómű és a sárkány szerkezet speciális javítási munkáit.

4.2.3 Készségek és ismeretek fejlesztése az UAV-k üzemeltetése során

Elemzések alapján, az UAV karbantartási feladatok három szakismereti/tudási területre bonthatóak le. Ezek a területek a 22. ábrán láthatóak. Megfigyelhető továbbá az is, hogy átfedés van a hagyományos légi közlekedés valamint a pilóta nélküli légi járművekkel végrehajtott műveletek karbantartási készségének és tudási követelményszintjének terén.

Az első téma között szerepel a jelenlegi Szövetségi Repülési Szabályzatok 147. pontja, amely a hagyományos légi járművekre vonatkozik A 10. ábrán az „A”-val jelzett terület.

10. ábra Átfedés a karbantartási készségek és a tudási követelmények között



Forrás: Szerkesztette Papp István (MS Paint) [1] irodalom alapján

Ezek a tématerületek a következők:

- hidraulikus és pneumatikus rendszerek;
- kabin légkörnyomás ellenőrző rendszerek;
- tűzvédelmi rendszerek;
- radiális turbinák javítása;

- tolóerő irányváltó rendszerek;
- segédhajtóművek.

A második terület („B”-vel jelzett a 10. ábrán), a jelenleg érvényben lévő FAR 147 azon pontjait tartalmazza, ami szintén fontos az UAV-k karbantartásához, valamint a hagyományos repülőgépek üzemeltetéséhez is elengedhetetlen. E terület legfontosabb elemei közé tartozik a repülőgép-szerkezeti- és üzemanyag-ellátó rendszerek, valamint az alapvető elektromos áramellátás.

A harmadik terület („C”-vel jelzett a 10. ábrán), olyan témát ölel fel, amelyek lényeges pontja a FAR 147 szerinti UAV karbantartásnak. A speciális ismeretek készség szintű elsajátítása szükséges feltétele az egyes pilóta nélküli légi jármű típusok (ugyanúgy, mint a forgószárnyas, a merevszárnyú, az elektromos meghajtású stb.) rendszereinek repülőtéren üzemeltetéséhez. Ezen területen („C”) nagyobb mértékben támaszkodik a technikus a számítógépes technológiára, a robotpilótára, a rádiós és az ahhoz kapcsolódó területekre, ebből adódóan mélyebb szakmai ismeretekkel kell rendelkeznie, mint a hagyományos repülőgépek, általános célú repülése vagy üzemeltetése esetén.

A lent felsorolt listát a jelenleg érvényben lévő FAR 147 nem tartalmazza. Ezzel nem célunk az, hogy egy egyedi üzemeltetési ajánlást és követelményszintet támasszunk. Csupán arra szeretnénk utalni, hogy a pilóta nélküli légi jármű ipar fejlődésével, új technológiák bevezetésével a szabályozókat is frissíteni kell.

A lista a következőket tartalmazza:

- mentési határozatok (ideértve pl. a vízkár);
- számítógép kezelés;
- a számítógépes operációs rendszerek megértése;
- üzemanyag-tárolás és keverés;
- üzemanyagcellás rendszerek;
- elektromos motorok karbantartásának elmélete;
- kompozit anyagok;
- szoftverek, hálózatok, (Ethernet, hub);

- elektronika;
- rádió átvitel és rádió vezérlés elmélete;
- rádiófrekvenciás interferencia és árnyékolás;
- földi átviteli berendezések és a földi antennák;
- robotpilóta karbantartás, beleértve a szoftver feltöltéseket is;
- a különböző típusú elektromos akkumulátorok működésének megértése, karbantartása;
- hordozóeszközök, pneumatikus rendszerek;
- feltöltő rendszerek;
- szokatlan üzemanyag rendszerek (pl. folyékony hidrogén);
- tömeg és egyensúly (különösen a hasznos teher változása után);
- az RC rendszerek megértése;
- robotpilóta szoftver vezérlőfelületének ismerete.

KÖVETKEZTETÉS

A technológiai fejlesztések, mint például a GPS (Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer), micro robotpilóta, fejlett akkumulátor-technológia és a miniatürizált érzékelők, a pilóta nélküli légi járművek egyre gyorsabban bővülő képességeit mutatják. Miután egyes szabályozási problémák megoldódnak, nagy bővülés várható a civil UAV használat/fejlesztés terén.

Az a megállapítás, hogy az emberi tényezők már nem érvényesek ebben a légi közlekedés ezen szektorában, nem helytálló. Lehetőség van repülni mind egy hagyományos, mind pedig egy pilóta nélküli repülőgépen a robotpilóta segítségével, azonban nem lehetséges a járművek és a hozzá tartozó földi berendezések „automatikus-fenntartása”. A karbantartás továbbra is megköveteli a közvetlen emberi beavatkozást, és az elektronikai rendszerekkel való kapcsolatokat. Ez csak abban az esetben lehetséges, ha az üzemeltetési és az egyéb földi kiszolgáló tevékenységeket úgy végzik, hogy az teljes mértékben megfelel az UAV repülés biztonsági előírásainak.

Jelenlegi kutatásunk célja az volt, hogy a pilóta nélküli légi járművek repülőtéren légi és földi üzemeltetésének (karbantartásának) minden fontos elemét ismertetjük, valamint felvázoljuk azokat a képzéseket, készségeket és követelményszinteket, amellyel az UAV karbantartó személyzetnek rendelkeznie kell.

Az összegyűjtött (előző fejezetekben ismertetett) adatok alapján megállapítható, hogy a hagyományos-, és a pilóta nélküli légi járművek közötti üzemeltetés nagyon eltérő, egy sor olyan egyedi karbantartási feladat van, amely ezt a tényt egyértelműen meghatározza.

A hagyományos repülésben, a szerelők felelősségére korlátozódik a repülőgép üzemképessége, a karbantartási földi munkálatok, valamint a kommunikáció és navigációs segédberendezések működőképessége. Ezzel ellentétben, egy UAV rendszer fenntartása magában foglalja a repülőgépet, továbbá az összes földi alapú elemeket, mint pl. a vezérlő egységek és az átviteli berendezések.

Az ismertetett cikk az „Adatintegráció” alprogramján belül „A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedésbiztonsági aspektusai” kiemelt kutatási területén valósult meg.

Felhasznált irodalom

- [1.] ALAN HOBBS, PH.D., STANLEY R. HERWITZ, PH.D. - Human Challenges in the Maintenance of Unmanned Aircraft Systems. Url: http://human-factors.arc.nasa.gov/publications/UAV_interimreport_Hobbs_Herwitz.pdf (2013.06.01.)
- [2.] Altus UAV, elektronikus dok. Url: <http://www.k-state.edu/ksuedl/projects/altus.htm> (2013.08.07)
- [3.] Békési Bertold: A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései. PhD értekezés, Budapest, 2006.
- [4.] COMMERCIAL BATTERIES POWER UAV, elektronikus dok. Url: <http://www.designworldonline.com/commercial-batteries-power-unmanned-aerial-vehicles/> (2013.08.07)
- [5.] DRI UAV'S, elektronikus dok. Url: <http://www.defenseindustrydaily.com/Dutch-to-Rent-Israeli-UAVs-for-Afghanistan-05254/> (2013.08.06)
- [6.] Drogcsempészekre vadászhat az új robokopter url: <http://www.origo.hu/techbazis/20131104-drogcsempeszekre-vadaszhat-az-uj-robokopter.html?source=hirlevel> (2013.11.05)
- [7.] Drone photos, elektronikus kép. Url: <http://cryptome.org/2012-info/drone-photos/drone-photos.htm> (2013.08.15)
- [8.] FY 2009-2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap. 2009. page 92-93 <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA522247> (2012.10.26)
- [9.] Ground Control Station (GCS) example screenshot, elektronikus kép. Url: <http://telstarlogistics.typepad.com/.a/6a00d834543b6069e2010535e87379970b-800wi> (2013.06.05)
- [10.] HOBBS & WILLIAMSON, 2002, elektronikus dok. Url: http://human-factors.arc.nasa.gov/organization/personnel_view.php?personnel_id=712 (2013.08.09)
- [11.] Kandahar Journal: Canadian Air, Part one, elektronikus kép. Url: <http://news.nationalpost.com/2011/04/15/canadian-air/> (2013.06.14)
- [12.] MILLSWOOD ENGINEERING, elektronikus dok. Url: http://www.millswoodeng.com.au/servostation_uav.html (2013.08.09)
- [13.] MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY, elektronikus dok. Url: <http://xipiter.org/OLDSITE/team.htm> (2013.06.20)

- [14.] MQ-8B Fire Scout kép. url: http://bp-la.ru/sites/default/files/styles/large/public/MQ-8B_Fire_Scout.jpeg?itok=G10Ts0Fn
- [15.] Налет MQ-8B Fire Scout в Афганистане более 5 т. часов url: <http://bp-la.ru/nalet-mq-8b-fire-scout/> (2013.08.28)
- [16.] Northrop Grumman MQ-8C Fire Scout kép. url: <http://www.origo.hu/i/1311/20131104-dronhelikoptera-northrop-grumman-mq8c1.jpg> (2013.11.05)
- [17.] SHELL MODELL – AviationKnowledge, elektronikus dok. Url: <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:shell-model> (2013.07.10)
- [18.] Sperwer UAV manufacture, elektronikus dok. Url: http://www.visualphotos.com/image/1x7213440/sperwer_uav_manufacture (2013.08.08)
- [19.] The 2d Calvary Assn News Center, UAV refueling. Url: <http://dragoons.org/2011/11/18/dragoons-conduct-uav-training/> (2013.08.12)
- [20.] Typical Predator & other larger UAV kép. Url: http://i783.photobucket.com/albums/yy111/leopard_d/ТИА.jpg (2013.06.05)
- [21.] UAV Factory Portable ground control station hardware, based on Panasonic's CF31 rugged PC url: <https://www.troybuiltmodels.com/items/UAVPEN-ACC-PGCS.html> (2013.08.06)
- [22.] UAV RELIABILITY, elektronikus dok. Url: http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_reliability.htm (2013.06.08)
- [23.] Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030 url: https://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf (2013.04.13)

A kutatás a 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.”