

Bali Tamás¹ – Palik Mátyás²

A HARCÁSZATI PILÓTANÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK FEDÉLZETI BERENDEZÉSEI³

Korunk egyik legintenzívebben fejlődő kutatási területei közé tartoznak a pilótanélküli légijárművek (a továbbiakban UAV - Unmanned Aerial Vehicle) fejlesztésével és széleskörű alkalmazásával kapcsolatos kutatások. Kijelenthető, hogy egy rohamosan fejlődő iparág dolgozik az eltérő igényeknek megfelelő UAV-k előállításán. A különböző célú alkalmazás eltérő képességek meglétét követeli meg nemcsak az UAV kezelőjétől, hanem magától a légijárműtől is. Például eltérőek a mezőgazdasági célra használt eszközök felszereltségi követelményei a katonai alkalmazásra használt eszközökétől. A cikkben a szerzők bemutatják azokat a fedélzeti berendezéseket melyek, szükségesek ahhoz, hogy az eszközök biztonsággal használhassák a légteret.

REQUIREMENTS TOWARD UNMANNED AERIAL VEHICLE'S ONBOARD EQUIPMENTS

These days, the research on design and wide range deployment of the Unmanned Aerial Vehicles (UAV) belongs to one of the mostly developing research fields. We can declare, that at the present a quickly developing industry is working on the production of the UAVs, which can meet the customer's different needs. The various applications request different capabilities both from the operator and the UAV itself. For example, the equipment requirements for the UAVs used for agricultural purposes are different, which are used for military scope, but there are numerous common links. Writing this article, my intend was to pinpoint all of those UAV onboard equipments which can be considered to be compulsory for the safe air operations.

BEVEZETÉS

A repüléstudomány szempontjából napjaink egyik leginkább fejlődő ága az, amely a pilóta nélküli légijárművek fejlesztésével, illetve alkalmazásuk kérdéseivel foglalkozik. Napjainkra ezen eszközök a légtér gyakorlatilag minden szegmensében (a földközeli magasságoktól az atmoszféra határáig) repülnek. Az eszközök alkalmazási területe meghatározza azok tervezésének és fejlesztésének irányait. A mérnöki fejlesztések középpontjában a célszerűsége túl meghatározó szerepet játszik a költséghatékonyság is. Így alakulhatott ki az a mérnöki megközelítés, mely szerint a földközeli magasságokban⁴ alkalmazott eszközök gyakrabban kisméretű, forgószárnyas, elektromos meghajtású, látóhatáron belül működő, rádió-távírányítású (RC) eszközök.

A kismagasságon⁵ működő UAV-k lehetnek forgó- vagy merevszárnyas repülőszervezetek is, melyek meghajtása vagy elektromos, vagy robbanómotoros, hatótávolságuk néhány speciális eset kivételével a látóhatáron belüli üzemelést tesz lehetővé. A közepes magasságon⁶ repülő

¹ alezredes, MH 86. Szolnok Helikopter Bázis, Repülő Felkészítési Főnök, balitomi@yahoo.com

² (PhD), alezredes, NKE Katonai Repülő Tanszék, egyetemi docens, palik.matyas@uni-nke.hu

³ Lektorálta: Dr. Békési Bertold okl. mk. alez., NKE Katonai Repülő Tanszék, egyetemi docens, bekesi.bertold@uni-nke.hu

⁴ kissebességű (max. 460 km/h) légijárművek estén a földfelszíntől 100 m-ig terjedő magasságtartomány [1]

⁵ kissebességű (max. 460 km/h) légijárművek estén 100 métertől 600 m-ig terjedő magasságtartomány [1]

⁶ 600 métertől 4900 m-ig terjedő magasságtartomány [1]

drónok leggyakrabban merevszárnyas repülőgépek, melyek meghajtását általában robbanómotoros erőforrások biztosítják. Alkalmazási mélységük kiterjedhet a látóhatáron túli üzemelésre is, akkor azonban már programozott útvonalon, autonóm módon repülnek. A közepes magasság fölött üzemelő UAV-k szinte kivétel nélkül merevszárnyúak, meghajtásukat robbanómotor vagy sugárhajtómű, néhány esetben napelemekkel termelt elektromos árammal üzemelő villamos hajtóművek biztosítják. Ezeknek a légi járműveknek az irányítása már kivétel nélkül GPS⁷ alapú navigáció és műholdas kommunikációs rendszerek felhasználásával történik. A következő képeken néhány, különböző kategóriájú UAV látható.



1. kép Nano kategóriájú PD-100 Black Hornet PRS UAV⁸



2. kép TACTICAL kategóriájú az IAI RQ-5 Hunter típusú UAV⁹



3. kép HALE kategóriájú a Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk típusú UAV¹⁰

⁷ Global Positioning System – műholdas navigációs rendszer

⁸ Forrás: <http://technicalmirror.com/wp-content/uploads/2013/06/Black-Hornet-Nano.jpg> (2013.08.18)

⁹ Forrás: <http://www.militaryfactory.com/aircraft/imgs/hunteruav.jpg> (2013.08.18)

¹⁰ Forrás: <http://www.aviationnews.eu/blog/wp-content/uploads/2011/08/Global-Hawk.jpg> (2013.08.18)

Eddig az UAV-ról, mint gyűjtőfogalomról volt szó. Jelen cikk témája azonban megkívánja, hogy pontosításra, részletezésre kerüljenek az azonosításukra kialakított kategóriák is.

Az UAV-k osztályozására jelenleg nincs a világon egységesen elfogadott rendszer. Egyes nemzetközi légiközlekedési szervezetek, mint ahogyan a különböző országok, más-más módon osztályoznak. A leggyakrabban alkalmazott, több szervezet által is elfogadott elv a pilóta nélküli légijárművek tömeg-, és hatótávolság, esetenként a légtér-osztályban történő működés szerinti besorolása. Természetesen az eszközök sokrétűsége miatt különböző szempontok szerint számtalan osztályozást lehet még felállítani. Ilyen szempont lehet a felépítés, a meghajtás, az irányítás, az indítás, a visszatérés, a sebesség, a magasság, a végrehajtandó feladat és sok más egyéb jellemző tulajdonság szerinti rendszerezés.

Amennyiben figyelemmel kísérjük az UAV területen mérvadónak tartott nemzetközi szervezetek, mint például az UVS International¹¹ által a távvezérelt légijárművekkel (RPA)¹² kapcsolatban megfogalmazott és javasolt elveket, eljárásokat, technikai követelményeket kijelenthetjük, hogy azokat a szervezetekben résztvevő tagországok képviselői leggyakrabban elfogadják. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy az egyes országok szabályozói környezetében azok meg is jelennek.

Természetesen az UAV-kal kapcsolatos kutatások nem csak a polgári, hanem a katonai területre is kiterjednek. Ennek megfelelően a NATO-n belül is kialakításra került egyfajta kategorizálási elv, amely az alábbi táblázatban látható.

Össztömeg szerinti osztályozás	Kategória	Alkalmazási kör	Üzemelési magasság	Hatósugár
I. osztály <150 kg	MICRO <2 kg	Harcászati szintű feladatokra (kézi indítású eszközök)	200 ft AGL ¹³	5 km
	MINI 2–20 kg		3000 ft AGL	25 km
	SMALL >20 kg	Harcászati szintű feladatokra (indító rendszerrel ellátott eszközök)	5000 ft AGL	50 km
II. osztály (150–600 kg)	TACTICAL	Harcászati szintű feladatokra	10 000 ft AGL	200 km
III. osztály (> 600 kg)	MALE ¹⁴	Stratégiai szintű feladatokra	45 000 ft AGL	>1000 km (de kevesebb, mint 10 000 km)
	HALE ¹⁵		65 000 ft AGL	>10 000 km

1. táblázat A NATO Joint Air Power Competence Centre szerinti UAV osztályozás [3]

A fenti táblázatot tanulmányozva nyilvánvalóvá válik, hogy az UAV-k fedélzeti felszereltségi követelményeit általánosságban szinte lehetetlen pontosan megfogalmazni, behatárolni. Kijelenthető, hogy egy UAV képességei alapján minél magasabb osztályba sorolt, annál magasabb

¹¹ Unmanned Vehicle Systems International – Ember nélküli járművek nemzetközi szervezete, <http://uvs-info.com/>

¹² Remotely Piloted Aircraft

¹³ Above Ground Level –Földfelszín felett

¹⁴ Medium altitude, long endurance – közepes magasságú, hosszú időtartamú

¹⁵ High altitude, long endurance – nagymagasságú, hosszú időtartamú

műszaki elvárásokat és nagyobb műszaki megbízhatóságot kell támasztani felé.

A fenti kategóriákba sorolt pilóta nélküli légi járművek egymástól eltérő repülési tulajdonságokkal rendelkeznek, felhasználásuk célja és módja alapján eltérő légtérben hajtják végre feladatukat, ezért részükre eltérő fedélzeti berendezések alkalmazása válhat szükségessé. Ezért az UAV-k fedélzeti felszereltségi követelményeit célszerű legalább kategóriájuknak megfelelően elvégezni.

A HARCÁSZATI KATONAI UAV-K SZÜKSÉGES FEDÉLZETI BERENDEZÉSEI ÉS KÖVETELMÉNYEI

Egy UAV felszereltségi követelményeit nagymértékben befolyásolja az, hogy az adott légi jármű milyen célból kerül alkalmazásra és a repülési tulajdonságai alapján milyen osztályú légterekben kerülhet felhasználásra.

2004-ben a DOD¹⁶ felkérte az USA központi parancsnokságait és szervezeteit, hogy rangsorolják az UAV-k 18 legfontosabbnak tartott feladatait [9]. A visszkapott értékelésekből megállapítható, hogy az UAV-k legfőbb feladatának a képi felderítést tartják. Magasra rangsorolják a precíziós célmegjelölésre való képességet, ami arra enged következtetni, hogy nagy szerepet szánnak a műveletekben a csapásmérések pontosságának. Ugyancsak magasan priorizált feladat a jelfelderítés. Nem véletlenül került a biológiai és vegyi felderítési feladat a táblázat első harmadába. Ebből arra lehet következtetni, hogy a biológiai és vegyi fegyverek esetleges alkalmazásával napjainkban igen komolyan számolnak a legmagasabb szintű katonai vezetők. A korábban nem számottevő híradó és adatátviteli, illetve a harci kutatás-mentési feladatokban egyre nagyobb szerepet szánnak a drónoknak.

A katonai felhasználású UAV-k napjainkban legfontosabb feladata a légi felderítés és a megfigyelés. Ennek megfelelően a fedélzeti berendezéseknek biztosítaniuk kell a szemben álló fél (elhelyezkedése, erői, eszközei), valamint a tevékenység megvívásának körzetére és környezetére (terep, időjárás, atom, biológiai és vegyi helyzet) vonatkozó legfontosabb és legidősebb adatokat [8].

Az ICAO¹⁷ GAT¹⁸ szabályai szerinti az F és G osztályú nem ellenőrzött légterekben-, illetve műveleti terület feletti OAT¹⁹ szabályok szerinti, földközeli légtérben repülő UAV-kal szemben lényegesen kisebb fedélzeti felszereltségi követelmények vannak meghatározva, mint például azon légi járművekkel szemben, amelyek az ICAO ellenőrzött légtérsztyályaiban hajtják végre feladataikat.

Megvizsgálva a II. (össztömeg szerinti) osztályba tartozó UAV-kkal szemben támasztott műveleti elvárásokat és a légterek felhasználásához kapcsolódó repülésbiztonsági előírásokat a következőkben bemutatásra kerülnek ennek a TACTICAL kategóriájú eszközök szükséges fedélzeti berendezései.

¹⁶ Department of Defense – USA Védelmi Minisztérium

¹⁷ International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet

¹⁸ General Air Traffic – általános légiforgalom

¹⁹ Operational Air Traffic – műveleti légiforgalom



Navigációs berendezések

A légijármű navigációját biztosító berendezések tegyék lehetővé a VMC²⁰ és NVMC²¹ közötti feladat-végrehajtást, illetve futópályáról történő üzemelés esetén az IMC²² közötti megközelítési illetve indulási eljárások végrehajtását.

Az autonóm küldetés teljesítéséhez feltétlenül szükséges egy műholdas navigációs rendszer adatainak felhasználása. Az aktuális koordináta adatok vételéhez a fedélzetre műholdas navigációs vevő berendezés elhelyezése szükséges. Normál működési körülmények esetén a műholdas helyzet meghatározásra alkalmas koordináták folyamatosan és megfelelő pontossággal állnak rendelkezésre. Vételkiesés-, vagy pontatlannak minősített koordináta adatok esetén veszélyhelyzeti állapotról beszélünk, melynek kezelése fontos.

Napjaink leghatékonyabb és legolcsóbb helymeghatározó rendszere a GPS, mely helymeghatározás tekintetében a jelenleg használatos rendszerek közül az egyik legpontosabb. A katonai robotrepülőgépek maximálisan élvezik a GPS adta előnyöket; a napszaktól, az évszaktól, a földfelszín feletti magasságtól, a repülési sebességtől független helyzetinformációkat.

Figyelembe kell venni a GPS hátrányait is, mivel a külső behatások a robot zavarát okozhatják és az az UAV elvesztésével is járhat. A bekapcsolás után a rendszer felállása viszonylag hosszú időbe telik, így egy levegőben fellépő zavar esetén az újraindítás nehézségeket okozhat. Jó megoldás lehet a GPS vevő megduplázása, amit a méretét tekintve fenntartás nélkül megtehető.

A GPS további hátránya, hogy csak nyílt területen használható, például egy épületben, vagy völgyben repülve lehet, hogy a vevő nem kap megfelelő műholdjelet. A domborzatról és épületekről visszaverődő jelek zavarokat is okozhatnak a mérésekben.

Többek között ezeknek a hiányosságoknak a kiküszöbölésére, már több éve kifejlesztettek és alkalmaznak az UAV-k navigációjának biztosításához integrált INS/GPS navigációs rendszereket. Ez a rendszer kiküszöböli a GPS előbb felsorolt hátrányait és az INS rendszer jellegéből adódóan pontatlanságokat.

Kommunikációs berendezések és eszközök

Az UAV kommunikációja minden esetben a földi, kiszolgáló, felügyelő szegmensekkel együtt értelmezhető csak, azok egymástól nem választhatók el. Az UAV és a földi szegmens kommunikációja kétirányú, az adás és a vétel irány leggyakrabban frekvenciában szeparált.

Az UAV-nek rendelkeznie kell a zavarvédett adatkommunikációt biztosító VHF²³ és UHF²⁴ frekvenciasávban működő rádió-berendezéssel (SATURN²⁵ képességgel, ezen túl műholdas adatkommunikációs eszközzel is, melyeknek biztosítaniuk kell adott esetben az AWACS²⁶- és

²⁰ Visual Meteorological Conditions – látási időjárási körülmények

²¹ Night Visual Meteorological Conditions – éjszakai látási időjárási körülmények

²² Instrument Meteorological Conditions – műszeres időjárási körülmények

²³ Very High Frequency – ultrarövid hullám a 30 és 300 MHz közötti frekvenciasávban

²⁴ Ultra High Frequency – deciméteres hullám a 300 MHz-től 3 GHz közötti frekvenciasávban

²⁵ Second-Generation Anti-Jam Tactical UHF Radio for NATO – második generációs, zavarvédett UHF kommunikációt biztosító, NATO követelményeknek megfelelő harcászati rádió

²⁶ Airborne Early Warning and Control System – Légi Korai előrejelző és Megfigyelő Rendszer



az ISTAR²⁷ eszközökkel való kommunikációt a NATO Data Link²⁸ rendszeren keresztül. A TACTICAL kategóriájú UAV-k fedélzeti adatkommunikációs eszközeinek biztosítania kell a különböző haderőnemek feladat végrehajtásában részt vevő kötelékeivel, a harctéri irányító és légi vezetési és irányító rendszerekkel, a feladat során biztosított, vagy támogatott erőkkel történő együttműködést, információ/adat cserét.

Az irányítócsatornák száma nagyban függ a hasznos terhek számától és jellegétől, így létrehozhatnak több csatornát is. A kiválasztott frekvenciáknak biztosítaniuk kell a zavarmentes, kis teljesítménnyel megvalósuló, nagy távolságra történő adattovábbítást. Erre a célra korábban a mikrohullámú tartományt nem alkalmazták, de az elmúlt években a fejlődésnek köszönhetően megjelentek e sávban működő berendezések is. E tartomány hátránya, hogy az egyenes irányú terjedést az akadályok lehetetlenné teszik, így a földi irányító állomásokat lehetőleg magaslatra kell telepíteni, vagy átjátszóállomásokat kell elhelyezni [6].

Repülésirányító berendezések (fedélzeti vezérlők) és a robotpilóta

Úgy a repülési, mind a navigációs feladatok végrehajtásáért az UAV-nek rendelkeznie kell fedélzeti számítógéppel, mely a lelke az adott légijárműnek. Ez a berendezés felelős egyrészt az eszköz távvezérlő jeleinek feldolgozásáért és továbbításáért a kormányvezérlők irányába, a szenzorok jeleinek gyűjtéséért, a képi adatok tárolásáért illetve szükség szerű továbbításáért; az autonóm navigáció végzéséért; a fegyverrendszer vezérléséért és természetesen magának az eszköznek a működtetéséért. A fedélzeti számítógépet az állagának megóvása érdekében rezgés csillapító keretben kell elhelyezni [2].

Annak érdekében, hogy a repülés folyamán az UAV légi üzemeltetése biztosított legyen, a fedélzetre egy a sárkány-, a hajtómű- és a fedélzeti elektromos rendszerek működési paramétereit monitorozó rendszert kell telepíteni. A különböző szenzoroktól érkező jelek a kommunikációs rendszer segítségével kerülnek majd továbbításra a földön elhelyezkedő kezelő számára. Ezeknek a létfontosságú szenzorok bármelyikének kiesését (kivéve, ha nem rendelkezik tartalékkal) megbízhatóan detektálni kell. Az UAV központi vezérlőjének kiesése esetén (amennyiben nem rendelkezik tartalékkal) a földi irányító személyzetnek azonnal detektálnia kell, és kézi vezérlésre kell átállni.

Annak érdekében, hogy az UAV a vezérlő jelek kiesésekor azonnal ne térjen el az utolsó biztonságos repülési üzemmódjától szüksége van, egy fedélzeti rendszerre mely ilyen esetekben stabilizálja a légijármű repülési paramétereit, mely vagy egy robotpilóta, vagy egy repülési stabilizátor kell, legyen.

Magasságmérő rendszerek

A navigáció, a le- és felszállás, feladat végrehajtás szempontjából is az egyik legfontosabb repülési adat a magasság. A három dimenzióban működő robotrepülőgéppel szembeni alapkövetelmény, hogy a jármű a földi irányító egység felé a legpontosabb magassági adatokat továbbítsa. Mivel a robotrepülőgépeken nincs személyzet, aki vész helyzetben meg tudná becsülni a

²⁷ Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance – integrált összadatforrású felderítő-hírszerző rendszer

²⁸ Védett kommunikációt biztosító harcászati adatátviteli rendszer

repülőgép magasságát, ezért az UAV-k magasságadatait több forrásból meg kell erősíteni. Ezért célszerű a barometrikus magasságmérő mellé egy a fel- és leszálláshoz felhasználható, kis mére-
 rési tartományú akusztikus magasságmérőt, illetve a közepes magasságú repülések során jól
 alkalmazható rádió magasságmérőt is rendszeresíteni. Amennyiben a három rendszer mellé a
 repülési fázisokban társul a műholdas magassági adat is, akkor nagy valószínűséggel állítható,
 hogy a biztonságos repüléshez meglesz az elégséges magassági adat.

Abban az esetben, ha az UAV a földközeli magasságmérést nem képes kielégítő pontossággal
 meghatározni, akkor a leszállást a kezelő személyzetnek kell manuálisan elvégezni [5].

Fedélzeti szenzorok, hasznos terhek

Az UAV-k alkalmazásának alapvető célja a saját erők harctevékenységének támogatása az el-
 lenséges erőkről, illetve eszközökről nyújtott felderítési információk biztosításával. Ezek gya-
 korlatilag (mozgó)képi információk, melyek vagy rögzítésre kerülnek a felderítő célú repülések
 időszakában, vagy pedig valós időben továbbításra kerülnek a földi esetleg légi irányító pon-
 tokra vagy a csapásmérő erők számára.

Elektro-optikai és infravörös eszközök

A hagyományos képet szolgáltató kamerák a látható fény tartományában dolgoznak. A techno-
 lógia fejlődésével a méretük jelentősen csökkent, így akár igen kisméretű robotrepülőgépekre
 is szerelhetőek.

A hőkamera, vagy más néven infravörös kamera egy olyan eszköz, mely képalkotásra a 14 mikro-
 méterig terjedő elektromágneses hullámtartományt használja, és ezt transzponálja a 450-750 nano-
 méteres látható tartományba. Alkalmazási körük – a katonai célokön kívül is – igen széles: a tűzol-
 tóság használja füstön át való látásra, illetve a tűzfészek keresésére, a villamos ipari cégek az elekt-
 romos átviteli hálózat hibafelderítésére, az építkezéseken a hőszigetelés ellenőrzésére, a legtöbb
 nagy csillagászati távcsőben az érzékelési tartomány kiterjesztésére. Katonai használat esetén cél-
 meghatározásra, követésre és tűzvezetésre használják [4].



4. kép Az US Army MQ-1C Gray Eagle UAV-ja két kiegészítő szárny alatti EO/IR szenzorral²⁹

Mivel a katonai műveletek részben éjszaka valósulnak meg, ezért a képalkotáshoz nélkülözhetet-
 lenek azon eszközök, melyek képesek kezelni az alacsony megvilágítottságú környezet nyújtotta

²⁹ Forrás: <http://rt.com/files/news/1e/4e/20/00/us-veterans-drone-medal.si.jpg> (2013.08.18)



lehetőségeket. Jelenleg e probléma megoldására több módszer is létezik. Az egyik a tárgyak/élőlények által kibocsátott hőérzékelési infravörös sugárzási tartományban. Ez az ún. FLIR³⁰.

A másik a látható fény képerősítési elvét alkalmazza, azaz az emberi szem számára már nem érzékelhető fényerősséget erősíti fel. Ez az ún. éjjellátó rendszer (NV System³¹).

A FLIR felépítésében is eltér az éjjellátóktól, mert nem azonos hullámhosszon dolgozik. Ezzel a technológiával a bevetettség nem csak nappalra korlátozódik.

A hiperspektrális képalkotók

A hiperspektrális képalkotás során egy területet képpontokra bontanak, és minden képpontról felvesznek egy spektrumot, mely folyamatos görbeként jelenik meg. A technológia segítségével olyan lehetőségek adódnak, amiket korábban csak komoly idő, vagy anyagi ráfordítással sikerült csak megvalósítani. Egyik ilyen terület az ásványkincsek keresése, ahol a nagy területek sávonkénti „*átfésülésére*” nem a pilótának való, sokkal inkább egy robothoz illő feladat.

Mozgó cél követő berendezések

Az MTI³² egyre növekvő figyelmet von magára a robotrepülőekkel való hadviselésben is. A részben barát-ellenség felismerőként is használható eszköz komoly képesség a modern hadszíntéren. Eddig lehetetlennek tűnő küldetések váltak mára teljesíthetővé az eszköz használatával. A MTI alapja a céltárgyról kapott információ változása. A klasszikus MTI a radartechnikában került széles körben alkalmazásra, ahol a visszavert jel Doppler-frekvenciájának változása jelzi a mozgást.

A repülőgépek fedélzetén telepített radarokkal a légi és földfelszíni mozgó céltárgyak ezen az elven szűrhetők ki a háttér statikus információi közül.

A másik – napjainkra kiforrott – technika a kép alapú mozgó cél indikálás. Ez a pixelekre felosztott képek sorozatából kiválasztja az elmozduló objektumokat és jelzi azok mozgásának irányát, sebességét.

Radarok

A függeszkedő, helyét nem változtató légi járművek – helikopter, kötött léghajó – fedélzetén telepített radarok az antenna forgatásával pásztázzák a teret. Az egyenes vonalon repülő légi járműveknél (AWACS, SENTRY, UAV) jellemzőbb az oldalra néző, szektoros letapogatású SLAR-(Side Looking Airborne Radar). A repülés közben – általában mindkét oldalra – keskeny sugárnyalábbal letapogatást végző szintetikus apertúrájú radar SAR (Synthetic Aperture Radar) jelfeldolgozó eljárása azon alapul, hogy matematikailag összegzi az egyenes vonalon mozgó radar vett impulzusainak amplitúdóját és fázisát a korábbi mintákkal.

A kapott kép repülési irányú felbontása olyan mértékben javul, mintha az alkalmazott antenna mérete a pálya irányában megnőtt volna. A leképezés felbontása tovább javítható az elektronikus és mechanikus mozgatott antenna iránykarakterisztikákkal. A hagyományos söprés helyett a „*spot*” üzemmódot használva a kijelölt objektumra fókuszált antennanyaláb, azt „*körbe járva*” arról jóval részletesebb képet szolgáltat.

³⁰ Forward Looking Infrared Radar – infravörös tartományban működő képalkotó berendezés

³¹ Night Vision System – éjjellátó rendszer

³² Moving Target Indication – mozgó cél követés



5. kép Scan Eagle UAV és a részére készült kisméretű SAR radar³³

A miniatürizálás révén, napjainkban a SAR az egyik legfontosabb szenzorrendszerek egyike a harcászati feladatokra alkalmazható katonai UAV-nek.

Átjátszó és zavaró berendezések

Mélyégi tevékenységeknél a földrajzi adottságok nem minden esetben teszik lehetővé a kapcsolatot a saját csapatok és az irányítás között – gondoljunk csak Afganisztán magas hegyeire, ahol pár kilométeren belül is jelentős szintkülönbségek léphetnek fel, vagy az iraki síkságokra, ahol a Föld görbülete, illetve a kézi eszközök nem megfelelő hatótávolsága okozhat zavarokat az összeköttetésben. Egy völgyben az ellenséges tűz alatt álló egységek számára kritikus tényező a kommunikáció. Ezen segíthet egy mozgó átjátszó állomás, amely fenntartja a kapcsolatot, sőt megnövelheti a kommunikációs távolságot az irányítás és az előretolt egységek között.

A kisméretű relé állomásokat robotrepülőgépre is lehet szerelni. Több átjátszó állomással elvileg végtelen hosszúságú kommunikációs kapcsolat építhető ki.

Vegy- és sugárfelderítő berendezések

A nukleáris és vegyi fegyverek elterjedésével nélkülözhetetlenné vált egy olyan repülő eszköz, mely emberi élet veszélyeztetése nélkül képes információt szolgáltatni a szennyezés mértékéről. Ez az eszköz nem más, mint az UAV. Felhasználása kiterjed a katonain kívül az állami szektorra is – erőmű balesetek, vegyi katasztrófák, veszélyes anyagot szállító járművek baleseténél. A miniatürizálásnak köszönhetően ma már a robotrepülőgépek is képesek hordozni ilyen mérőeszközt, így egy hagyományos repülőgép személyzetét nem kell kitenni szennyezett légtérben történő közvetlen veszélynek. A fedélzeti GPS rendszer segítségével pontosan behatárolható a szennyezés kiterjedése. Célszerű a fedélzeten elvégezni a mért eredmények azonnali feldolgozását, majd utána küldeni a földi állomás felé. A gyors adatkommunikációnak köszönhetően szinte valós időben követhető a szennyezett légtömeg mozgása, iránya.

³³ Forrás: http://images.gizmag.com/hero/9007_19030820818_5.jpg (2018.08.18)



6. kép Honeywell T-Hawk UAV által készített video felvétel a sérült Fukushimai atomerőműről³⁴

Meteorológiai szenzorok (TES)³⁵

A TES meteorológiai adatok gyűjtésére szolgál. A szenzorok légnyomás, hőmérséklet, páratartalom és szélsébség adatokat gyűjtenek. A Predatorra szerelt TES barometrikus nyomásmérőt, GPS adót, és hőmérőt is vihet magával. A földi egység 400 MHz UHF csatornán kommunikált a robotrepülővel, és egy laptopon dolgozza fel az érkező adatot. A TES 1999 után véglegesen beépült a TCS³⁶-be, így ez a képesség a harcmezőn mára mindenki számára elérhetővé vált.

Fénytechnikai berendezések

Mivel az UAV-k a légiforgalom aktív részét képezik, ezért rendelkezniük kell a vizuális azonosításhoz szükséges – a nemzetközi előírásoknak megfelelő – fedélzeti fényekkel, melyek közül az egyik legfontosabbak a navigációs fények. Ezek segítik a külső szemlélőt (egy másik légi jármű pilótáját) abban, hogy képes legyen éjszaka meghatározni az adott UAV haladási irányát. A navigációs fények közé tartoznak a szárnyvégi, hátrafelé folyamatosan világító fehér fények, melyek segítik az UAV légi pozíciójának meghatározását egy hátsó légtérben repülő pilóta számára.

Az összeütközés elleni fények az UAV hossz tengelyében, a törzsszerkezet alsó és felső részére kerülnek beépítésre, melyek fehér villanófények.

A leszállófényszórók két fontos szerepet töltenek be. Éjszaka biztosítják a leszállóhely megvilágítását, nappal pedig a légi jármű jobb láthatóságát/vizuális észlelhetőségét segítik elő. Elhelyezésük gépenként változó, fényük fehér színű. A repülőtereket is igénybe vevő UAV-k fontos eleme a fehéren világító gurulófények, melyek a légi jármű orr részébe vannak beépítve. Feladatuk a guruló utak megvilágítása. Bizonyos esetekben bekapcsolásra kerülhetnek mind a fel- és leszállás időszakában.

³⁴ Forrás: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=rpN8VQ_UL4c (2018.08.18)

³⁵ Tactical Environmental System – harcászati környezetfigyelő rendszer

³⁶ Tactical Control System – harcászati irányító rendszer



7. kép Fire Scout UAV külső fényekkel³⁷

Műveleti körülmények között, az emberi szem számára láthatatlan infravörös fények használata a legcélszerűbb, hiszen lehetővé teszi, hogy a kezelő az éjjellátó eszközzel nem rendelkező ellenség számára rejtve hajtja végre feladatát, miközben folyamatosan látja a többi repülőeszköz helyzetét és képes közöttük biztonságos elkülönítés fenntartására. Az infravörös külső fény speciális diódák, melyek fénye csak éjjellátó berendezéssel látható, pusztán szemmel nem, így megfelelő rejtettséget biztosít a segédeszközzel nem rendelkező ellenséggel szemben. A diódák kisméretűek és úgy tervezték őket, hogy felszerelhetők legyenek közvetlenül a repülőeszköz törzsére. Műveleti okokból fényüket általában felfelé és hátrafelé irányítják, ezáltal is csökkentve az észlelés lehetőségét [7].

Egyéb biztonságot növelő berendezések

Összeütközést elkerülő rendszerek

A légtérhasználat megköveteli további fedélzeti berendezések meglétét is. Az UAV-k a repülésük során OAT vagy GAT szabályok szerinti légiforgalomban vesznek részt. Fontos repülésbiztonsági cél a veszélyes megközelítések-, illetve az UAV-k más légi járművekkel történő összeütközésének kizárása. Ezt a célt szolgálja a pilóta által vezetett légi járműveken is alkalmazott, miniatürizált TCAS berendezés³⁸.

Jegesedés gátló berendezések

A MINI UAV-knál magasabb kategóriájú drónok nagy magasságokban hajtják végre feladataikat. Ezekben a magasságokban gyakorlatilag folyamatosan fennáll a veszélye annak, hogy az eszközök jegesedési zónákba kerülnek. Mivel a törzsszerkezet jegesedése nagymértékben rontja az eszköz aerodinamikai jellemzőit, ezért azt repülésre veszélyes körülménynek kell tekinteni. A magas repülésbiztonsági kockázattal járó körülmény elkerülése érdekében az UAV-nak rendelkeznie kell jegesedés jelzővel, illetve automatikus jégtelenítő rendszerrel.

Azonosítást biztosító rendszerek

Annak érdekében, hogy az UAV a műveleti terület feletti légtérben biztonságosan hajthassa

³⁷ Forrás: http://www.shephardmedia.com/static/images/article/fire_scout_us_navy.JPG (2013. (2013.081.8))

³⁸ Traffic Alert and Collision Avoidance System – forgalmi riasztó és összeütközés elkerülő rendszer



végre feladatait, egyértelműen beazonosíthatónak kell lennie a saját erők számára. Pozitív azonosítás nélkül a földi telepítésű légvédelmi eszközök, illetve a légtér biztosításában résztvevő harcászati repülő erők ellenséges légi járműként fogják azonosítani és megsemmisítik. A pozitív azonosítás automatizált eszköze az IFF³⁹ válaszjeladó berendezés. Ennek értelmében az UAV-nek rendelkeznie kell Mode 1-2-3 (A-C-S)-4-5 IFF berendezéssel.

Önvédelmi berendezések

A műveleti alkalmazás kapcsán megkerülhetetlen az UAV önvédelmének automatizált biztosítása. Javasolt az aktív automata üzemmódon működő önvédelmi berendezések beépítése. Ezek az RWS⁴⁰, LWS⁴¹ berendezések, illetve az automatikus zavarótöltet kilövő berendezés.

Annak érdekében, hogy az adott UAV megfelelő információkat tudjon gyűjteni, illetve csapást tudjon mérni az ellenséges erőkre és eszközökre szükséges az eszköz rejtettségének biztosítása, mely két módon valósítható meg. Egyrészt az UAV külső fényei NVG kompatibilisek legyenek, másrészt – amennyiben gázturbinás légi járműről van szó –, akkor csökkenteni kell a hajtóműből kiáramló gázhőmérsékletet megfelelő berendezéssel.

Gépelhagyás utáni pilótakereső rendszer

Mivel a TACTICAL (és annál nagyobb) kategóriájú UAV-k előállítási költsége nagyon magas, ezért egy esetleges kényszerleszállást követően fontos feladat az eszköz mihamarabbi felkutatása és műszaki mentése. Annak érdekében, hogy minél hamarabb menthető legyen a légi jármű (műveleti területen), opcionálisan felszerelhető fedélzeti vészjeladó berendezéssel.

A kutató-mentő műveleteket eredményesebben végrehajtására, a hadműveleti területen katapultált pilóták felkutatására olyan robotrepülőgépeket küldenek felderítésre, melyen az SRRS⁴² helyzetét kisugárzó transzponder jeleit veszik, így a keresés élőerő veszélyeztetése nélkül lehetséges. A rendszerrel szemben támasztott követelmény a kis méret, és a meglévő SAR⁴³ eszközparkjával való együttműködés.

Festés

A fedélzeti eszközök bemutatásán túl szót kell ejteni az UAV festéséről is. Figyelembe véve hogy az ellenséges erők a közepes magasságnál alacsonyabban repülő légi járműveket elsődlegesen a vizuális felderítés módszerével észlelik, ezért kiemelt jelentősége van annak, hogy milyen rejtettséget biztosít a légi jármű festése. Elsődleges előírás az, hogy az UAV alsó részének árnyalata fakó/halvány színezetű legyen, hogy beleolvadhasson az ég és a légkörben lévő különböző jellegű felhőzet színárnyalataihoz.

Az UAV felső részének festése általában megegyezik az alsórészszel, mivel annak színe tulajdonképpen indifferens. Ez azért van, mert repülés folyamán az UAV-t felülről csak a harcászati repülőgépek pilótái láthatják, azonban azok olyan kifinomult radarokat alkalmaznak, melyek

³⁹ Identification Friend or Foe – barát-ellenség azonosító rendszer

⁴⁰ Radar Warning System – radarbesugárzás jelző berendezés

⁴¹ Laser Warning System – lézerbesugárzás jelző berendezés

⁴² Survivor Radio Repeater System – katapultálás utáni pilótakereső rendszer

⁴³ Search and Rescue – kutatás-mentés

már jóval a vizuális felderíthetőség előtt felderítik/azonosítják az adott pilóta nélküli légi járművet.



8. kép Álcázó festékkel ellátott amerikai Predator B UAV⁴⁴

ÖSSZEGZÉS

Áttekintve a fentiekben felsorolt fedélzeti rendszereket illetve fedélzeti eszközöket látható, hogy azok beépítése komoly törzsszerkezeti terheléssel jár. Az eszközök beépítési pontjainak minden esetben erősítettnek kell lenniük annak érdekében, hogy egy erőteljesebb földet érés hatására ne sérülhessenek. Abban az esetben, ha egy adott UAV-t fegyveres feladatra is kívánunk alkalmazni, szükség van arra, hogy a törzs kialakítása lehetővé tegye a különböző típusú fegyverek (irányított rakéta, precíziós légibomba) függeszthetőségét és alkalmazását.

Az UAV-k mind a polgári-, mind pedig a katonai alkalmazási körök kapcsán szerteágazó feladatrendszert teljesítenek. Beillesztésük a GAT és az OAT szabályok szerinti légiforgalomba – ha csak a jogi és fedélzeti felszereltségi aspektusokat tekintjük – nyilvánvalóan egyre kiterjedtebb vizsgálatot igényel.

Ahhoz hogy ezen légi járművek a repülésbiztonsági elvek betartása mellett képesek legyenek repülni, rendelkezniük kell azon fedélzeti eszközökkel/rendszerekkel, melyek a pilótás légi járműveken már kötelezően rendszeresítve vannak. A katonai alkalmazás kapcsán a nehézség abból adódik, hogy nem elég csupán a polgári JAR⁴⁵ előírásokban foglaltaknak megfelelni, hanem szem előtt kell tartani a NATO Stanag-ek⁴⁶ ajánlásait is.

Az előzőekben leírt technikai követelményrendszer alapján látható, hogy az UAV-k a szerteágazó alkalmazásuk kapcsán elég komplex felszereltségi követelményeknek kell, hogy megfeleljenek. Ezen kívül a konstrukció kialakításakor szem előtt tartani, hogy az eszköz tartósan, többször is felhasználható legyen, üzemeltetése egyszerű, javítás könnyen elvégezhető legyen.

⁴⁴ Forrás: http://www.airforce-technology.com/projects/predator-uav/images/predatorb_1.jpg (2013.08.18)

⁴⁵ Joint Aviation Regulation – légügyi rendelet

⁴⁶ NATO Stanag – North Atlantic Treaty Organisation Standardisation Agreement – NATO Egységesítési Egyezményeinek

A napjainkban divatosan használt „költséghatékonyság” kifejezés oltárán nem szabad a biztonságot feláldozni, hiszen az emberéletbe kerülhet. A legfontosabb irányelv az UAV-k esetén a repülés biztonsága!

Összességében megállapítható, hogy egy pilóta nélküli légi jármű rendszer tervezésénél, gyártásánál sok hasonló műszaki és jogi előírást kell teljesíteni, mint a hagyományos légi járművek kialakításánál. Fedélzeti komponensekkel kapcsolatba kijelenthető, hogy az érzékelők, szenzorok, központi vezérlő teljes kiesése nem megengedett. Az esetleges meghibásodás esetén csökkentett funkcionalitás a rendszerek részéről elfogadható. Bizonyos egységek meghibásodása esetén az egyes funkcionalitások átvehetők, átadhatók.

 **SZÉCHENYI TERV**

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

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

A publikáció pályázat keretében a „A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai” kiemelt kutatási terület készült.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 3/2006. (II. 2.) HM rendelet az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól
- [2] B. BEKESI: Redundancy on Board of UAVs – Energy Systems, Proceedings of 16th International Conference. Transport Means. 2012., Kaunas: Technologija, 2012. pp. 158-161. (ISSN 1822-296 X)
- [3] Joint Air Power Competence Centre: Strategic concept of employment for unmanned aircraft systems in NATO, January 2010,
http://www.japcc.de/fileadmin/user_upload/projects/nato_flight_plan_for_uas/NATO_UAS_CONEMP_Final.pdf (2013. 08.24)
- [4] KOVÁCS GÁBOR - MAKKAY IMRE: Robotrepülőgépek hasznos terhei, Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám a Repüléstudományi Konferencia 2012 különszáma 2012. április 12.,
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/75_Makkay_Imre-Kovacs_Gabor.pdf, HU ISSN 1789-770X
- [5] KUBOVICS BALÁZS – MAKKAY IMRE: Robotrepülőgépek magasságmérő rendszerei, Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám a Repüléstudományi Konferencia 2012 különszáma 2012. április 12.,
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/76_Makkay_Imre-Kubovics_Balazs.pdf, HU ISSN 1789-770X
- [6] MAKKAY IMRE – PAPP TÍMEA: Robotrepülőgépek kommunikációs rendszerei, Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám a Repüléstudományi Konferencia 2012 különszáma 2012. április 12.,
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/77_Makkay_Imre-Papp_Timea.pdf, HU ISSN 1789-770X
- [7] NAGY JÁNOS: Éjjellátó eszközök fedélzeti alkalmazásának kompatibilitási kérdései, Repüléstudományi Közlemények Különszám 2009, http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2009_4/2009_4_Nagy_Janos.html, (2013. 08.24)
- [8] PALIK MÁTYÁS: Pilóta nélküli légi jármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben PhD értekezés, Budapest, 2007.
- [9] USA DOD: Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005–2030, https://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf