

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Had- és Rendészettudományi Szekció

Budapest, 2013. április 16-18.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

Kockázatok és kihívások a pilóta nélküli légi jármű rendszerek alkalmazásában

Jelige: viktorkilo

Dolgozat lezárásának időpontja: 2012. április. 18.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	3
1. AZ UAV BEMUTATÁSA.....	6
1.1 Mi is az UAV?	6
1.2 Alkalmazásuk okai.....	8
1.3 Történeti áttekintés.....	9
1.4 Az UAV-k különböző alkalmazási területei	11
2. AZ UAV ALKALMAZÁS KOCKÁZATI TÉNYEZŐI.....	13
2.1 Repülésbiztonsági fogalmak.....	13
2.2 Kockázatok	14
2.2.1 Ellenőrizetlen repülés	14
2.2.2 Földnek ütközés	18
2.2.3 Levegőbeli ütközés	21
2.2.4 Felszállási, leszállási balesetek	22
2.2.5 Potenciális járművesztés	23
3. ÖSSZEGZÉS.....	26
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	27
A DOLGOZATBAN TALÁLHATÓ KÉPEK	28

BEVEZETÉS

A pilóta nélküli légi jármű rendszerek – Unmanned Aircraft System (későbbiekben UAS)¹, és azok légi alrendszerei, a pilóta nélküli légi járművek – Unmanned Aerial Vehicle (későbbiekben UAV)² csak nemrég jelentek meg a repülés történetében. Gyakorlati alkalmazásuk a katonai repülésben, különböző küldetéseikben, mint a Balkánon, Afganisztánban vagy Irakban magukra vonták a közsféra figyelmét is. Napjainkban, egyre nagyobb hangsúly helyeződik a biztonságra, beleértve a környezeti, a gazdasági tényezőket, melyek hatással vannak a légiközlekedésre. Ez által megnövekedett, felértékelődött az igény a légi robotok alkalmazására mind a fegyveres erőkből és a polgári életben.

Légiforgalmi irányító jelöltként tanulmányaim során több tantárgy tananyagában is szerepeltek az UAV-k katonai és civil alkalmazásának kérdései. Elméleti ismereteket sajátítottam el az eszközök légi jogi, haditechnikai, repülő-harcászati és repülésbiztonsági vonatkozásairól.

A jelenlegi félévben a légiforgalmi irányítás szimulációs gyakorlati foglalkozásainak keretein belül, már szerepet is kapnak az eszközök, bonyolítva a feladatok végrehajtását. Ezek a gyakorlatok rámutattak az eszközök alkalmazásával kapcsolatos nehézségekre, kihívásokra és a nem teljes körű hazai szabályozottságukra.

A tanszék oktatói közül többen részt vesznek az Új Széchenyi Terv keretében megvalósuló **„TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások”** pályázat, „Adatintegráció” alprogramjának, *„A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai”* kiemelt kutatási területén folyó tudományos programban.

A kiemelt kutatási terület fő célkitűzései magukba foglalják a légiközlekedés-biztonságát jelentősen veszélyeztető, és szabályozatlan területek kijelölését, a meglévő jogi szabályozás, és az alkalmazott technikai eszközrendszerek és működési feltételek

¹ „Egy- vagy több pilóta nélküli légi járműből álló légi alrendszer és annak működését biztosító földi alrendszer, valamint a köztük lévő adatkapcsolatok összessége.”, Palik, M.: Pilóta nélküli légi jármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben, PhD értekezés, Budapest, ZMNE, 2007, P.: 10

² „Egyszer- vagy többször felhasználható, vezető nélküli, meghajtott légi jármű, mely repüléséhez aerodinamikai erőket használ. Távirányítással, programozott önirányítással, illetve kombinált irányítással működhet, képes halálos- vagy nem halálos teher hordozására.”, Palik M : i.m., P: 9

hiányosságainak elemzését. Mindezeket túl ajánlásokat fogalmaz meg a minimális üzemelési feltételekre, a szükséges engedélyekre, a szakszemélyzet képesítésére.

Továbbá kidolgozza a biztonságos légi és földi üzemelésükhöz szükséges általános, és különleges repülési szabályokat, ajánlásokat tesz azok végrehajtására. Meghatározza az UAV légiközlekedés-biztonságot szavatoló technikai eszközrendszereit és kidolgozza a biztonságos légi- és földi üzemelést elősegítő szervezési feltételrendszereket.

A kutatások várható eredményei az alábbiak lesznek:

- Megvalósíthatósági javaslatok az UAV-k alkalmazásával kapcsolatos átfogó, hazai jogi szabályozásra, a jogszabályi háttér módosítására, kialakítására;
- tanulmány-tervek az UAV-k Magyarország légterében és repülőterein történő repüléseinek végrehajtásának szabályozására;
- javaslatok megfogalmazása az UAV-k légiközlekedés-biztonságot szavatoló technikai és szervezési feltételrendszerének kialakítására.

A programba nem csak egyetemi oktatók és külső szakértők, hanem egyes részterületek kidolgozásában az alap-, a mester és a doktori képzésben tanulmányokat folytató hallgatók is részt vesznek. Mivel érdeklődöm a pilóta nélküli repülőgépek iránt, mielőtt tudomásomra jutott a pályázat és az azzal kapcsolatos kutatások azonnal jelentkeztem a programba.

A projektben feladatul kaptam, hogy meghatározott dokumentumokat dolgozzak fel, azokban keressem meg és gyűjtsem össze az UAV-k alkalmazásával járó veszélyeket, a repülésbiztonságot csökkentő legfontosabb technikai, szervezési, környezeti és humán tényezőket. A kutatások egy későbbi szakaszában ezeket az eredményeket felhasználva bővíthetik a lehetséges megoldások listáját.

A választott téma fontossága és aktualitása nehezen kérdőjelezhető meg. Hazánkban az UAV-k alkalmazását, átfogó jelleggel eddig még nem dolgozták fel, sem annak légiközlekedés-biztonsági-, sem alkalmazói környezetének vizsgálata szempontjából. Az UAV-k békeidőben való alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusból történő vizsgálatát és a szabályozói környezet kidolgozásának aktualitását elsősorban az indokolja, hogy úgy a hazai, mint a nemzetközi előírások hiányosak, nincs meg a jogszabályi kerete ezen rendszerek hazai alkalmazásának.

Mindezek miatt elengedhetetlenül fontos, hogy az alkalmazásukkal kapcsolatos legapróbb légiközlekedés-biztonsági kérdések is tisztázásra kerüljenek.³

A dolgozatom első fejezetében **ismeretem** az UAV-kkal kapcsolatos **általános tudnivalókat, felhasználásuk okait, azok kialakulásának történetét, fejlődésüket és rendszerezésüket**. A második részt a **repülésbiztonsági alapfogalmakkal tisztázásával** kezdem, amelyeket fontosnak tartok a dolgozat megértésében. E fejezet hátralévő részében **az UAV-k alkalmazásával járó kockázatokat és kihívásokat** gyűjtöm össze és mutatom be.

Az utolsó fejezetben **összegzem az elért eredményeket**, és ismertetem a dolgozat további felhasználási lehetőségeit.

Dolgozatom elkészítéséhez a konzulensem által megadott dokumentumokat használtam fel, melyeket kiegészítettem az interneten fellelhető irodalmak és a témához kapcsolódó területen dolgozó szakemberektől nyert információkkal. Az így összegyűjtött szakanyag válogatásával, lefordításával majd értelmezésével lehetőségeimhez mérten kívántam a lehető legteljesebb képet kialakítani e területről

³ Dr. Palik Máttyás: A pilóta nélküli légi járművek hazai szabályozói környezete fejlesztésére irányuló K+F projekt bemutatása, „Repüléstudományi Konferencia 2012”, Szolnok, 2012. április 12.

1. AZ UAV BEMUTATÁSA

1.1 Mi is az UAV?

Az UAV hajózőszemélyzet nélkül alkalmazható légijármű, melynek a fedélzetén nem tartózkodik személyzet, amely az eszközt vezetné, annak rendszereit, berendezéseit működtetné. Napjainkban legelterjedtebb alkalmazásuk mind katonai, mind civil területen a felderítés, a megfigyelés, a tüzérségi tűz helyesbítés, a célmegjelölés és a rádióelektronikai tevékenység. A pilóta nélküli repülőgép egyik fontos jellemzője, hogy többször felhasználható, ellentétben például a manőverező robotrepülőgéppel, vagy egy rakétafegyverrel, hiszen azok használatuk során megsemmisülnek. Irányításuk szempontjából megkülönböztetünk, program-, autonóm- valamint kombinált irányítású UAV-kat. Ezek az eszközök képesek önállóan felszállni és feladatot teljesíteni, majd annak végrehajtása után visszatérni a megadott helyre, majd leszállni.

Az UAV-k felépítésükben, működésükben általában közel azonosak az ember által vezetett repülőgépekkel, helikopterekkel, különbség csak a geometriai méretekben és a tömeg adataikban van.



1. kép: Különböző típusú és méretű UAV-k

A régebbi típusok 3-7 m-es törzshosszal, 4-8 m-es szárnyfesztávolsággal, az új, modernebb mini repülőtestek 1-2 m-es törzshosszal és 1,5-2,5 m-es szárnyfesztávolsággal rendelkeznek. Ettől természetesen eltérő, akár, nagyobb akár kisebb méretűek is léteznek.

A napjainkban rendszerben álló modern UAV-k a navigációs feladatos sebészi pontosságú végrehajtása érdekében el vannak látva fedélzeti számítógéppel és GPS⁴ rendszerekkel.

Ezek az eszközök és konstrukcióik jelenleg is folyamatos fejlesztésen mennek keresztül, főleg hatótávolságuk, és levegőben tarthatóságuk szempontjából. Ami nem csak katonai alkalmazásuk szempontjából fontos, hiszen egyre nagyobb szerepet töltenek be a polgári felhasználás során is.

Legyen szó civil, vagy katonai feladatról, az UAV-k egyidejűleg ugyanúgy a levegőben hajtanak végre feladatokat, mint más ember vezette légi járművek. Napjainkban ez az UAV-k nagyszámú alkalmazásának az egyik legfőbb korlátja. Jelenleg még elkülönített légtereket kell biztosítani számukra, a légiközlekedés biztonságára veszélyt jelentő faktorok minimalizálása érdekében. Az eszköz széleskörű alkalmazásában rejlő kiaknázatlan lehetőségek fokozzák az igényt, hogy az egyre növekvő légi forgalommal együtt, közös lég térben működjenek. Ezért elengedhetetlenül fontos, hogy biztonságosan integráljuk ezeket az eszközöket a légiközlekedésbe. Napjainkban még nyitott kérdés és csak részben megoldott probléma, hogy miként tudnak ezek a rendszerek ilyen helyzetben biztonságosan működni.

Alkalmazásukkal kapcsolatban több kérdés is felmerülhet:

- Mennyivel hatékonyabbak az ember vezette társaikkal szemben?
- Mennyire megbízhatóak ezek a repülőeszközök?
- Mekkora kockázatot jelenthetnek más légi járműre vagy földi objektumokra, emberekre, környezetre?

Az UAV fejlesztésével, alkalmazásával és szabályzó rendszerének kidolgozásával foglalkozó szakembereknek ezekkel a kihívásokkal kell megküzdeniük.

4 Global Positioning System - Műholdas helyzet meghatározó rendszer

1.2 Alkalmazásuk okai

Az UAV–k napjainkra elérték azt a fejlettségi szintet, amikor bizonyos feladatok végrehajtásában hatékonyabban és biztonságosabban képesek tevékenykedni, mint pilóta által vezetett repülőeszközök. Mindezekon felül bevetésük nem jár a személyzet egészségének és/vagy életének szükségtelen kockáztatásával, veszélyeztetésével.

Ma az UAV–kal kapcsolatban jól ismert kifejezés a „D³LE” jelző. A négy angol szóból kirakott rövidítés “Dull, Dirty, Dangerous & Less Expensive” arra utal, hogy mely feladatok azok, melyekben az UAV–k hatékonyabban képesek tevékenykedni, mint a pilóta által vezetett társaik.⁵

A „Dull”, a monoton, hosszú és unalmas feladatokra utal, melyeknek az a sajátossága, hogy a személyzet figyelme és összpontosítása csökkenhet, ami veszélyezteti a küldetést és a személyzet biztonságát is. A másik kifejezés a „Dirty”, azaz mocskos, koszos, azokra a repülési feladatokra utal, amelyeket NBC⁶ szennyezett légtérben kell végrehajtani repülő eszközökkel. A „Dangerous” jelző a feladatokban résztvevő személyzetekre leselkedő veszélyekre, és a lehetséges politikai kockázatokra utal.

Az UAV–t még egy kiegészítő jelzővel is szokták említeni az LE betűszócskával, amely a „Less Expensive” – kevésbé költséges – fogalmat takarja. Az UAV–k viszonylagos alacsony árát több tényező is befolyásolja, úgy mint az egyszerű és olcsó gyártási technológiák, a nagy számban történő előállítás és az, hogycsak a feladat végrehajtásához feltétlenül fontos berendezéseket kell beépíteni a fedélzetre. Egy UAV–n nincs szükség nagyméretű, drága, a pilóta „komfortját” és életfeltételeit biztosító berendezésekre. Így áruk és tömegük alacsonyabb, geometriai méretük pedig lényegesen kisebb lehet a pilóta által vezetett repülőgépekkel szemben. Természetesen ez az állítás a stratégiai UAV–knél és a jelenleg még csak kipróbálás előtt álló pilóta nélküli harci repülőgépeknél – Unmanned Combat Air Vehicle – már nem igaz. Ezek a rendszerek semmivel sem olcsóbbak, mint a pilóta által vezetett repülőgépek. Ennek oka egyrészt nagy méretükben és tekintélyes tömegű hasznos terükben, másrészt a magas gyártás–technológiai követelményeikben rejlik.

⁵ Palik M.: Need for Unmanned Aircraft System, Hadmérnök, II. Évfolyam 2. szám - 2007. június

⁶ NBC – Nuclear, Biological, Chemical – Nukleáris, biológiai, vegyi

Amikor azonban az UAV-k üzemeltetéséről van szó, igazuk van a rendszerek olcsóságát hangsúlyozóknak, mivel a fenntartási mutatóik lényegesen alatta maradnak a pilóta által vezetett repülőgépekének. Ez többek között azzal is magyarázható, hogy üzemeltetésükhöz, tárolásukhoz, fel- és leszállásukhoz nem igényelnek bonyolult infrastruktúrát. Nem szükséges a hosszan tartó, és költséges pilóta felkészítés sem. Az UAV operátorokat a repülésre alkalmatlanná vált repülőgép-vezetők átképzésével is meg lehet oldani. A pilóta által vezetett repülőgépekkel végrehajtott kiképzési repülésekkel együtt járó hatalmas üzemeltetési és egyéb költségeket is töredékükre csökkennek, mivel ez az UAV operátorok felkészítésében szimulátorokkal szinte teljesen kiváltható.

1.3 Történeti áttekintés

Átolvasva több, a pilóta nélküli légijárművek történetéről szóló dokumentumot a szerzők szinte kivétel nélkül egységesen a következő megállapításokat tették az UAV-k történetével, azon belül alkalmazási elveikkel, technikai fejlődésükkel, és hatékonyságukkal kapcsolatban.^{7 8 9}



2. kép: Korabeli kép a Kettering Bugról

Megjelenésüktől a II. világháború végéig tartó időszakban felhasználásuk egyedüli célja az ellenség szárazföldi és vízfelszíni erőinek megsemmisítése volt. Ezekben az időkben nem egy új eszközrendszer kifejlesztése, hanem már meglévő

⁷ Pogácsás Imre: A pilóta nélküli repülőeszközök, avagy egyenes út a robothadviselésig?, Repüléstudományi közlemények, 2008, II. szám

⁸ Palik, M.: Pilóta nélküli légijármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben, PhD értekezés, Budapest, ZMNE, 2007, P.: 33-58

⁹ Gerken Louis, C.: UAV–Unmanned Aerial Vehicles, American Scientific Corp., 1991, ISBN 0–9617163–4–7

repülőgépek átalakítása volt a cél. Kezdetben csak távvezérléssel működtek. A rádióirányítás gyakorlati alkalmazását az 1930-as évek tudományos-technikai fejlődése segítette elő. 1945 végére a fotó felderítő eszközökön kívül egyszerű TV-kamerák és telemetrikus adatok átjátszásához szükséges rendszerek is fedélzetükre kerültek.

Első nagy számban történő alkalmazásukra a Vietnámi háború idején került sor, ahol hadászati fotó-felderítést folytattak, mely kiegészült elektronikai felderítéssel, passzív zavar- és röplapszórással, illetve megtévesztő tevékenységgel. Az ellenséges légvédelem ellen nagysebességű-, változó profilú felderítést folytattak. A háború alatt a túlélőképességük fokozása érdekében csökkentették a radarhullám-visszaverődést és a kondenzcsík kibocsátást. Az UAV-k törzsét radarhullám-elnyelő festékkel vonták be. Ekkor a maximális repülési időtartamuk már elérte a 2 órát. Hatékonyságuk a pilóta által vezetett repülő eszközökkel arányban állt, viszont gyenge manőverező képességük miatt jobban ki voltak téve az ellenséges légvédelemnek.

Az 1980-as évektől már az elektronikai hadviselés területén is megjelentek. Ekkor új feladatként jelent meg számukra a célmegjelölés is. Az ipari fejlődése újabb lökést adott az UAV fejlesztéseknek. A korábbiaknál már kisebb és olcsóbb, egyszerűbb kialakítású eszközök készültek. Túlélőképességüket a kis méret, valamint minimális radar- és infravörös kibocsátás biztosította. Ezeket a tulajdonságaikat az 1982-es Bekaa völgyben folytatott műveletekben nagy hatékonysággal kamatoztatta az izraeli légierő.



3. kép. Az USAF Predator típusú UAV-ja a taszári bázison

Az 1990-es évektől a komplex felderítés részeként a megszerzett információkat már közel valós időben tudták eljuttatni a felhasználókhoz. Ekkor a nagy távolságú, hadászati felderítést folytató UAV-k már a látóhatáron túli működést biztosító műholdas adatátviteli rendszerekkel rendelkeztek, melyek új minőségi képességet biztosítottak. A felderítési feladatok hatékonyságának növelése és a minden időjárási

viszonyok közötti feladat végrehajtására speciális radar-berendezéseket alkalmaztak. Továbbá alkalmassá tették őket álcázott célok felderítésére is.

Az ezredforduló óta napjainkig zajló helyi háborúkban (I. Öböl háború, Boszniai– és a Koszovói konfliktus, Afganisztáni– és a II. Iraki háború) már több tucatnyi, különböző típusú UAV-t vetnek be a koalíciós erők. A műveletek időszakában kivétel nélkül működnek UAV-k a hadműveleti területek feletti légterekben. Ezek az eszközök mostanra képessé váltak precíziós fegyverek célba juttatására is. Meghatározó eszközeivé váltak a nem háborús katonai műveleteknek is.

Az UAV-k hosszú évek alatt folyamatos fejlődésen mentek keresztül, napjainkra már megjelentek csapásmérő típusaik is. Alkalmazásukat az adott kor technikai–fejlettsége és az akkori harcászati elvek határozták meg. Segítségükkel a felderítési eléri azt a magas fokú követelményt, melyet a csapatok nagyfokú manőverszabadsága igényel. Fenyégetettségük időről időre változott, míg Vietnámban a vadászpilóták, Libanonban már a levegő–föld osztályú rakéták, napjainkban pedig a kézi fegyverek és légvédelmi tüzér eszközök jelentik a legnagyobb fenyégetettséget számukra.

1.4 Az UAV-k különböző alkalmazási területei

Az UAV-k az elmúlt néhány évtizedben igen jelentős technikai átalakuláson mentek keresztül. Kijelenthető, hogy fejlődésükre nagy hatással voltak az elmúlt időszakok fegyveres konfliktusai, melyek sok esetben felszínre hoztak új alkalmazási elveket, és olyan szükséges technikai változtatásokat melyekre megoldást kellett találni. A katonai felhasználásuk nagyjából a felderítésre irányul, viszont egyre több szerepet kapnak más feladatokban is. Ezen túl további feladataik lehetnek:

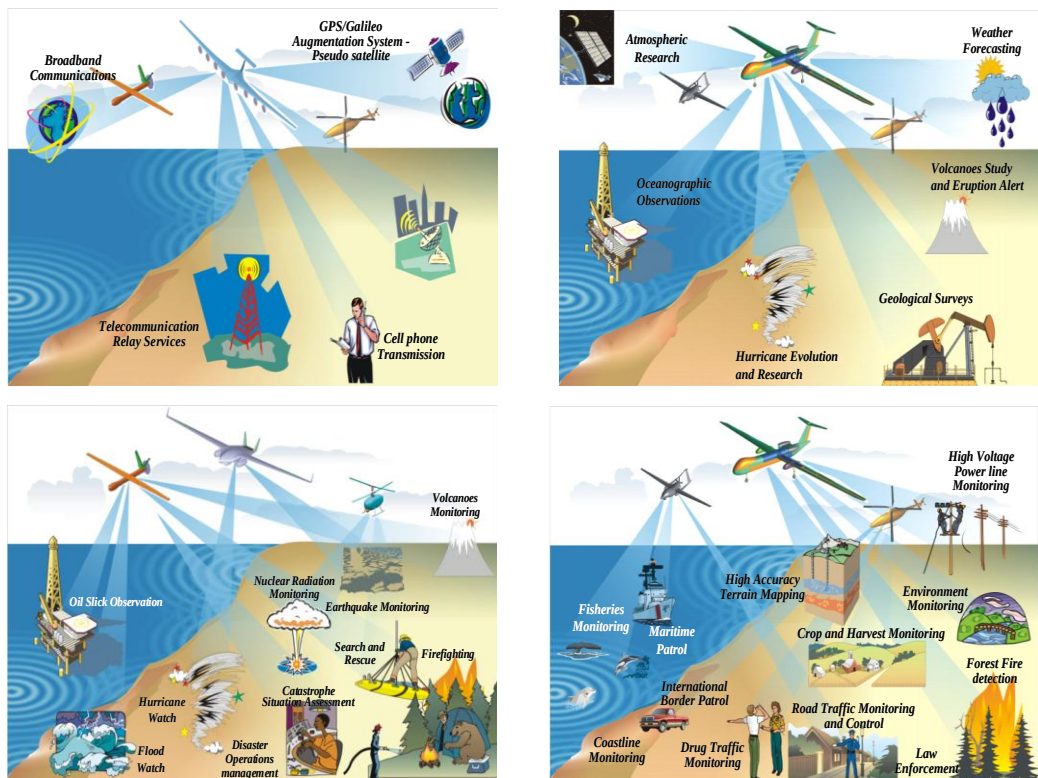
- Képi vagy nem képi felderítés;
- megfigyelés;
- célmegjelölés;
- rádióelektronikai hadviselés;
- „időérzékeny kritikus célok” megsemmisítése;
- kommunikációs feladatok ellátása.

A közeljövőben e felsoroltakon kívül tevékenységi körük kiegészülhet:

- ABV felderítéssel;
- kutatás–mentéssel, harci kutatás–mentéssel;
- légi-logisztikai kiszolgálással.

A katonai alkalmazás mellett egyre nagyobb teret nyer a civil célú felhasználásuk is, mint például:

- tűzesetek felderítése (erdő-, fűrótorony tüzek);
- légi-térképészeti munkálatok;
- hálózatok (kőolaj, földgáz, elektromos) táv-megfigyelése;
- rendkívüli helyzet (árvíz, földrengés, vulkánkitörés) ellenőrzése;
- határőrizet (tiltott határátlépés, csempészet) megfigyelése;
- drog felügyelet (felderítés, megfigyelés);
- város ellenőrzés (terrorista elhárítás, VIP rendezvények) felügyelete.



4. kép: Az UAV-k civil felhasználásának lehetőségei

A közeljövőben (3-4 éven belül) ezek a feladatok kiegészülhetnek az alábbiakkal:

- tengerpart megfigyelése;
- távérzékelés és meteorológiai adatgyűjtés;
- mezőgazdaság (termény/kárbecslés, halászati és vadmegfigyelés);
- távközlési és műholdas adatátvitel;
- kőolaj és ásvány felmérés, azonosítás;
- hosszú időtartamú természettudományi és atmoszférikus kutatás.

2. AZ UAV ALKALMAZÁS KOCKÁZATI TÉNYEZŐI

E fejezet első részében ismeretem az UAV-kkal kapcsolatos repülésbiztonsági alapfogalmakat, amelyek megítélésem szerint fontosak lehetnek a dolgozat következő szakaszának megértésében. A fejezet második része tartalmazza az dolgozat érdemi részét, az UAV-k alkalmazásával járó kockázatok és kihívások összegzését és bemutatását.

2.1 Repülésbiztonsági fogalmak¹⁰

Veszély: „olyan tulajdonság, amely tevékenységekre, folyamatokra jellemző, mely képes kárt, negatív következményt előidézni”.

Veszélynek nevezzük a jövőbeni események bekövetkezésének lehetőségét. Amennyiben az előre nem látható esemény vagyoni veszteséggel, gazdasági hátránnyal jár, akkor valamilyen kárról beszélünk. A veszélyt előidéző okok a veszélyforrások. A káros következményekkel fenyegető események bekövetkezésének esélye a kockázat. A kockázatot a veszély hozza létre.

Kockázat: „valamely esemény bekövetkezésének valószínűsége szorozva a lehetséges következmény súlyosságával.”

Ahhoz nem elegendő ismerni a veszély nagyságát, súlyosságát, pontosan tisztában kell lenni az esetlegesen bekövetkező esemény valószínűségével is, ugyan is két összetevő képes csak megadni a kockázatkezelés alapjait. A kockázat szintjét a veszély súlyosságának és a bekövetkezése valószínűségének szorzata adja. Egy harmadik tényező, melyet a kockázat meghatározásánál figyelembe kell venni, a veszélyeztetettség szintje, azaz hogy a légi jármű és annak személyzete milyen mértékben van kitéve veszélynek.

Biztonság: a „biztonság veszélyektől vagy bántódástól mentes (zavartalan) állapot”.

Napjainkban egyre jelentősebb szerepet töltenek be a speciális részterületek között fennálló összefüggések rendszerének, az egymásra épülés illetve az egymástól

¹⁰ Dr. Palik M.: Pilóta nélküli repülőgépek üzemeltetésének légiközlekedés-biztonsági szempontjai, XVII. Repüléstudományi Napok Konferencia, 2010. november 11-12

való függés kérdéskörei, melyek jelenleg az egyik legjelentősebb vizsgálati területei a biztonságoknak.

Repülésbiztonság: „Olyan állapot, amelyben a személyeknek okozott vagy a tulajdonban keletkezett károk kockázatát egy elfogadható szintre csökkentik, azon vagy az alatt tartják a veszélyek azonosításának és a kockázatok kezelésének állandó folyamatain keresztül.”

A repülésbiztonság egy rendszernek tekinthető, amelyben figyelembe veszik a szabályok betartását, és a balesetektől és veszélyektől mentes repülésre, feladatvégrehajtásra törekcszenek. Azonban hibák sajnos mindig bekövetkeznek, a megelőző tevékenységek ellenére is. Nincs olyan ember alkotta, és általa működtetett rendszer sem, amely mentes lenne a hibáktól. Így a légiközlekedési balesetek számának nullára csökkentése is lehetetlen. Viszont azt mindenkinek tudnia kell, hogy a felderített és kezelt hiba és kockázat a rendszer működésének alapvető eleme.

2.2 Kockázatok

2.2.1 ELLENŐRIZETLEN REPÜLÉS

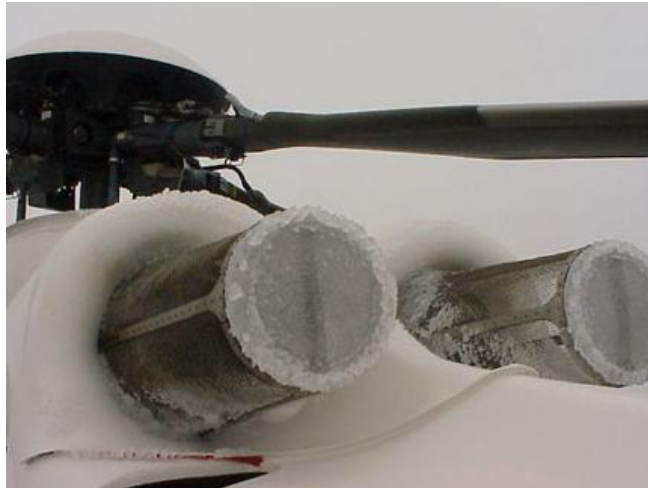
2.2.1.1 Hajtóerő csökkenés

Állandó sebességű vízszintes repülésben a hajtóerő nagysága pontosan megegyezik a repülőgép légellenállásával. Repülés közben a vízszintes irányú előreható hajtóerő csökkenését okozhatja hajtómű meghibásodása, üzemanyag elégtelenség vagy eltömődött légbeömlő nyílások.

A meghajtó rendszer rendeltetés szerinti működése – legyen az elektromos, vagy folyékony üzemanyagú – a repülés folyamán kulcsfontosságú. A meghibásodott hajtómű a repülőgépre nézve kényszerhelyzetet jelent, amikor nem az előre tervezett helyen és nem a megszokott módon érhet földet.

A több hajtóművel rendelkező légi járművek egy-egy motor kiesését a meglévők nagyobb terhelésével kompenzálni lehet – bár az összteljesítmény általában így is csökken. UAV-k esetén is célszerű az osztott hajtómű alkalmazása, de elektromos segédhajtómű használata is megoldás lehet.

Az időjárási viszonyok nagy hatással vannak a hajtóművekre. Amikor olyan magasságokban üzemeltetik az UAV-ket, ahol a jég kialakulásának valószínűsége magas, és nincsenek meg a megfelelő jégtelenítő berendezések akkor a hajtómű jegesedése és az a miatti leállás könnyebben bekövetkezhet.



5. kép: Jegesedés okozta eltömődött légbeömlő nyílás

2.2.1.2 Felhajtóerő csökkenés

A függőleges irányú felhajtóerőt, amely a gép magasság szerzéséért felel, csökkentheti szerkezeti meghibásodás, illetve időjárási körülmények elsősorban a jegesedés. A szárnyakon és a géptörzsön lerakódó jég, tömegnövekedést, aerodinamikai együtthatók romlását és az irányító felületek beragadását okozhatják.

Továbbá a szerkezetben lévő hidraulikus rendszer meghibásodása is okozhat nagy problémákat. Ugyanis ez felel a szárnyakon lévő irányító felületek mozgatásáért. Ha a magasságot szabályozó panelek nem működnek az UAV nem képes a vertikális helyzetváltoztatásra.

2.2.1.3 Irány/magasság/helyzet információvesztés

A le- és felszállás, valamint a feladat végrehajtás szempontjából is az egyik legfontosabb repülési adat a magassági információ. Természetesen a légi járművek magasságának pontos ismeretek nem csak a repülőgép-vezetők érdeke, hanem a légiforgalmi irányítók számára is elengedhetetlenül fontos. A repülőgép pillanatnyi magasságát alapvetően háromféle szinthez képest állapíthatjuk meg.

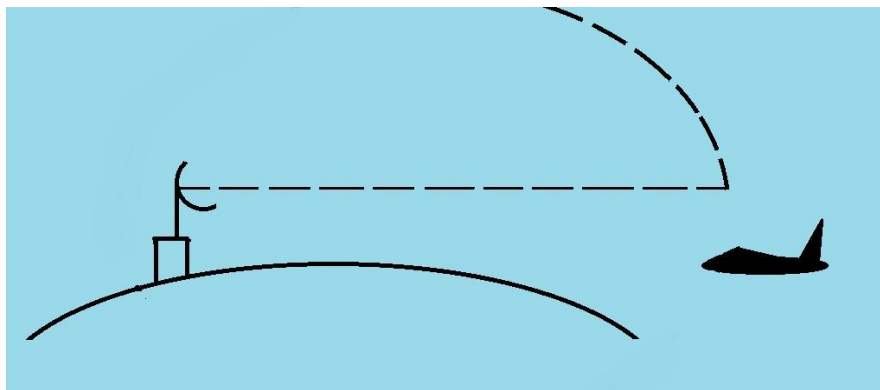
Minden UAV alapvető követelménye, hogy a jármű robotpilótája földi irányító egység felé a lehető legpontosabb repülési adatokat továbbítsa. Ezen belül a legfontosabb repülési paraméterek: a sebesség, a magasság, a dőlésszög, az állásszög

stb. mérése a repülőgépen történik. Nagyon fontos a navigáció és a repülési cél sikeres elérése érdekében a fent említett adatok több forrásból történő mérésének biztosítása, és azok megerősítése. Amennyiben ezek az adatok nem érhetőek el, az UAV illetve annak kezelője nem tudja pontosan és biztonságosan végrehajtani a kijelölt feladatot. Megnövekszik a valószínűsége, hogy a légi jármű veszélyes helyzetbe kerül.

2.2.1.4 Nem tervezett kapcsolatvesztés

Az összeköttetés elvesztése a légi járművel nagy problémákat vet fel, melynek kialakulásáért az alábbi okok lehetnek felelősek:

- rádió interferencia zavar: azok a rádió hullámok amelyek azonos frekvencián sugárzódnak könnyen összeadódhatnak vagy kioltathják egymást. így az információ zavaros lesz;
- horizont mögötti repülés: ha a légijármű a horizont mögé repül, könnyen kiesik a radar fedésköréből így a kapcsolat fenntartás is nehézkes, vagy lehetetlen lesz vele;
- földi irányító rendszerrel létesített kapcsolat elvesztése;
- földi irányító rendszer által előre megszabott program megszakadása;
- nagy magasság miatti atmoszférikus gyengülés: nagy magasságokba egyes rádióhullámok nehezebben jutnak el, így a kapcsolt fenntartás ismét nehézkes lehet;
- véletlenszerű, nem szándékos robotpilóta kikapcsolása;
- műholdas kapcsolat megszűnése: műhold meghibásodása, vagy a gépen telepített adó/vevő berendezés működése áll le.



6. kép: Horizont alatti repülés kivezet a radar fedés köréből

2.2.1.5 Irányító felületek működésének meghibásodása:

A kormányzó felületek alkalmatlanságának okai lehetnek:

- Robotpilóta meghibásodása: Ha ez bekövetkezik, a légijármű olyan nem kívánatos légterekbe repülhet be, ahova nincs jogosítása. Ilyen légterek lehetnek, tiltott, veszélyes, korlátozott és ideiglenesen korlátozott légterek.

- Sérülés vagy jegesedés okozta károk a szervo rendszerben vagy az irányító felületeken: Külső sérülést a géptörzsében vagy a szárnyakon, madárral való ütközés is okozhat. A repülőgéppel ütköző madarak olyan súlyos sérülést (hajtómű leállást, vezérsíkok működésképtelenségét, kabintető törést) eredményezhet, amely a további repülést megnehezíti, sőt akár a gép lezuhanásához is vezethet.



7. kép: Madárral való ütközés okozta károsodás a szárnyon

2.2.1.6 Áramellátás elvesztése

A fedélzet villamos energiával való ellátása különösen kritikus a robotrepülőgépek esetében, mert a vezérlő- és a működtető rendszerek túlnyomó többsége ilyen meghajtású. Az egyéb energiaforrások is – belső égésű motorok esetén a folyékony, vagy gáznemű üzemanyag, pneumatikus működtetőknek sűrített levegő – megfelelő tartalékkal kell, hogy rendelkezésre álljanak.

A fő energiaellátó rendszer meghibásodása esetén – a repülőgéptől és a feladattól függően – azonos, vagy csökkentett teljesítményű tartalék energiaforrást kell bekapcsolni. Az utóbbi a feladat megszakítása és hazatérés (vagy kényszerleszállás) energiaszükségletét fedezi.

Az elektromos hálózat zavara esetén a tartalék viszonylag egyszerűen bekapcsolható (a robotpilótáknál a szünetmentességet biztosítani kell), de a belsőégésű motor levegőben való újraindítása – ha a fő üzemanyag ellátó rendszer okozta a leállást – nehézségekkel járhat.

A fedélzeti villamos energiát a kis- és a nagyáramú fogyasztók külön forrásról kapják – a terhelés hatására bekövetkező feszültségingadozást elkerülendő.

2.2.1.7 Földi irányító állomás és az UAV közötti kapcsolat elvesztése

Az irányító állomás és a levegőben repülő gép közötti kapcsolat megszűnésének okai az alábbiak lehetnek: ha az állomás energia ellátása leáll, esetleg az állomás adó/vevő antennái meghibásodnak vagy a számítógépes rendszer összeomlik.

Ennek elkerülése érdekében szükséges a kétoldalú, védett (kódolt), lehetőleg hibamentes, kétszeresen, irányítottan és körkörösén sugárzó adatkapcsolat (a jövőben műholdas adatvonal) megléte.

Az esetleges irányító-kapcsolat elvesztése esetén az UAV-nak is és az UAV kezelőnek is előre elkészített rutin eljárásokat kell végrehajtaniuk. Az UAV rendszernek azonnali jelzést kell adnia az irányítás megszűnéséről az UAV kezelő felé. Ezen kívül az is fontos, hogy ATC¹¹-nek erről minél hamarabb tudomása legyen. Ezért az UAV kezelőnek a lehető legrövidebb időn belül tájékoztatnia kell az ATC-t.

Az adatvonal meghibásodását leggyakrabban elektromos hibák okozzák. Ezért nélkülözhetetlen, hogy mind a navigációs, mind az adatkapcsolatot biztosító elektromos ellátó rendszer megbízhatóan működjön, hiszen ez alapja az UAV pontos működésének.

2.2.2 FÖLDNEK ÜTKÖZÉS

2.2.2.1 Küldetéstervezési-, vagy kezelői hiba

Amennyiben a repülés ellenőrzött légtérben kerül végrehajtásra, akkor repülési terv benyújtása szükséges az ATC egységek számára. A repülési tervben fel kell tüntetni, hogy az egy pilóta nélküli légi jármű repüléséhez kapcsolódik. Az UAV repülési tervnek tartalmaznia kell minden szükséges információt, többek között a le és a felszállás helyét, a tervezett útvonalat, időjárási körülményeket, a légi jármű típusát, turbulencia kategóriáját, a tervezett magasságokat, a számított repülési időket. Bármilyen légiforgalmi szolgáltatás kapcsán az UAV-nak be kell tartania a jóváhagyott repülési tervet. Amennyiben az nem lehetséges, módosított repülési engedélyt kell kérnie az ATC-tól.

¹¹ Air Traffic Control – Légiforgalmi irányítás

Nagyon fontos, hogy ezeket a repülési terveket pontosan és nagy odafigyeléssel töltsék ki, mert:

- Küldetésszabás közben beprogramozott vagy adott rossz utasítás, minimum útvonal magasság alatti repüléshez vezet, és a jármű könnyen a tereptárgyaknak tud repülni.
- Feladat tervezés során figyelmen kívül hagyott feltérképezetlen mesterséges tereptárgyak, mint például magas építésű tornyok vagy vezetékek, veszélyt jelentenek a pilóta nélküli légi járművekre, ugyanis azok könnyedén nekiütközhetnek.

2.2.2.2 Magassági hiba

Probléma lehet az is, ha az UAV fedélzetén lévő műszerek nem adnak megfelelő tájékoztatást, riasztást a magasság eltérésről:

- mert az eszközök nincsenek telepítve;
- ha telepítve vannak nem megfelelően, vagy egyáltalán nem működnek;
- vagy a kezelő által, rosszul beállított barometrikus adatok okozhatják.

A robotrepülőgépek repülésbiztonságának növelés érdekében a repülési magasság meghatározásánál, nem hagyatkozhatunk egy műszer adataira, hanem több forrásból kapott adatok alapján kell meghatározni a magasságot. Ennek érdekében nem elegendő, ha az egyik típusú rendszert duplázunk meg, hanem többféle mérési rendszert kell párhuzamosan alkalmazni. Ilyen esetben belátható, hogy problémát okozhat, hogy a többféle műszer, többféle nyomás, magasság értéket biztosít. Ezért fontos feladat, hogy a különböző műszerek adatait egységes és továbbítható formába kell hozni.

2.2.2.3 Navigációs hiba

A navigációt a robotrepülőgép számára a GPS vevők adta koordináták, sebesség és magassági adatok biztosítják. A GPS vétel – nyitott térben – ma már 8-10 műhold átlagos megjelenésével folyamatosnak mondható. A zavarás lehetősége fennállhat nagy energiájú, hasonló frekvenciájú berendezése közelében. A GPS vevők gyártói eltérő algoritmussal működő berendezéseket forgalmaznak – a kapott eredményeknek viszont meg kell egyeznie. A GPS helyes működését ezért több, lehetőleg különböző típusú vevőberendezés jelei alapján kell elfogadni, megerősíteni.

2.2.2.4 Földlátás/ és elkerülés képességének meghibásodás

A légi jármű nem képes a terepet észlelni, ezáltal elkerülni az azon található akadályokat sem. Ennek okai lehetnek, ha az UAV-n nincs olyan berendezés, mely képes lenne erre

a feladatra, vagy a repülőgép önálló működtetésű és van ilyen fedélzeti rendszere, de az meghibásodott.

2.2.2.5 "Haza repülés" mód kapcsolat elvesztése

Ahol lehetséges az UAV vészhelyzeti eljárásainak tükröznie kell a pilótával rendelkező repülőgépre előírt eljárásokat. A legfontosabbak ezek között a kényszerhelyzeti visszatérés alkalmazása, melyet általában a repülés-vezérlő rendszer meghibásodása után, vagy önállóan, vagy az UAV kezelő parancsára kerül végrehajtásra.

Ehhez egy előre programozott profilt kell kialakítani, más légtér felhasználók és a földön lévő emberek biztonsága érdekében. Mindezt össze kell hangolni az ATC megfelelő eljárásaival is. Feladat szabás, illetve tervezés közben alakulhat ki hiba mely nem megfelelő programot ad a légi járműnek, ezáltal nem képes a megadott eljárást végrehajtani és nem repül vissza a kiinduló állomásra. Kapcsolat elvesztése esetén is felmerülhet ennek a veszélye.



8. kép: Földnek ütközött UAV

Ezért a működtető szoftverrendszer egyik szegmense kell, hogy legyen, az az intelligens funkció, ami képessé teszi az UAV-t arra, hogy akár kommunikációs, akár más meghibásodás esetén vissza tudjon térni a bázisára, vagy kényszerhelyzetben vészleszállást tudjon végezni.

A 2.2.2 fejezetben a földnek ütközés lehetőségeit vizsgáltam meg és az ahhoz vezető okokat soroltam fel. A földnek ütköző légijárművek kárt okozhatnak földi objektumokban vagy embercsoportokban. Ezért az élet és vagyonvédelem érdekében minél biztonságosabbá kell tenni ezeket az eszközöket.

2.2.3 LEVEGŐBELI ÜTKÖZÉS

2.2.3.1 Navigációs és magassági hiba

A navigációs és magassági hibákat a 2.2.2.2 és a 2.2.2.3 pontokban már részleteztem. A két helyzet közötti különbség csupán abban rejlik, hogy az UAV a földnek vagy földi objektumnak, illetve a levegőben lévő más légi járműnek ütközik. Mindkét esetben bekövetkezik az eszköz bizonyos fokú károsodása.

2.2.3.2 Képtelen "látni és kikerülni"

A légi jármű nem képes érzékelni egy másik légi járművet, ezáltal elkerülni sem azt. Ennek oka lehet ha az UAV-n nincs kiépítve ilyen technikai eszköz mely képes lenne erre a feladatra. Vagy ha van akkor az nem működik megfelelően. Másik ok lehet ha a gép önállóan működik, van eszközrendszer a fedélzetén de szerkezeti képességek miatt nem képes időben kikerülő manővert végrehajtani.



9. kép: A fotót a LUNA UAV fedélzeti kamerája rögzítette

2.2.3.3 Küldetéstervezési hiba

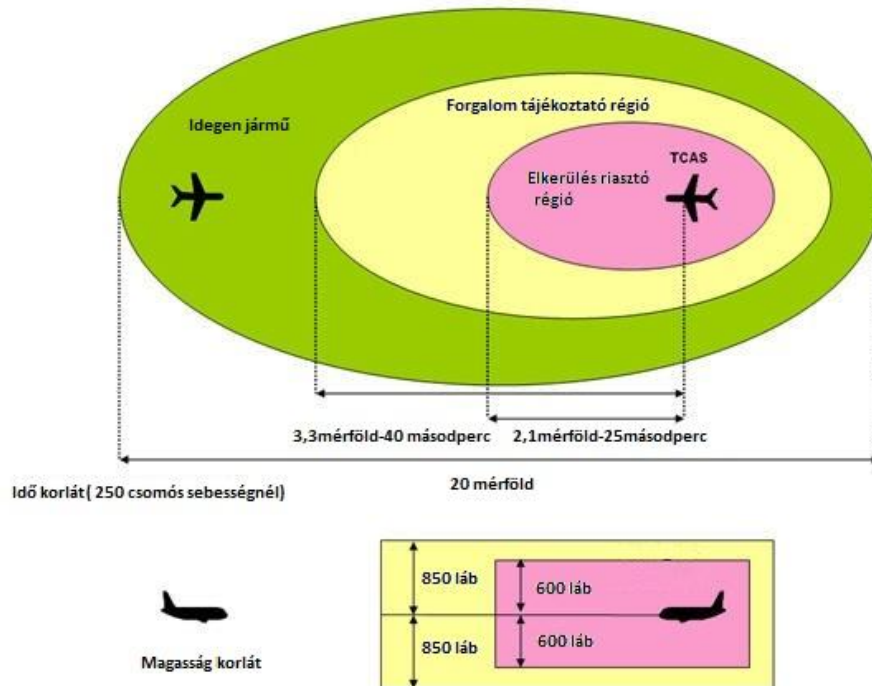
Amikor az UAV önálló működésű, esély van rá, hogy feladatszabáskor hibás adatokat programoztak be, ezáltal berepülhet olyan légterekbe, vagy útvonalakra ahol más légi jármű is tartózkodik. Így megnő a valószínűsége, a veszélyes megközelítéseknek vagy ütközések bekövetkezésének.

2.2.3.4 Nem látható más gépek számára

Fontos szempont, hogy látási körülmények közötti repülés végrehajtása során az UAV-t a környezetében lévő repülőgépek pilótái időben észlelhessék. Ennek elősegítésére az UAV-t célszerű ellátni megkülönböztető festéssel, mind nappal, mind éjszaka üzemelő navigációs és összeütközés elleni, esetlegesen speciális fényekkel.

Más levegőbeli légi jármű akkor nem képes észlelni a pilóta nélküli légi járművet. Ami azért fordulhat elő, mert az UAV jelzőfényei nem megfelelőek vagy egyáltalán nem működnek, vagy a gép festése nem eléggé figyelem felhívó.

- A fedélzeten telepített „barát vagy ellenség” felismerő rendszer meghibásodott.
- TCAS¹² összeütközés előrejelző és kikerülő rendszer meghibásodása.
- A kezelő és az UAV közötti kapcsolat nem kielégítő vagy teljesen hibás.



10. kép: TCAS - összeütközés előrejelző és elkerülő rendszer működése

A 2.2.3 fejezetben azokat a veszélyeket gyűjtöttem össze, amelyek repülés közben ütközéshez vezethetnek. Az UAV rendszereket, más légi járművel ugyanabban a légtérben nem engedhetjük egyidejűleg alkalmazni, amíg teljes biztonsággal nem képesek repülni.

2.2.4 FELSZÁLLÁSI, LESZÁLLÁSI BALESETEK

A robotrepülőgépek számára a fel és leszállás jelenti a legnagyobb kihívást. A helyből felszállni képes repülőgépeknek nincs szükségük bonyolult fel- és leszállító rendszerre, a merevszárnyúak pedig több eljárásból válogathatnak. A saját futóművel talajról felszállni, és ugyanígy kerékre leszállni – a „nagyrepülő” megoldás. Ha erre nincs

¹² Traffic Collision Avoidance System - Repülőgép fedélzeti összeütközést előrejelző, és tanácsadó rendszerek

lehetőség, akkor az indítás történhet segédberendezések igénybevételével – mint katapult, gumikötél, vagy kézből eldobás. A lehetséges eljárást a robotrepülőgép tömege és a felszálláshoz szükséges sebessége is nagyban befolyásolja – 7 kg-nál nehezebb gépeket kézből már nem indítanak.

A leszállás végrehajtható automatikusan, vagy távirányítóval az adott területre irányítva (kerékre, vagy hasra). Ha ez nem lehetséges, akkor ejtőernyővel, vagy légzsákra esve lehet a csillapított földet érést megoldani.

2.2.4.1 Rendszer által indukált ingadozás

Az UAV-t üzemeltető személy képtelen megfelelő információkat továbbítani a gépnek. Ennek oka a rendszer instabilitása lehet. Ha nem a legalkalmasabb és legjobb minőségű UAV-kat alkalmazzuk, esély van rendszerek összeférhetlenségére vagy összeomlására.

2.2.4.2 Automatikus leszállító rendszer meghibásodás

A gépet leszállító rendszer nem működő képes. Amelyet egyrészt okozhatnak rádiófrekvenciás interferencia vagy információtovábbítási hibák, vagy esetleg rosszul beprogramozott, megszakított megközelítési eljárás.

2.2.4.3 Kezelői hibák

Hasonlóan a személyzettel ellátott légi járművekhez, az UAV-k repüléseit is az időjárási minimumok határozzák meg. Az egyes UAV-k minimumai a meglévő fedélzeti berendezésektől és azok képességitől, az UAV kezelők kiképzettségétől, a légtér osztályától és a repülési szabályoktól függenek. Így ha az üzemeltető figyelmen kívül hagyja az időjárási viszonyokat, mint például a szélhatárt, előfordulhat, hogy az UAV nem lesz képes végrehajtani a feladatot, vagy ha több személy működteti a gépet, fenn áll annak veszélye, hogy átadási hibák léphetnek fel közöttük.

2.2.5 POTENCIÁLIS JÁRMŰVESZTÉS

2.2.5.1 Nem megfelelő kezelői reakció

- Kritikus repülési helyzetek fel nem ismerése, azokra nem megfelelő reagálás.
- Kritikus repülési adatok hiánya, tévesek vagy félreérthetőek.
- Késések az információ áramlásában.

Az UAV-k megbízható működésének egyik igen fontos eleme a kezelő és kiszolgáló személyzet képzettség, felkészültsége. Elvárás, hogy az UAV-k repüléseit biztosító személyzet a legjobb felkészültséggel hajtsa végre a rá bízott feladatot, hiszen

kiemelt szerep hárul minden egyes résztvevőre a repülés tervezésétől kezdve, a repülőeszköz felkészítésén át, annak irányításával befejezően. A magas szint csak hibátlan felkészítések sorozatával, illetve folyamatos szinten tartással biztosítható.

2.2.5.2 Kritikus repülési paraméterek hibás bemenete

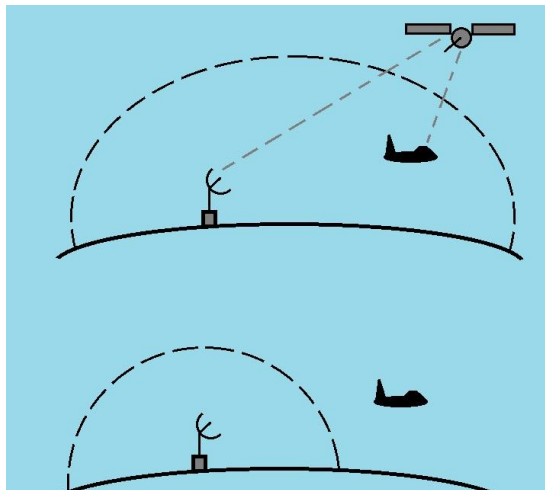
Az üzemeltető hibás adatokat tölt fel az UAV fedélzeti rendszereibe. Ezáltal az rossz paraméterek szerint kezdi végrehajtani a feladatot. Az egyes típusú UAV-k különböző teljesítmény jellemzővel rendelkeznek. Fontos, hogy elsősorban a kezelőik, de mellettük az ATC szakszemélyzete is pontosan és részletesen ismerje azokat. Ismerniük kell az UAV működési jellemzőit, amennyiben azok ellenőrzésük alatt állnak. A legfontosabb paraméterek ezek közül az utazó, az emelkedő és a süllyedési sebesség, emelkedési/süllyedési mérték, a forduló sugar, hatósugár stb. Ezeknek az adatoknak az ismerete nagyon fontos lehet az egyes vészhelyzetek megoldása kapcsán.

2.2.5.3 Kezelőt túlterhelő információk

Mivel a kezelő nem egy gép, hanem egy élő személy, ezért mint képességekben ő is limitált. Itt figyelembe kell venni a feladat végrehajtását és a rendelkezésre álló idő mennyiségét. Illetve a kezelőre háruló túlterhelést.

2.2.5.4 Repülés irányítási parancsok késése

Amennyiben egy UAV kirepült az irányítási-szabályozási körből így az nem képes fogadni az információkat attól.



11. kép: Irányítási parancsok küldése műholdon keresztül, alatta kirepülés az irányító körzetből

További probléma lehet, hogy a telepített szoftver alkalmatlan időben vagy teljesen felismerni és feldolgozni a parancsok tartalmát. Az irányítási parancsokat műholdon keresztül közvetítik a járműre, ilyenkor is késésekre kell számítani.

2.2.5.5 Kritikus információk nem elérhetőek, nem megfelelőek, blokkoltak

Az információ áramlása és a kommunikációs kapcsolat a földi állomás és a légi jármű között elengedhetetlenül fontos. Ha ezek az adatok nem elérhetőek, azt okozhatja az, hogy a légi járművön ezek a rendszerek nincsenek kiépítve, vagy ha ki is vannak, akkor nem működnek jól, esetleg meghibásodtak.

2.2.5.6 *Kezelői fáradtság*

Mint említettem az üzemeltető személyek nem gépek ezért pihenésre van szükségük, viszont ha kevés idő áll rendelkezésre, a fiziológiai feltöltődés nem lesz teljes. Ez fáradtsághoz vezethet. Azon feladatok melyek bonyolultak és telítettek, nagy koncentrációt igényelnek. Nem is beszélve a hosszú és unalmas küldetésekről. Ez a munka nagyon megterhelő a kezelő személyzet számára.

2.2.5.7 *Több UAV irányítása*

Ha egyszerre több pilóta nélküli gépet kell irányítani, az maga mögött vonja azt a tényt is, hogy több kezelő személyt is kell alkalmazni. Ilyenkor természetesen figyelembe kell venni a munkamennyiségét is.

2.2.5.8 *Szoftver nem vezet biztonságos zónába*

A fedélzeten telepített számítógépes rendszer szoftvere nem a megfelelő parancsokat hajtja végre. Ennek oka lehet, hogy a légijármű számítógépe újraindul, vagy maga a szoftver nem működik biztonságosan.

A 2.2 fejezet utolsó pontjában felsoroltam, melyek azok a külső tényezők melyek a jármű elvesztéséhez vezethetnek. Külső tényezők zömében ember által elkövetett hibák lehetnek. Szükséges, hogy a légiforgalmi szolgálatok is megfelelő ismeretekkel rendelkezzenek az UAV-król, azok berendezéseiről, speciális eljárásairól, alkalmazási formáikról, technikai paramétereikről. Fontos a közösen kidolgozott jogszabályoknak, eljárásoknak, végrehajtási utasításoknak a megléte is, melyek biztosítják a hatékony és biztonságos repülést. Kiemelt helyen kell szerepeltetni egy másik fontos tényezőt is, mely minden közös munkavégzés alapja, a megfelelő munkakapcsolat és korrekt együttműködés a légiforgalmi szolgálatok és az UAV-kat irányító egységek között.

3. ÖSSZEGZÉS

Beláthatjuk tehát, hogy milyen sok feltételnek kell megfelelnie egy UAV-nak ahhoz, hogy maximálisan kizárhassunk minden jelentkező kockázatot feladatteljesítése során. Napjainkban az UAV-k repülése polgári légterekben már nem újdonság, bár ezeknek a repüléseknek jó része, lakott területektől még távol, elenyésző számú légi forgalom mellett valósul meg.

A dolgozat megírásával az volt a célom, hogy összegyűjtssem, és összegezzem az UAV repülések során jelentkező légiközlekedés-biztonsági kockázatokat. Ezeket felhasználva átgondolt szabályozással, és modern technológiákkal, ötvözve azokat az optimális eljárásokkal, rövid időn belül megszűnhetnek a fent említett kockázatok.

Az elkövetkezendő időben, szándékomban áll mind a nemzetközi mind hazai szinten az UAV-kal kapcsolatos kutatási eredmények nyomon követése, illetve az említett pályázatban további rész kutatások végzése. Szándékomban áll ezen dolgozat továbbfejlesztése és más fórumokon történő publikálása is.

Úgy érzem, a dolgozat elején kitűzött célomat, hogy összefoglaljam az UAV-k alkalmazásával járó kockázatokat és kihívásokat, elértem. Kutató munkám során nem talákoztam hasonló témájú, magyar nyelvű szakirodalommal. Légiforgalmi irányító hallgatóként azt gondolom, hogy a dolgozatban összegyűjtött információk jól hasznosíthatóak lennének egyes repüléshez kapcsolódó szakterületeken, azokon belül is elsősorban a repülésbiztonság területén.

A Tudományos Diákköri dolgozat az



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.”

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] RANGE SAFETY CRITERIA FOR UNMANNED AIR VEHICLES RATIONALE AND METHODOLOGY SUPPLEMENT 2011 - Secretariat Range Commanders Council U.S. Army White Sands Missile Range New Mexico 88002-5110 (<http://jcs.mil/RCC>)
- [2] Palik Mátyás: Pilóta nélküli repülés - légi közlekedésbiztonság, "Repüléstudományi Konferencia 2008 - 70 éves a légierő " Szolnok, 2008.
- [3] Palik Mátyás: Pilóta nélküli légijármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben, Doktori értekezés, 2007.
- [4] Palik M.: Need for Unmanned Aircraft System, Hadmérnök, II. Évfolyam 2. szám - 2007. június, http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/2/2007_2_palik.html
- [5] Pogácsás Imre: A pilóta nélküli repülőeszközök, avagy egyenes út a robothadviselésig? 2008, (http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2008_2/2008_2_Pogacsas_Imre.html)
- [6] 4/1998.(I.16. Kormányrendelet. A magyar légtér igénybevételeéről, a 9/2004. (II. 12.) GKM-HM-KvVM együttes kiegészítő rendelettel
- [7] 3/2006. (II. 2.) HM rendelet: Az állami repülések céljára kijelölt légterekben végrehajtott repülések szabályairól
- [8] 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet. A magyar légtér légi közlekedés céljára történő kijelöléséről

A DOLGOZATBAN TALÁLHATÓ KÉPEK

Letöltve és készítve: 2012.04.12

- [1] kép: Különböző típusú és méretű UAV-k,
<http://www.af.mil/photos/mediagallery.asp?galleryID=5541&page=4>
- [2] kép: Korabeli kép a Kettering Bugról,
http://www.fourays.org/features_2005/uav/uav_3.htm
- [3] kép: Az USAF Predator típusú UAV-ja a taszári bázison
<http://www.fas.org/irp/agency/daro/uav97/images/4/predtax.jpg>
- [4] kép: Az UAV-k civil felhasználásának lehetőségei,
<http://www.docstoc.com/docs/59066319/Research-Proposals-on-Use-of-Uav-in-Law-Enforcement>
- [5] kép: Jegesedés okozta eltömődött légbeömlő nyílás,
<http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp185-4-07-winter-operations-4043.htm>
- [6] kép: Horizont alatti repülés kivezet a radar fedés köréből: saját készítésű kép
- [7] kép: Madárral való ütközés okozta károsodás a szárnyon: http://www.airport-int.com/gallery/birdstrike-prevention-services/birdstrike-wing-damage_01.html
- [8] kép: Földnek ütközött UAV,
http://www.chrisgood.com/rcplanes/electric_uav/index.htm
- [9] kép: Utolsó pillanatfelvétel egy német katonai UAV és egy utasszállító gép összeütközése előtt: <http://msquair.wordpress.com/2011/05/19/uav-and-comair-near-miss-somewhere-over-kabul/>
- [10] kép: TCAS - összeütközés előrejelző és elkerülő rendszer működése:
http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_collision_avoidance_system
- [11] kép: Irányítási parancsok küldése műholdon keresztül, alatta pedig kirepülés az irányító körzetből: saját készítésű kép