

Futaki Anna¹ – Szántó R. Erika² – Simon Sándor³

AZ UAV PIAC FŐBB BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐI⁴

A pilóta nélküli légijárművek sokféle feladatra alkalmasak, s egyre nő alkalmazhatóságuk köre. Ez az oka annak, hogy, mind az állami és mind a polgári piaci lehetőségeik bővülnek és egy új, még fejlődő piacot képviselnek. Az UAV-k esetében a katonai piac a domináns, ami természetes, hiszen, mint általában minden új technológia esetében a legelső alkalmazások, fejlesztések a katonai terület igényeihez igazodnak. Az egyéb, s főként a polgári alkalmazási területeken általában később jelennek meg, melynek egyik jelentős oka lehet a ráfordítások költsége. Ezen cikk célja feltárni azokat a szabályozási, biztonsági, gazdasági és technológiai tényezőket, melyek a piac lassú fejlődésében központi szerepet játszhatnak.

THE UAV MARKET'S MAJOR INFLUENCING FACTORS

The Unmanned Aerial Vehicles are suitable for wide variety of missions and the range of their applicability is increasing. This is the reason that is why both the government and the civil market opportunities have been expanding, and they are represent a new and developing market. In the case of UAVs the military market is dominant, which is natural, because as usual for all new technologies, the first applications and developments adjust to military sphere's demands. In others, especially in civil applications they usually appear later, which one of the significant cause would be the cost of expenses. The objective of writing this article is to explore that regulatory, safety, economic and technological factors which could play a central role in the slow development of this market.

BEVEZETÉS

Annak ellenére, hogy hazánkban csak néhány évtizede folytatnak kutatásokat, fejlesztéseket pilóta nélküli légijárművekkel, azok pályafutása közel 100 éves múltra tekint vissza.” Napjainkra elérték azt a fejlettségi szintet, amikor bizonyos feladatok végrehajtásában hatékonyabban és biztonságosabban képesek tevékenykedni, mint a pilóta által vezetett repülőgépek. Mindezekon túl alkalmazásuk nem jár a személyzet egészségének és/vagy életének szükségtelen kockáztatásával, veszélyeztetésével”[23]. Az UAV-k felhasználása főként a repülések egyes speciális területein fokozódik. A katonai alkalmazásokon túl, az elmúlt években folyamatosan nő az igény a polgári, katasztrófavédelmi, térképészeti és egyéb hasonló területeken történő felhasználásokra.

A technológia még nagyon új és alapvetően új helyzetet teremt az, hogy a pilóta a földről irányítja. Számos olyan tényező, megoldandó probléma merülhet fel, amelyek a hagyományos légijárművek esetében már kialakultak, megoldódtak, vagy fel sem merültek. Robbanásszerű elterjedésük, mindennapi alkalmazásuk és piacuk gyors fejlődésének korlátozó tényezőit fel kell tárni és megoldást kell találni rájuk, a légiforgalom megzavarása, veszélyeztetése nélkül.

1 Közlekedésmérnök hallgató, BME, annafutaki11@gmail.com

2 Légiközlekedési piac- és cégfelügyelő, szanto.erika@nkh.gov.hu

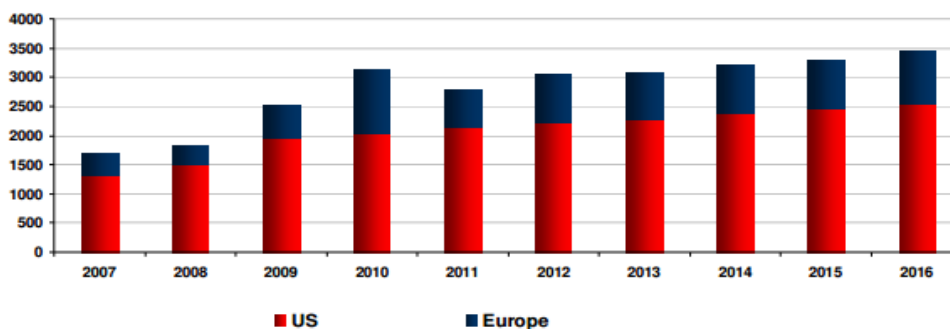
3 Hatósági mérnök, simon.sandor@nkh.gov.hu

4 Lektorálta: Dr. Palik Mátyás alezredes, tanszékvezető egyetemi docens, Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar Katonai Repülő Tanszék, palik.matyas@uni-nke.hu

Az UAV felhasználás döntő többségét jelenleg a katonai alkalmazások teszik ki. Ennek egyik oka, hogy az innovatív technológiák jelentős részét jellemzően – mint ahogyan az UAV-k is – elsőként a haditechnikában jelennek meg. A másik oka az, hogy e technológiák bevezetésének magas kezdeti költségeit csak viszonylag kevés tisztán polgári alkalmazás tudja kigazdálkodni. Ezzel szemben a katonai konfliktusokban szembenálló felek fenyegetettség, vagy béke időszakban, csupán presztízs okokból is a költségvetésük részeként a magasabb katonai potenciál biztosítása érdekében képesek azokat finanszírozni [2].

A katonai alkalmazás lehetőségei, a repülőgépek megjelenésével párhuzamosan gyakorlatilag azonnal megjelentek. A fejlesztések motorját számos esetben bizonyíthatóan a katonai igények kielégítése jelentette.

A katonai képességeknek, mint a külső védelmi feladatok alapvető elemének a fenntartása, fejlesztése az állam elsődleges feladatai közé tartozik [2].



1. ábra Kiadások katonai UAS-ra (Európában és USA-ban), 2007-2016 között [6]

Európa és az Egyesült Államok várható jövőbeli beruházásai az UAV beszerzésére a 1. ábra alapján összességében növekszenek. Az USA megtartja vezető pozícióját a piacon, sőt jelentősége egyre nő, különösen a katonai területen. Ez Európában kisebb eltérésekkel, de összegezve szintén növekvő tendenciát mutat. Mind az USA-ban, mind pedig Európában nagyobb ütemű növekedés tapasztalható 2010-ig, majd utána mind a két esetben ez a növekedés konszolidálódik.

A katonai piac jövőbeli méretének alakulása, mint általában az új technológiáknál, még nehezen előrejelezhető. Több ország hadserege rendelkezik már a technológia alkalmazására vonatkozó tapasztalatokkal, de az eszközök felhasználásának lehetséges területei várhatóan még bővülni fognak. A katonai tapasztalatok, igények megjelenítése a fejlesztésekben, várhatóan az UAV piac bővülésének irányába mutatnak. A piaci részesedés mértéke azonban, éppen a technológia sajátossága következtében, mivel drága technikai eszközök kiváltására készült, arányaiban csak hosszú távon válhat meghatározóvá.

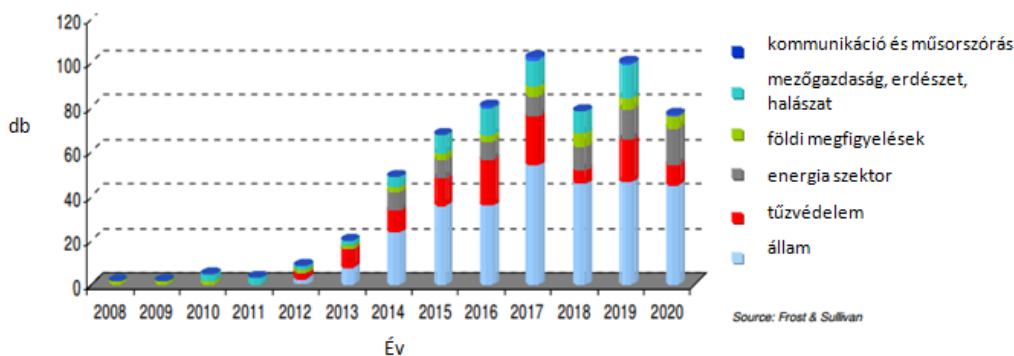
A pilóta nélküli légijárművek fejlesztése és gyártása az egyik legkomolyabb ipari tevékenység az egész világon. Az iparág és fejlesztés kezdeti lépéseit az Amerikai Egyesült Államok és Izrael tette meg. Az USA után az izraeli és az európai fejlesztők, gyártók csak másodlagos szerepet játszhatnak az alacsonyabb mértékű fejlesztési befektetések miatt. Az elmaradásban az is közrejátszott, hogy az egyes kormányok előnyben részesítették az amerikai rendszereket

azok magasabb szintű képességei miatt. Napjainkban az UAV-kat leggyakrabban a katonai alkalmazásokkal társítják, azonban egyre inkább növekszik a polgári, állami szervek, a gazdasági élet által igényelt felhasználások száma is [4][5].

EGYÉB ÁLLAMI- ÉS KERESKEDELMİ PIAC

A pilóta nélküli légijárművek jövőbeli térnyerése a szakértők szerint ma már kétségbevonhatatlan. Erre a személyzettel rendelkező repülőgépek fejlődése is párhuzamos példát mutathat [2][3].

A piac növekedésének egyik legnagyobb akadálya az ellenőrzött légtérben való működés. A legtöbb országban nincsenek előírások a polgári légiközlekedésben való üzemelésükre. A következő évtizedekben elsődleges feladat lesz, lehetővé tenni a „normalizált” UAV repüléseket, valamint törekedni az egységesített szabályozás létrehozására. A piacra szintén nagy hatással van az is, hogy a „Detect-Sense-and-Avoid” ütközés elkerülő rendszer technológia még nem elég fejlett [2][3].



2. ábra Az európai állami és kereskedelmi UAV piac, 2008–2020 [6]

A fentiek (lásd: 2. ábra) alapján látszik, hogy az egyes piaci lehetőségek nem egyszerre jelennek meg, de elterjedésük kétségbevonhatatlan. Az első alkalmazások között található a kommunikáció, műsorszórás és a földi megfigyelés. Szintén általánosan megállapítható, hogy az állami felhasználók az elsők között szerepelnek a polgári piacon. Az energiaiparban, a hivatkozott irodalom alapján Európa/világ szerte napjainkra várható megjelenésük.

Elterjedésüknek egyik legvalószínűbb kezdő pontja lehet a párhuzamos alkalmazás. Az első lehetőség az állami felhasználásokon belül (amely nem katonai) a rendvédelmi, *határőrizeti szféra*, ahol a követelmények és a feladatok meglehetősen hasonlóak. Ezek közé tartozik a parti- és határőrség őrzési feladatai, mint például a tengeri forgalom ellenőrzése, határőrzés és különböző belbiztonsági tevékenységek. Az USA, és Izrael már használja ezeken a területeken az UAV-kat. Azonban rövidtávon a rendőrségi helikopterek egyelőre még hatékonyabbak a közlekedési őrjáratok, a kutatás, mentés és az egészségügyi evakuálás során. Ezek a légijárművek még, sokkal inkább multifunkcionálisak és költséghatékonyabbak, mint az UAV-k, amelyek használata még túl kockázatos [3].

Egy másik potenciális terület a *katasztrófavédelem*, ami magában foglalja a tűzvédelmet, a polgári védelmet és az iparbiztonságot. Az USA-ban az erdészeti szolgálat már dolgozik ilyen eszközökkel. Rengeteg kísérlet, kutatás folyik világszerte a különféle alkalmazásokkal kapcsolatban [2][3].

Más szervezetek is lehetséges ügyfelek lehetnek, ha az UAV-k üzemeltetési költségei versenyképessé válnak a hagyományos gépek költségeivel. Ide tartozhat a *kábítószerek csempészete, kábítószerek termesztése* felfedése. Ez a tevékenység szintén Dél- és Közép-Amerikában már működőképes [3].

Jelenleg az is valószínűtlen, hogy a következő évtizedekben jelentős piaci igények jelennének meg a pilóta nélküli légieszközök iránt az állami és az önkormányzati alkalmazások terén, kivéve a katasztrófavédelmet [3].

Az első kereskedelmi tevékenységek közé tartozik a lízing és UAV szolgáltatás is. Felügyeleti és felmérési feladatokra a kormány, illetve ipari cégek saját UAV-k helyett inkább bérelnék. Ez azért is előnyös, mert az UAV-k beszerzése, a személyzet képzése és a rendszerüzemeltetés sokkal bonyolultabb és költségesebb. Ennek eredményeképp a szolgáltatási opció bizonyulhat a legnépszerűbbnek rövidtávon, míg a technológia megfelelő fejlettségi szintet el nem éri [3].

Polgári tudományos kutatások esetében is egyre nagyobb teret hódítanak, de ez sem képez jelentős volumenű kereskedelmi alkalmazást. Elképzelhető lehet a környezet monitorozás, időjárási-, légköri adatgyűjtés, óceángráfiai adatgyűjtés, mezőgazdasági megfigyelések és a mágneses, radioaktív anyagok feltérképezése nagy magasságból [3].

AZ UAV PIAC FŐBB BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐI

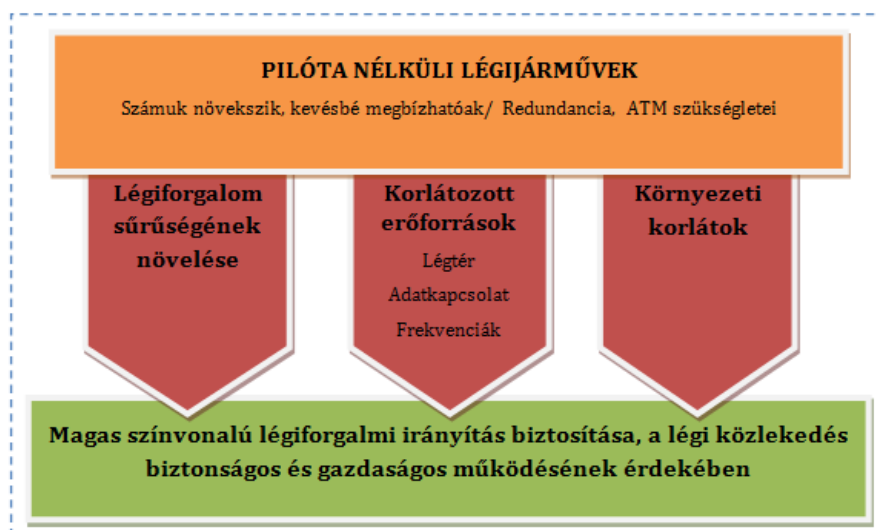
Az UAV-k légiforgalomba illesztése

A jelenlegi légiforgalom rendszerében a légiforgalmi irányítás nélkülözhetetlen a biztonságos légiközlekedés érdekében. Az irányítók feladata igen összetett és bonyolult, mely a közeljövőben még inkább fokozódik a várható forgalom növekedés okán [7].

Beillesztésük a légiközlekedésbe egyelőre nehézkes, hiszen új kihívást, és komplikált feladatot jelentenek a légiirányítók számára.

A

3. ábra mutatja, hogy milyen tényezők befolyásolják az UAV-k integrációját.



3. ábra Az UAV-k beilleszkedését befolyásoló tényezők [7]

Összefoglalva az UAV integráció elvei [1]:

- az UAV-nak biztonságosan és hatékonyan kell üzemelnie, valamint kompatibilisnek kell lennie a szolgáltatókkal és más légtérhasználókkal is, anélkül, hogy a biztonságot csökkentené;
- a pilóta nélküli légijármű rendszerek akkor tudnak csatlakozni a nemzeti légtér rendszerhez (NAS), ha megfelelő felszereltséggel rendelkeznek és képesek megfelelni a különböző követelményeknek;
- a rendszeres UAS műveletekhez nem lesz szükség külön légtérre, vagy a meglévők módosítására;
- néhány speciális esetet kivéve, mint például a mini UAV, melyeknek nagyon kicsi a működési tartományuk, szükséges típus- és légialkalmassági bizonyítvány a polgári műveletek végrehatásához;
- az UAV kezelőknek is rendelkezniük kell jogosítással, amely némileg eltér a hagyományos pilóták követelményrendszerétől;
- az UAS-nak eleget kell tennie az ATC utasításoknak, be kell tartania az eljárásokat, amikor a légiforgalmi szolgálat utasítja rá;
- az üzemelés ideje alatt az UAV kezelő felelős az UAV működéséért,
- operatív irányítási koncepció szükséges az UAS kereskedelmi műveletei során, mindig az adott művelet típusának megfelelően.

Egyre több fejlesztési program jön létre ezen légieszközök különböző műveleti alkalmazása érdekében. Mivel felhasználási lehetőségük szélesebb, mint a hagyományos pilóta által vezetett repülőgépeknek, ezért elterjedésükkel számolni kell, annak ellenére, hogy jelenleg még a fejlődés szakaszában vannak. Az erőfeszítések elsődleges célja, hogy képessé tegye az ATM (*Air Traffic Management – Légiforgalmi Szolgáltatás*) – rendszert, hogy biztonságos és szabályos légiközlekedést garantáljon az új körülmények között is [7].

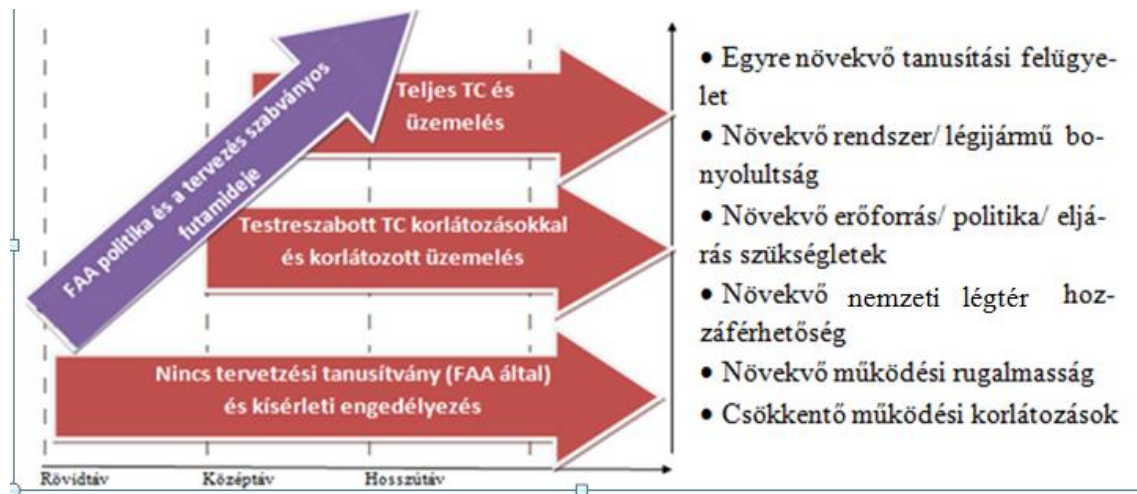
Két fő területet kell megvizsgálni annak érdekében, hogy az ATM-rendszer képes legyen megfelelően felkészülni a feladatra [7]:

- egységes követelmények létrehozása az UAV előírásoknak megfelelően;
- egységes előírások, szabványosítások, valamint olyan eljárások megteremtése, melyek segítik az UAV-k integrációját a légiirányítási rendszerbe.

A legmegfelelőbb, a típustervezési és légialkalmassági jóváhagyások esetében a fokozatos megközelítése lenne. A következő lépéseket tartalmazhatná [1]:

- lehetővé kell tenni szigorú alkalmassági és működési korlátozások között a jelenlegi UAS-nak a működését ahhoz, hogy tapasztalatot lehessen gyűjteni üzemelésükről, és meg lehessen határozni megbízhatóságukat komolyan ellenőrzött körülmények között;
- a következőkben, a tervezési előírásokat és a szabványokat az egyes speciális alkalmazásokhoz és az adott működési környezethez kell igazítani. Lehetségessé válna a típusalkalmassági tanúsítványok (TC) és gyártási bizonyítványok kiadása az adott korlátozások dokumentálása mellett;
- végül meghatározhatók azok a típusalkalmassági szabványok, melyek magukba foglalják a redundanciát, a megbízhatóságot, és azokat a biztonsági feltételeket melyek nélkülözhetetlenek ahhoz, hogy a nemzetközi légiforgalomban repülhessenek, beleértve a problémamentes integrációt.

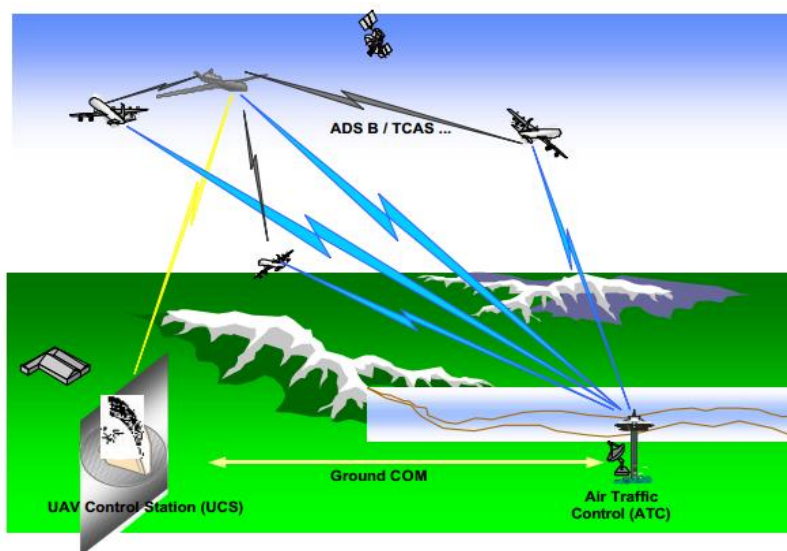
Az USA-ban az előzőekben bemutatott folyamatot a következő ábra szemlélteti.



4. ábra Légitálmassához vezető lehetséges folyamat [7]

A jövőben az UAV-knak a lehető legjobban meg kell felelnie az aktuális szabványoknak és előírásoknak, hogy minimálisra csökkentsék beillesztésük hatását [7].

A következő ábra az UAV lehetséges üzemelését mutatja az ATM környezetben.



5. ábra UAV lehetséges üzemelése az ATM környezetben [7]

Az integráció során nagyon fontos a műszaki megbízhatóság, a navigációs redundancia, és a repülésirányító-rendszerek. A megfelelő adatkapcsolat elengedhetetlen az UAV, annak földi állomása, valamint az ATC között. A légiforgalmi irányítás és az UAV földi állomása teszi lehetővé az UAV távoli irányítását és az ellenőrzött repülést az ellenőrzött légtérben. Az UAV szintén aktív szerepet tölt be az adatsere-hálózatban a többi légiforgalomban résztvevővel együttesen [7].

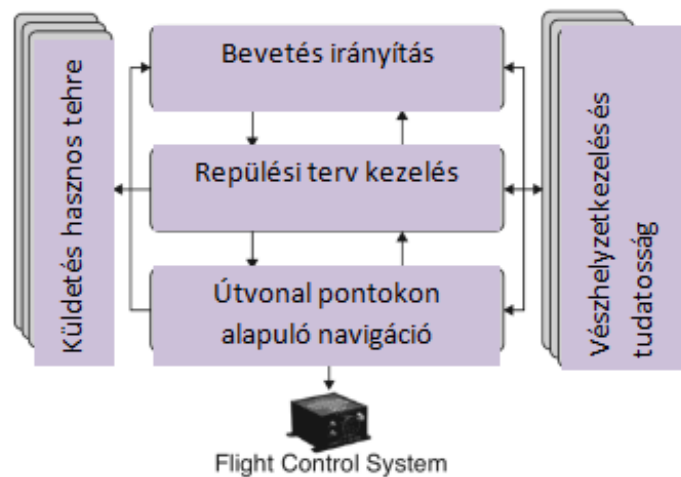
Technológiai kihívások

A jelenlegi UAV technológiák még nem elég fejlettek ahhoz, hogy megfeleljenek a jelenleg hatályos követelményeknek. Az UAS üzemelésének számos egyedi működési aspektusa van. Az anyagi tulajdonságok, szerkezeti, tervezési-, rendszer megbízhatósági szabványok és még

más egyéb, az alaptervezésre vonatkozó olyan minimum követelmények vannak, melyeket érzékelni kell szemben a már meglévő repülőgépekre vonatkozó szabványokkal. Habár jelentősek a fejlesztések az UAS-t illetően, elengedhetetlen mélyre menően vizsgálni azt, hogy milyen hatásai lehetnek az UAS műveleteknek a nemzetközi légtérben való működés folyamán. Rövid- és középtávon, elsősorban a technológiai szükségletek kielégítésére kell helyezni a hangsúlyt a korszerűsítések során.[1].

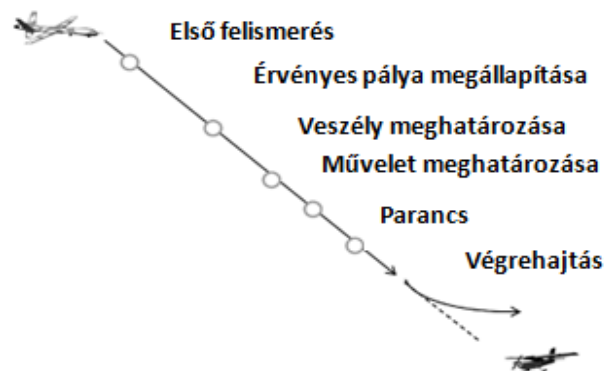
A Sense and Avoid rendszer

A jelenlegi pilóta nélküli rendszerek olyan keretrendszert adnak, amely lehetővé teszi a kívánt hardver és szoftver komponenseknek gyors fejlődését és integrációját, melyek nélkülözhetetlenek a széles körű polgári feladatokhoz. A keretrendszer olyan szolgáltatásokat tartalmaz (szoftver komponenseket), amelyek végrehajtják az elvárt funkciókat, s melyek szükségesek a legtöbb üzemelés során. Ide tartozik többek között például a repülési terv kezelése, és a vészhelyzet kezelés is (lásd: 6. ábra) [9].



6. ábra A fő UAV szolgáltatások rendszere [9]

Az egyik legfontosabb kérdéskör, amivel foglalkozni kell mikor pilóta nélküli rendszereket fejlesztünk, az a „Sense and Avoid”=SAA rendszer, azaz az érzékelni és elkerülni rendszer fejlesztése. Ez elengedhetetlen a nem elkülönített légiforgalomba illesztéshez.



7. ábra SAA egyes alfunkciói időrendben [10]

Az ábrán egy képzeletbeli idővonal látható az SAA rendszert illetően. A megfigyelő rendszer-

nek biztosítani kell a megfelelő érzékelési tartományt, ahol az esetleges fenyegetéseket és veszélyeket képes felismerni és a következő lépésekben képes időben elkerülni az ütközést [10].

Az UAV reakciójának olyannak kell lennie, hogy a konfliktusok minimálisan befolyásolják a küldetés kimenetét [9].

Manapság elég erősen az SAA problémák technikai megoldásaira helyeződött a hangsúly, de ahhoz, hogy ezek a megoldások hatékonyak legyenek, be kell illeszteni őket abba az architektúrába, amely kapcsolódik az UAS repülés és feladat végrehajtás egészéhez.

A taktikai és stratégiai problémák kezelése a következő táblázatban van összefoglalva.

	Taktikai	Stratégiai
Konfliktus-forrás	Repülőgép ütközés, Terep elkerülése	Időjárási körülmények, ATC korlátozások, előrelátható légi konfliktusok
Reakció	Közvetlen parancs az UAS kezelő felületnek és a gázkarnak	Repülési terv változtatás vagy egy alternatív útvonal választása

1. táblázat A taktikai és stratégiai problémák kezelése [9]

A két konfliktus típus a következő [9]:

- *taktikai konfliktus*: azonnali cselekvést, reagálást igényel;
- *stratégiai konfliktus*: előre meghatározott alternatív lehetőségek közül lehet választani.

Ahhoz, hogy megelőzzük a konfliktus helyzeteket, igyekeznünk kell az UAS viselkedését minél előreláthatóbbá tenni és ezeket az információkat továbbítani a légtér többi résztvevője számára [9].

Önálló képesség arra, hogy

- *felderítse* a légiforgalmat, az időjárást és akadályokat, amelyek konfliktushoz vezethetnek,
- *meghatározza* a repülés megfelelő módját,
- szabályok betartása mellett *hajtson végre* manővereket.

Az SAA esetében a két fő funkció a következő [9] [10]:

Self-Separation (SS)

Az a funkció, amely szabályos elkülönítést valósít meg, hogy elég távol maradjon a környező repülőgépektől, biztosítva a megfelelő időn belüli manőverezést, megelőzve az ütközésselkerülő manőver aktiválódását.

Az SAA rendszerek esetében a self-separation funkció más, mint a pilóta által vezetett repülőgépek esetében a “remain well clear” követelmény, egy sor mennyiségi értéket alkalmaz (pl.: idő, láb, mérföld), melyekkel számítások végezhetőek annak meghatározására, hogy ha veszély áll fenn, milyen manővereket kell végrehajtani. Ezeket az értékeket úgy kell kiválasztani, hogy lehetőleg mérséklődjenek a téves riasztások következtében végrehajtott felesleges manőverek.

Egy UAV és egy másik IFR repülést végző légi jármű találkozása esetén, az UAV nem használja az SS képességét csak akkor, ha az ATC engedélyezi annak használatát. Ha az SS aktív, akkor az UAV kezelőnek csak a légiforgalmi irányítás által engedélyezett határokon belül lehet végrehajtani manővereket, ha ebből csak az ő jóváhagyásával léphet ki.

A VFR repülések esetében az SS funkció biztosítja, fokozza az elkülönítés bizonyosságát. Annak érdekében, hogy a hagyományos repülőgépet vezető pilóták képesek legyenek észrevenni az UAV-eket, melyek közül jó néhányat nehéz meglátni, vagy kicsi a radarkeresztmetszete (RCS), az UAS-nek meg kell felelnie a szigorú és speciális repülőgép megvilágítási követelményeknek.

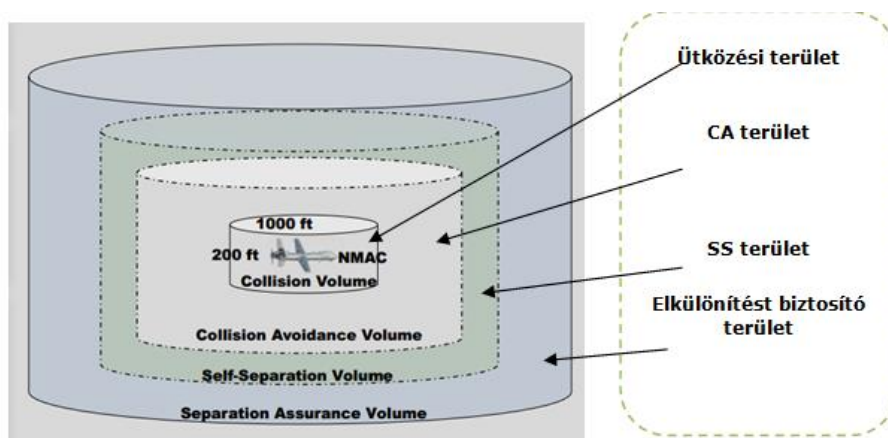
Collosion Avoidance (CA)

Ez a funkció felelős azért, hogy az UAS a megfelelő cselekvést hajtsa végre, megelőzve az ütközési terület megsértését. Manőverezési tanácsokat ad annak elkerülése érdekében.

Ütközési helyzet esetében az UAS személyzet mindent megtesz annak érdekében, hogy megelőzze a másik repülőgéppel való ütközést. A manőverezés viszonylag rövid időn belül bekövetkezhet, ha az ütközés veszélye fennáll.

Az UAS kezelő felelőssége, hogy a CA funkció mindig aktív és működőképes legyen, ha nem teljesen működőképes, azonnal értesíteni kell az ATC-t. Az UAS CA rendszere teljesen összhangban van és kompatibilis a hagyományos repülőgépek ütközésselkerülő rendszerével.

E két funkció által hasonló képességek érhetők el, mint látásos körülmények között a hagyományos repülőgépek esetében. Az UAS integráció fontos eleme még a kezelő, aki képes úgy teljesíteni egy adott feladatot, hogy közben betartja az elkülönítési távolságokat. Azoknak a technológiáknak, melyek szolgáltatják ezeket a képességeket, be kell bizonyítaniuk, hogy legalább olyan hatékonyak, mint a személyzettel ellátott gépek, valamint képesek ugyanazt a biztonsági szintet garantálni [10].



8. ábra SAA funkciók aktiválódási területei [8]

Az ábrán láthatók az SAA rendszer egyes funkcióinak aktiválódási területe:

- az UAV ütközési terület, mely vízszintesen 200-, függőlegesen pedig 1000 láb távolság alapú határt jelent, fix küszöbértékekkel;
- a CA terület küszöbértéke változhat az idő, a távolság, a manőverezhetőség és egyéb paraméterek függvénye;
- az SS terület küszöbértéke hasonlóan az előzőekhez változhat;
- a legnagyobb, mindezeket magába foglaló terület az elkülönítést biztosító terület.

Az SS és CA funkciók szükségesek az UAV-k integrációjához, viszont ezeket a technológiákat be kell illeszteni az UA rendszer felépítésébe. Az SS és a CA rendszernek együtt kell

működni az UAS robotpilótájával és a repülési terv menedzserrel, hogy szavatolja a biztonságos repülést [1].

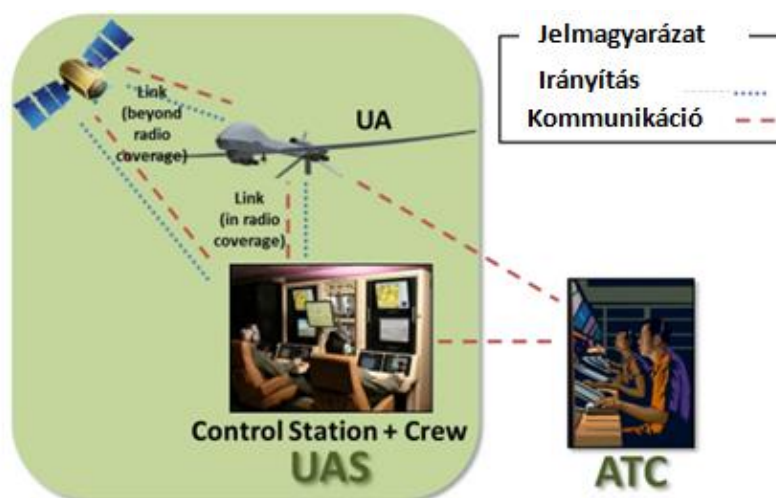
Az USAL⁵ (UAS Service Abstraction Layer), azaz az úgynevezett tudatosság kategóriájába tartoznak ezek a rendszerek, mely kategória felelős azért, hogy legyen a rendszernek „tudomása” arról, ami körülötte történik annak érdekében, hogy megfelelően reagáljon bármilyen észlelt konfliktus esetén [9].

Az USAL architektúra átfogó kapcsolatot teremt az UAS repülése, küldetés végrehajtása, hasznos terhe és a tudatossága között. Különös figyelmet kell szentelni a tudatosság kategóriára, melyben a ’tisztá’ SAA funkciókra, így az SS és CA fejlesztésekre [1].

Írányító és kommunikációs rendszerek (Control and Communication systems)

A Control and Communication (C2) kutatás fejlesztések fő célja a megfelelő C2 kapcsolat kifejlesztése a pilóta nélküli légijárművek és a földi irányító állomás között, támogatva az UAV-k megfelelő működését a légtérben, valamint azt, hogy az UAV pilóta képes legyen fenntartani a szükséges irányíthatósági szintet. A kísérletek által meg kell határozni az adatkapcsolati késleltetést, a rendelkezésre állást, az integritást, a folytonosságot, és egyéb teljesítménymutatókat [1].

Nemzetközi összehangolt rádiófrekvenciákra van szükség, mely védelmet biztosít a véletlen interferenciák ellen, hogy garantálja a megfelelő sáv szélességet illetve, hogy megkönnyítse az UAV-k működését a nemzetközi határokon keresztül [1].



9. ábra Irányítási és kommunikációs kapcsolatok [10]

Amint az ábrán is jól látható, irányítási és kommunikációs kapcsolatok szükségesek a biztonságos üzemelés érdekében. Irányítási kapcsolat áll fenn a földi állomás és a műhold között, illetve a műhold és a légijármű között olyan esetekben, amikor a repülés a rádiós lefedettség túl zajlik. Rádiós lefedettségben belül a földi irányító állomás közvetlenül irányítja az UAV-t.

⁵ Minden előre meghatározott szolgáltatás alapja, rekonstruálható polgári küldetések esetére. Olyan szolgáltatásokat tartalmaz, melyeknek meg van határozva a funkciójuk és a kommunikációs alapjuk. Alapvetően könnyű és gyors lehetőséget kínál, mellyel költséghatékonyan lehet megoldani az újrafelhasználhatósági problémákat [22].

Az irányítási feladatokon túl a kommunikáció megvalósítása is nélkülözhetetlen. A kommunikációnak minden szereplő között meg kell valósulnia.

Hasznos teher (payload) kérdésköre

Az egyik legnagyobb költség a hasznos teher elhelyezése a légieszköz fedélzetén, és/vagy beillesztése a légijárműbe, attól függően, hogy esetlegesen milyen átalakításokkal járhat annak integrálása. A payload kifejezés ezen esetben az egyes feladatok ellátásához szükséges, az UAV fedélzetén elhelyezett vagy beépített berendezéseket, illetve ezek működtetéséhez szükséges egyéb berendezéseket (pl.: video akkumulátor) és szoftvertelepítéseket jelenti. Ezek a berendezések lehetnek fedélzeti kamerák, fényképezőgépek, de akár fegyverek is, a repülés végrehajtása viszont ezek nélkül is lehetséges. A költségek csökkentése érdekében fejleszteni, dokumentálni, majd kivitelezni kell a hasznos teher szabványokat, az úgynevezett „plug & play”⁶ koncepciót támogatva. Ebbe a képességbe integrálni kell a különféle hasznos terheket olyan esetekben, ahol jellemző a gyors telepítés, a gyors fordulódó az egyes küldetések között, valamint változik az egyes küldetések hasznos teher igénye.

Az UAV-k fejlesztésével párhuzamosan szükség van a hasznos terhek fejlesztésére is, hiszen az egyes feladatok más és más felszereltséget követelnek. Az a képesség, hogy a teher akár önállóan kalibrálja magát, vagy egyszerűbben lehessen kalibrálni, mint jelenleg, csökkentené a költségeket és hatékonyabb feladat végrehajtást biztosíthatna [19][20].

Kezelő személyzet

Az UAV-k kezelőinek egy nagyon komplex követelményrendszernek kell megfelelniük, magas stressz tűrő képesség mellett. Képesnek kell lenniük a légijármű kormányzására/vezetésére, valamint együttműködni az irányító egységekkel, illetve kategóriától függően, a légiforgalom többi résztvevőjével. A légifelderítéshez szükséges UAV fedélzeti szenzorok hatékony alkalmazására, katonai esetben a harcászati helyzet felismerésére és gyors elemzésére, a függesztett fegyverrendszer használata. Nagyon lényeges a jó audiovizuális képesség, hiszen a feladat végrehajtás csupán hangok és képek alapján történik. A kezelők közötti kommunikáció létfontosságú, hiszen a szenzorok által online továbbított képi adatok alapján mérhető fel az adott helyzet, melynek függvényében szükségszerűen megvalósul az eszköz repülési útvonalának, repülés magasságának változtatása. Az UAV irányításához szükséges repülés-technikai-, és a szenzorok által sugárzott felderítői információk gyors feldolgozására vonatkozó készség is nélkülözhetetlen számukra [11][12].

Elsődleges kritérium az *ismeretanyag* megszerzése, elsajátítása. A különböző *készségekkel* való rendelkezés, illetve a motiváltság szintén elengedhetetlen. Az egyik az irányításhoz szükséges repülés-technikai és navigációs-, a másik a szenzorok alkalmazására és az általuk sugárzott felderítői információk gyors feldolgozására-, a harmadik pedig a földi és légi célok pusztítására szolgáló fegyverzeti berendezések kezelésére vonatkozó készség [11].

Az egyes személyek képességeit nem egyesével érdemes fejleszteni, hanem figyelembe véve

⁶ A számítógépes hálózati protokollok egy csoportja, amelynek célja, hogy különféle eszközök egyszerűen, külön konfiguráció nélkül csatlakoztathatóak legyenek egy hálózathoz.

az együttműködési kompetenciát, a csapaton belüli egyének képességeit a csapattal összhangban tanácsos fejleszteni. Ebből az következik, hogy a kiképzési folyamatban szerepelnie kell a *csoporthétköznapok* [13][14].

A személyi alkalmasság részét képezheti még az érzelmi rugalmasság és az *önismeret* fejlesztése is, a sikeresség érdekében. Ezeket nagyon gyorsan be kell építeni az UAV kezelők kiképzésébe. Az *önismeret* lényeges és kikerülhetetlen, mivel segít felismerni és leküzdeni az esetleges előítéleteket, amelyek, akarva-akaratlanul, szinte mindannyiunkban jelen vannak az „idegennel”, a „mással” szemben. Az elméleti képzéssel párhuzamosan a gyakorlati foglalkozásokon be kellene építeni olyan *önismereti* tesztek és szituációs gyakorlatokat, amelyek segítenék az UAV kezelőket saját előítéleteik felismerésében és kezelésében [22][14].

Hatékony képzési mód lehet a Cross-Training képzés, mely magába foglalja a résztvevők szakmai tudásának kiterjesztését, mások tudásának megismerését, és saját ismereteik közé való integrálását. Ezáltal lehetővé válik egy átfogóbb, integráltabb probléma megközelítés, amely lehetetlen lenne, ha a résztvevőket külön képeznénk [17][15].

A következőkben a pilóta nélküli légieszközök kezelőszemélyzetét vizsgálom SWOT- analízis segítségével. Elsősorban a problémáikat, lehetőségeiket, illetve helyzetüket szeretném feltárni, tehát a műszaki feltételeket nem.

ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
kezelő személyzet élete nincs veszélyben, családhoz közel vannak, nem esnek ki a hétköznapokból, könnyű irányíthatóság, költséghatékonyság.	korlátozott érzékelési ingerek, pilóta kockázatmegítelő képessége változó, unalmas, hosszú műszakok, gyors kiégés.
LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
megfelelő számítógépes oktatás, többlépcsős kiképzés, emberi teljesítmény, jellegzetességek és a stressz adatok figyelembevétele, kiválogatási tematika kidolgozása.	kommunikációs problémák, nincs egységes szabályozás, felelősség érzet csökkenése.

2. táblázat UAV-k SWOT- elemzése a kezelő személyzet szempontjából [saját szerkesztés]

Erősségek

A kezelő élete nincs veszélyben

Az UAV-k egyik legfontosabb előnye, leginkább a katonai területen az, hogy a kezelő személyzet biztonságban, a veszélyzónától távol helyezkedik el, így nincs életveszélyben. Azonban ennek lehetnek negatív hatásai is, mivel a személyzet sorsa nem azonos a légijármű sorsával, esetlegesen előfordulhat, hogy nem olyan felelősséggel jár el a feladat végrehajtása esetén, mintha a fedélzeten tartózkodna. Fontos a felelősség tudatosítása a pilótákban.

Családhoz közel vannak

A katonák egy-egy távoli bevetés alkalmával hosszú ideig kénytelenek elszakadni családjuktól, amely mindkét fél számára nagyon nehéz, és igen gyakori az elhidegülés. A MALE és HALE UAV-k esetén ez a probléma megoldódik, hiszen irányításuk távolról, az irányító állomásról történik. Ennek pozitív hatása azonban személyiségfüggő.

Nem esnek ki a hétköznapiakból

Egy-egy katonai bevetés alkalmával életük megváltozik, fel kell venniük az ottani életformát. Az életformaváltás a civil repülőgépek személyzetének esetében is fennáll. Az UAV kezelő személyzetének helyzete azonban egészen más, mivel minden egyes nap visszatérhetnek hétköznapijaikba. Itt is szintén az előzőhöz hasonló problémák léphetnek fel, mégpedig a mindennapok stressze megmarad.

Könnyű irányíthatóság

Ebben az esetben elsősorban az autonóm UAV-kra kell gondolni, hiszen ezen eszközök képesek végrehajtani az előre beprogramozott utasításokat, az embernek tulajdonképpen csak ellenőrző funkciója van. Az autonóm rendszerek esetében érdemes előtérbe helyezni az ütközés elkerülő rendszereket, melyek elengedhetetlenek bonyolultabb feladatok végrehajtásánál. Nem kívánt helyzeteket idézhet azonban elő, ha a szoftver meghibásodik, hiszen ilyen esetekben a kezelőszemélyzet beavatkozási lehetősége is nagymértékben korlátozódik.

Költséghatékonyság

A költséghatékonyság a személyzetet illetően azt jelenti, hogy a személyzet utaztatásával, külföldi elhelyezésével és a felszerelésükkel, öltözközkkel kapcsolatos költségek megspórolhatóak, mely szintén abból adódik, hogy a pilóta nem utazik együtt a járművel, hanem távolról irányítja azt. Azonban fel kell mérni a szimulátor berendezés telepítési, üzemeltetési és karbantartási költségeit, illetve az UAV-k és a hozzájuk kapcsolódó egyéb technikai eszközök költségvonzatát, mert csak így lehet egyértelmű megállapítást tenni a költségeket illetően.

Gyengeségek

Korlátozott érzékelési ingerek

Vizuális funkció tekintetében még több kamera képéből és különböző érzékelők segítségével is nehéz összerakni a teljes látóteret, megállapítani a repülőgép állapotát, helyzetét. A szimulációban imitált körülmények valóságos megélése nagy segítség lehet az UAV pilóták számára, megtapasztalhatja, érezheti, hogy mikor, hogyan reagál egy repülőgép a valóságban.

Pilóta kockázatmegítélő képessége változó

A kockázatmegítélő képesség függ attól, hogy a pilóta mit érzékel. Alapvetően kevesebb inger éri, mint a hagyományos pilótákat, amely eleve nehezíti a helyzetet, de ez fokozódhat, ha bármilyen hiba, adatkéslekedés, minőségromlás következik be. Mindenképpen olyan hardver és szoftver kidolgozása ajánlott, amely esetleges meghibásodások esetén is működőképes, az adatokat, időben és megfelelő minőségben szolgáltatja, erre már a tervezéskor törekedni kell.

Unalmas, hosszú műszakok

Egy nagyon fontos probléma lehet az unalmasság, a megfigyeléseket gyakran folyamatosan éjjel-nappal kell végezni. Az ilyen unalmas, megfigyelési munkák esetén lehet, hogy érdekesebb lenne rövidebb műszakokat alkalmazni, valamint az optimális személyzetet kiválogatni. Az éberség fenntartható a váratlan helyzetek véletlenszerű előidézésével, valamint alkalmat adhat a személyzet alkalmasságának tesztelésére.

Gyors kiégés

A munka rendkívül időigényes, valamint a pilóták a képzésen elsajátítottakat nem tudják kihasználni és nincs szakmai fejlődési lehetőség sem. Harmad annyi idő alatt kiégnek az monoton megfigyeléseket végző UAV kezelők, mint a hagyományos pilóták [15].

Lehetőségek

Megfelelő számítógépes oktatás, többlépcsős kiképzés

Mivel az UAV-k irányítása legtöbbször monitorok előtt történik, kiképzésre szimulátor lehet a legalkalmasabb, mely a valós munkakörülményeknek megfelelően van elrendezve. Ezáltal a személyzet kommunikációja, közös problémamegoldása is adott.

Emberi teljesítmény, jellegzetességek és a stressz adatok figyelembevétele

Az üzemelés során a személyzetnek kifogástalanul kell teljesítenie, melyhez feltétlenül szükséges a megfelelő pszichikai állapot, alaptulajdonságok, alkalmasság és az éppen elvárt képességek megléte. Ahol szükséges, a stressztűrő képesség fejlesztését be kell építeni a képzésekbe.

Kiválogatási tematika kidolgozása

A probléma megoldása többlépcsős kiképzést igényel, viszont a kiképzést megelőzve egy kiválogatási rendszert is ki kell dolgozni. Az érzékszervek és az agyi kapacitás ilyen mértékű leterheltsége miatt nem mindenki alkalmas az UAV irányítására [18].

Az egyes UAV típusok kezelésére nem feltétlenül ugyanazon kompetenciák szükségesek, így az egyes típusokhoz más-más képességekkel rendelkező személyzetet kell kiválogatni, majd kiképezni.

Veszélyek

Kommunikációs problémák

- **A helyzeti tudatosság gyengülése** a kezelőknek ismerniük kell a biztonságos repülés feltételeit, szabályait és minden pillanatban ismerniük kell az UAV pozícióját, helyzetét, repülési paramétereit és lehetőségeit. Ennek hiányában könnyen elveszíthetik az irányítást az UAV felett, „eltévedhetnek”, vagy olyan manőver végrehajtására készítenek az UAV-t, mely következtében szerkezeti károsodást szenved [36].
- **Időbeli eltérések** Óriási veszélyeket rejthet magában, ha az adatok nem a megfelelő időben érkeznek, hiszen akkor nem valósulhat meg a valós idejű irányítás, navigálás, melynek következménye akár katasztrófa is lehet.
- **Adatminőség** Az adatok késésén kívül félrevezetést jelenthet még a rossz minőségű adatok fogadása, melynek következménye akár végzetes döntés is lehet. Olyan biztonságos adatkapcsolati mód szükséges, amely kielégíti az igényeket.

Nincs egységes szabályozás

Míg a hagyományos pilóták meghatározott jogszabályi háttérrel, felelősséggel rendelkeznek, az UAV kezelő személyzet helyzete bizonytalan, a szabályozás hiányos, a felelősség nincs megfelelően körülhatárolva.

Felelősségérzet csökkenése

Sokakban felmerül a kétely az iránt, hogy annak ellenére, hogy az UAV személyzet sorsa nem egyezik az általa irányított járművével, ugyanolyan felelősséggel cselekszik-e. Mindenképpen meg kell vizsgálni a személyzet hozzáállását az új helyzethez és tudatosítani kell velük esetleges tetteik következményeit.

Rendszeres költségek [19]

Az UAV rendszeres költségei arányosak az UAV által repült órák számával.

Közvetlen költségek

Azok a fogyóeszközök, melyek egy-egy repülés során elhasználnak, rendszerint az üzemanyag, az akkumulátor és az olaj. A rendszeres karbantartási költségek szintén ide sorolhatóak, hiszen nagyban összefüggnek a repült órák számával. Ebbe a kategóriába tartoznak a földi kiszolgálások költségei is. A fedélzeti intelligencia fokozásával kevesebb földi kiszolgáló egység szükséges, s ez által segíthet a közvetlen költségek csökkentésében.

Biztosítás

Egy másik igen jelentős költség az üzemelés során a biztosítás költsége. A költség nagysága attól függ, hogy a biztosító mekkora kockázatot feltételez és a biztosítást kötött ügyfelek számától az adott kockázatot illetően. A biztosítási költségek csökkentésének a módja, hogy növeljük a biztonságot és a megbízhatóságot, valamint, ha nő az UAV üzemeltetők száma. Ha az UAV műveleti költségei csökkennek, akkor várhatóan nőni fog az üzemeltetők száma.

Kommunikációs költségek

Minden repült óra kommunikációs költségekkel jár. A költségek igen eltérőek lehetnek a küldetés által igényelt sáv szélesség nagyságának függvényében. A költségek az UAV és a hasznos teher irányításához szükséges sáv szélesség korlátozásával csökkenthetőek. Ebben az esetben szélessávú adatokat kellene tárolni a fedélzeten.

Adatelemzési költségek

Az adatok elemzésének is olyan költség, amely arányos a repült órák számával.

Általános vélekedés a felhasználók között, hogy az UAV-k működtetése, üzemeltetése drága. Ezt a felfogás különösen indokolt, a nagyobb UAV-k esetében, melyeket csak nagyobb befektetés által lehet beszerezni, és jelentős személyzet szükséges a telepítéshez és a működtetéséhez (ez magas költségeket jelent óránként). Ezt úgy lehetne mérsékelni, hogy az UAV repülés technikai és a szabályozási akadályait kiküszöböljük. Ezért fejleszteni kell ezeket a területeket, amely pozitív hatással lesz a piac fejlődésére.

A másik fontos tényező a költségek csökkentését illetően a biztonság és a megbízhatóság növelése. A biztonság itt vonatkozik a lakosság biztonságára és maga a platform biztonságára is. A lakosságot érintő UAV balesetek fokozott szabályozást, növekvő költségeket és egyes szállítók, illetve felhasználók kizárását eredményeznék. Azonban még azoknak az UAV-knak az elvesztése is magas költséggel jár a használatnak, amely lakatlan területen veszett el, s nem csak a járművet, de a rajta lévő értékes terheket, szenzorokat is elveszítik.

Összefoglalva a piac lassú fejlődésének okai a következők [3][19]:

- légtérbe integrálás, légtér szabályozás problémái;
- költségvonzat;
- hasznos teher;
- kezelőszemélyzet megfelelő képzése;
- technológiai hiányosságok;
- fogyasztói megítélés/felismerés;
- rendelkezésre állnak alternatív eszközök, nevezetesen a pilóták által vezetett repülőgépek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A technika fejlődésével az ember egyre inkább háttérbe szorul és helyét automatizált rendszerek, robotok veszik át, s csupán ellenőrzésre korlátozódik a feladata, amely azonban mégis létfontosságú. A pilóta nélküli légi járművek térhódítása világszerte érezhető, minden ország igyekszik fejleszteni, beszerezni UAV-kat. A projektek hatalmas pénzforrásokat emésztnek fel, viszont ezek a beruházások megtérülhetnek a későbbiekben, hiszen számos helyzetben (pl.: katonai felderítés és küldetésteljesítés, katasztrófavédelmi feladatok, mint például erdőtüzek felmérése, ipari alkalmazások, mint például hidak állapotának felmérése és még sok más) előnyösebbek lehetnek a hagyományos gépeknél, míg a fajlagos, azaz egységre vonatkoztatott gyártási- és üzemeltetési költségeik általában alacsonyabbak, habár van jónéhány kivétel is. Egységes szabályozással, szabványosítással, a „Sense and Avoid” rendszerek, a kommunikációs kapcsolatok, illetve a hasznos terhek, érzékelők fejlesztésével, az optimális kezelő személyzet kiválogatásával és képzésével, a megfelelő gazdasági és környezeti feltételek mellett az UAV-k integrációja és piaci elterjedése megvalósíthatóvá válik.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap, First Edition 2013, (online) url: http://www.faa.gov/about/initiatives/uas/media/uas_roadmap_2013.pdf (2014.03.03)
- [2] DR. RESTÁS ÁGOSTON. Az UAV katonai alkalmazásának transzfere a polgári alkalmazás felé: katasztrófavédelmi alkalmazások. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-47-Restas_Agoston.pdf (2013.12.13)
- [3] TEAL GROUP CORPORATION. World Unmanned Aerial Vehicle Systems, Market Profile and Forecast, 2012 Edition (Légügyi Hivatal által rendelkezésre bocsátott) (2013.12.05)
- [4] BOTTA ANDRÁS. A magyar fejlesztésű felderítő UAV-k technikai adatainak, felhasználásának elemzése. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-60-Botta_Andras.pdf (2013.12.14)
- [5] http://www.hmei.hu/ingatlan-uzemeltetes_egyebszolgaltatasok_meteor.html (2013.11.21)
- [6] EUROPEAN COMMISSION, ENTERPRISE AND INDUSTRY DIRECTORATE-GENERAL, Study analysing the current activities in the field of UAV. ENTR/2007/065 (online) url: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/uav_study_element_2_en.pdf (2013.12.05)
- [7] INDUSTRIEANLAGEN-BETRIEBSGESELLSCHAFT MBH, Care Innovative Action Preliminary Study on Integration of Unmanned Aerial Vehicles into Future Air Traffic Management, Version 1.1. Dept. Airborne Air Defence, Einsteinstr. 20, D-85521 Ottobrunn, 2001.december.07. (online) url: <https://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/documents/projects/CARE/iabg-finalreport.pdf> (2013.12.17)

-
- [8] MR. JOHN WALKER ON BEHALF OF MR. CHUCK JOHNSON MANAGER, UAS INTEGRATION IN THE NAS PROJECT, Unmanned Aircraft Systems (UAS) Integration in the National Airspace System (NAS) Project, ICAO Regional Unmanned Aircraft Seminar, Lima, Peru April 18-20, 2012 (online) url: http://uvs-info.com/phocadownload/02_1cda_Presentations_PvB_/07_Walker-John_PadinaGroup_USA_For-NASA_Presentation.pdf (2014. 03.05)
 - [9] PLAMEN ANGELOV, Sense and avoid in UAS: Research and Applications. ISBN: 978-1-119-96784-2, Wiley, 2012. march (online) url: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1119967848.html>
 - [10] MARGARET GILLIGARJ, ASSOCIATE ADMIMSTRATOR FOR AVIATION SAFETY, J. DAVID GRIZZLE, CHIEF OPERATING OFFICER FOR AIR TRAFFIC ORGANIZATION, VICTORIA H. COX, ASSISTANT ADMINISTRATOR FOR NEXTGEN, Integration of Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System : Concept of Operations, V2.0. Federal Aviation Administration, 2012. szeptember 28 (online) url: <http://www.suasnews.com/wp-content/uploads/2012/10/FAA-UAS-Conops-Version-2-0-1.pdf> (2014.03.05)
 - [11] BALI TAMÁS. A szimulátorok alkalmazási lehetőségei az UAV személyzet gyakorlati képzésében. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-56-Bali_Tamas.pdf (2013.12.11)
 - [12] <http://www.nbcnews.com/technology/drone-pilot-burnout-triggers-call-recruiting-overhaul-1C9910483> (online) (2013.11.17)
 - [13] MUHAMMAD ASIM, DR NADEEM EHSAN, KHALID RAFIQUE. Probable causal factors in UAV accidents based on human factor analysis and classification system. 27th International Congress of the Aeronautical Sciences, 2010.(online) url: http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/492.PDF (2013.12.14)
 - [14] SÁPI LAJOS ZOLTÁN. A magyar katonai UAV kezelők kompetenciái. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-19-Sapi_Lajos.pdf (2013.12.05)
 - [15] DANIEL LUEDEMANN, GUY GOUARDÈRES, YON DOURISBOURE, ERIC GOUARDÈRES. Assessment in Team Training for UAV Operators. First International Conference on Humans Operating Unmanned systems, 2008. szeptember 3-4, (online) url: <https://conferences.telecom-bretagne.eu/data/humous08/proceedings/08-luedemann08humous.pdf> (2013. 12.11)
 - [16] MICHAEL J. BARNES, BEVERLY G. KNAPP, BARRY W. TILLMAN, BRETT A. WALTERS, DARLENE VELICKI. Crew Systems Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Future Job and Tasking Environments. ARL-TR-2081, 2000. január
 - [17] SOLENN LACHÈZE - VINCENT FERRARI. Acquiring team-level performance for UAS mission. 27th International Congress of the Aeronautical Sciences, 2010.(online) url: http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/266.PDF (2013.11.19)
 - [18] DOMJÁN KÁROLY. Az UAV operátorok kiválogatásának és kiképzésének lehetőségei, mobil szimulátor konzollokkal. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-24-Domjan_Karoly.pdf (2013. 12.14)
 - [19] TIMOTHY H. COX NASA CHRISTOPHER J. NAGY NASA MARK A. SKOOG NASA IVAN A. SOMERS CSM, INC. Civil UAV Capability Assessment, Draft version 2004. december (online) url: http://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/111761main_UAV_Capabilities_Assessment.pdf (2014. 03.04)
 - [20] ADLINK TECHNOLOGY INC. UAV payload Computing. (online) url: http://www.adlinktech.com/military_aerospace/UAV_PAYLOAD_COMPUTING.php?source= (2014.03.06)
 - [21] PABLO ROYO, JUAN LÓPEZ, CRISTINA BARRADO AND ENRIC PASTOR Service Abstraction Layer for UAV Flexible Application Development American. Institute of Aeronautics and Astronautics (online) url: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/9358/1/Royo_AIAA08.pdf (2014.03.05)
 - [22] HONVÉDSÉGI SZEMLE Kis sebességű légi célok elfogása. 65. évfolyam 4. sz. 2011. július, (online) url: http://ekonyvtar.zrinyimedia.hu/container/files/attachments/27397/honvedsegi_szemle_2011_julius.pdf (2014.03.18)
 - [23] DR. PALIK MÁTYÁS A pilóta nélküli légijárművek hazai szabályozói környezete fejlesztésére irányuló k+f projekt bemutatása (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/37_Palik_Matyas.pdf (2014.04.01)