



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és járműmérnöki kar

ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

**A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEKET KEZELŐ SZEMÉLYZET
PROBLÉMÁINAK FELTÁRÁSA**

Készítette:

Futaki Anna

(BWZ2XP)

Konzulens:

dr. Kővári Botond

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1 A pilóta nélküli légjárművek áttekintése.....	4
1.1 Történelmi áttekintés.....	4
1.2 Fogalommeghatározás	5
1.3 Kategorizálás	6
2 A kezelő személyzet komplex vizsgálata	8
2.1 A kezelő személyzet alkalmassága	8
2.1.1 Személyi alkalmasság	8
2.1.2 Fizikai alkalmasság.....	10
2.2 A képzés.....	10
2.2.1 Elméleti képzés.....	11
2.2.2 Gyakorlati képzés	11
2.2.3 Az UAV-k alkalmazására történő, gyakorlati képzést támogató szimulátoroktól elvárt képességek.....	12
2.3 Kezelő személyzet összetétele	14
2.3.1 A Nano-, Micro- és Mini kategóriájú UAV-k	14
2.3.2 A kis-, rövid-, közepes és a megnövelt repülési időtartamú közepes kategóriájú UAV-k.....	14
2.4 A pilóta nélküli légieszközök SWOT-analízise a kezelő személyzet szempontjából	15
2.4.1 Erősségek.....	16
2.4.2 Gyengeségek	17
2.4.3 Lehetőségek.....	19
2.4.4 Veszélyek	20
2.5 Biztonság kérdése.....	21
3 Pilóta nélküli légijárművek gazdasági helyzete	25
3.1 Gazdasági előrejelzések.....	25
3.2 Katonai piac	27
3.3 Egyéb állami és kereskedelmi piac	28
3.4 UAV-k multikritériumos összehasonlító elemzése	31
3.4.1 Katonai repülőgépek	31
3.4.2 Egyén állami és kereskedelmi repülőgépek	33
3.5 Magyarország	36
Összefoglalás	39
Ábrajegyzék	40
Táblázatjegyzék	40
Irodalomjegyzék	41
Mellékletek.....	47

Bevezetés

Annak ellenére, hogy hazánkban csak mostanában került előtérbe, a pilóta nélküli légijárművek pályafutása közel 100 éves múltra tekint vissza: 1916-ban Archibald Low angol fizikus, feltaláló, mérnök megalkotta az első UAV-t (Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta nélküli légijármű), amely „Aerial Target” néven vonult be a történelemkönyvekbe [42]. Magyarországon fejlesztésük több mint 20 éve folyik.

„Napjainkra elérték azt a fejlettségi szintet, amikor bizonyos feladatok végrehajtásában hatékonyabban és biztonságosabban képesek tevékenykedni, mint a pilóta által vezetett repülőeszközök. Mindezeken túl alkalmazásuk nem jár a személyzet egészségének és/vagy életének szükségtelen kockáztatásával, veszélyeztetésével”[56].

Az eszközök felhasználása főként a repülések egyes speciális területein fokozódik. A katonai alkalmazásokon túl, az elmúlt években folyamatosan nő az igény a polgári, katasztrófavédelmi, térképészeti és hasonló területeken történő UAV felhasználásokra.

Az UAV-k jelentik a korszerű hadászat terén az igazi változást a jövő háborús konfliktusaiban. Ez a legnagyobb változás azóta, hogy a kétfedelű repülőgépeket fegyverekkel szerelték fel az első világháborúban. Tulajdonképpen a pilótanélküli repülők a harci gépek újabb fejlődési szakaszát jelentik [43].

Éppen ezért úgy vélem érdemes foglalkozni az egyre szélesebb körben alkalmazhatóvá váló UAV-kal, melyek új korszakot nyithatnak felhasználásuk területein. Minden UAV-hez tartozik azonban egy kezelőszemélyzet, így az ő képességeik, alkalmasságuk, képzésük nagyon fontos.

Magyarországon alkalmazásuk jelenleg még nem olyan elterjedt és tulajdonképpen a katonai területen való működtetésben kimerül. Valószínűsíthető, hogy a jövőben ez fokozatosan változni fog, és a megfelelő szabályozási, jogi környezetben széleskörűen alkalmazzák majd a legkülönbözőbb feladatok végrehajtására hazánkban is.

Dolgozatomban az UAV-k történetét, kategóriáit, valamint a kezelő személyzetének alkalmasságát, képzését, összetételét fogom ismertetni, majd végül gazdasági elemzést hajtok végre ez egyes típusok összehasonlítására. Ezen témakörök áttekintése azért is nagyon fontos, hiszen, ahogy majd a dolgozat utolsó fejezetében is kiderül, mind a katonai, mind a polgári piaci igények egyre inkább növekednek ezen légieszközök iránt.

1 A pilóta nélküli légjárművek áttekintése

1.1 Történelmi áttekintés

A legelső UAV eszköz az 1920-as évek közepén jelent meg az Egyesült Államokban, egyelőre kísérleti (harci, bombavető) gépként. Az Amerikai Légierő megrendelésére fejlesztette Kettering – Wright mérnök, *Bug* néven, mely végül nem került rendszeresítésre. Alkalmazásuk a II. világháborúig váratott magára, majd a II. világháború idején rendre megkezdődtek a kísérletek a pilóta nélküli harci gépekkel, valamint bevetésre is kerültek program vezérelt pilóta nélküli repülőeszközök. Amerikában 1951-ben kezdődtek meg a felderítő és fegyverrel rendelkező UAV-ok fejlesztése, amit a koreai háború gyorsított fel. Szintén az ötvenes években kerültek fejlesztésre a sugárhajtóműves UAV eszközök is. Ezek célja, nagyobb repülőgépek (MIG vadászipülő, BEAR bombázók) imitálása, illetve még a találatjelzési módszerek kidolgozása is a kísérletek részét képezték. Az USA-val párhuzamosan a SZU-ban is megkezdődtek a fejlesztések, valamint a németek is hasonló munkálatokba kezdtek [44]. A vietnámi háború alatt az Egyesült Államok több mint 3400 bevetésen alkalmazta ezeket az eszközöket, s igen sikeresnek bizonyultak, hiszen a végrehajtott bevetések aránya $\approx 95\%$. A háború után pénz és támogatás hiányában az UAV-kkal kapcsolatos fejlesztések a USA-ban abba maradtak, csak a legfontosabb repülőgép fejlesztések kaptak támogatást. A '70-es években Izrael jutott vezető szerephez az UAV rendszerek fejlesztésével kapcsolatban. Általuk fejlesztett eszközök több mai korszerű UAV alapját képezik. Az UAV-k fejlesztése a '80-as években lendült fel világszerte. Ebben az arab-izraeli háborúk is nagy szerepet játszottak, ahol sikeresen teljesítettek. UAV-ok számtalan típusa jelent meg ekkoriban.

A Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (International Civil Aviation Organization - ICAO) 2011. március 11-én adta ki 328 számú körlevelét, amely a pilóta nélküli légi jármű rendszerek kérdéseivel foglalkozik.

A Magyar Honvédség (MH) az 1960-as évek vége óta alkalmaz távirányítású repülőgép modelleket a lövész és légvédelmi alegységek kiképzése során. Az eszközök feladata az ellenséges légi járművek imitálása a célkövetési gyakorlatokon és az éleslövészeteken. Megjelenésüket a rendkívül kedvező beszerzési és üzemeltetési költségük tette lehetővé.

Jelenlegi célrepülőgép típus a METEOR-3MA, az NKH által is tanúsított UAV eszköz. Ez a TUAV (Target Unmanned Aerial Vehicle) 2011. évben előállt céleszköz, mely a pilóta nélküli robotrepülőgépekkel szemben támasztott követelményeknek alapvető megfelelést mutatott [46]. A másik jelenlegi UAV, az izraeli gyártmányú Skylark-I-LE típusú SUAV-ok

(Small/Short Unmanned Aerial Vehicle, kis hatótávolságú pilóta nélküli felderítő repülőgépek). Az eszköz önállóan hajt végre különböző repülési feladatokat, mint a megfigyelés, vészleszállás, követési feladatok. Az eddigi tapasztalatok szerint a Skylarke-I-LE több feladatra is alkalmas, maximálisan bizonyította gyakorlati alkalmazhatóságát [48].

1.2 Fogalommeghatározás

A *pilóta Nélküli Légijárművek* (Unmanned Aerial Vehicle: UAV), azon légijárművek, amelyek légtérben való közlekedésüket fedélzetükön tartózkodó gépszemélyzet nélkül, földi irányítás mellett vagy autonóm módon végzik. A legelterjedtebb angol kifejezés a témában az Unmanned Aerial Vehicle (a továbbiakban: UAV), amely alapvetően kizárólag magát a légijárművet foglalja magába. Az UAV-k feladatukat távirányítással végrehajtó szűkebb csoportja a Remotly Piloted Aircraft (RPA) [49].

Az UAV-k olyan komplex eszközök, melyek egyesítik magukban a repüléstechnikai, hírközlési, a navigáció, az informatika, a radarlokáció és még számos egyéb szakterület legkülönbözőbb elemeit [51].

Pilóta Nélküli Légijármű Rendszerek (Unmanned Aerial Systems: UAS) (lásd: 1. ábra) magukban foglalják magát a légijárművet (UAV), a földi repülésirányító állomást, és az adatkapcsolatot (UAV - Földi Repülésirányító Állomás).

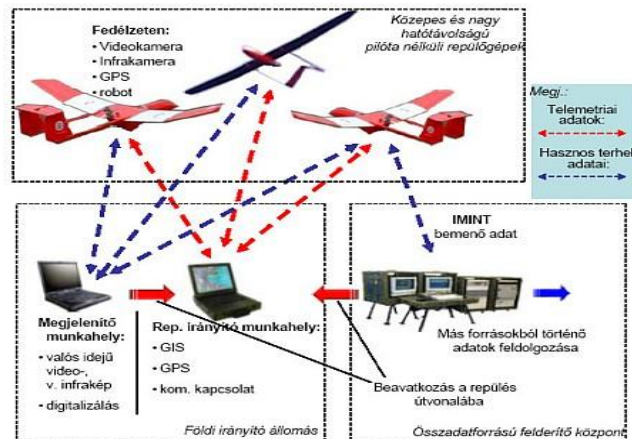


1. ábra: Egy pilóta nélküli repülőgép fontosabb elemei [52]

Bár az „ember nélküli repülőeszköz” kifejezés az emberi kölcsönhatás és interakció hiányát sugallja, de a humán operátor még mindig kritikus eleme az UAV műveletek sikerének. A legtöbb nemzet számára, és mert az UA rendszerek ritkák, az UAV operátorok kulcs személyzetnek számítanak, kiterjedt és drága kiképzést igényelnek. Jogi szempontból az UAV-kkal történt balesetek kivizsgálása nem tér el a hagyományos alkalmazástól, különösen, ha a bevetés polgári légteret is érint [53].

A pilóta nélküli repülőgépek biztonságos és hatékony üzemeltetéséhez a repülőeszközön kívül számos egyéb kiegészítő rendszerre van szükség. Ezek egyike a földi állomás. A földi állomás kapcsolatot tart a fedélzeti rendszerekkel, akár több repülőeszközzel is egyidejűleg

(lásd: 2. ábra). A kapcsolat kétirányú, a földi állomáshoz érkeznek a telemetriás adatok (fontosabb repülési adatok, működést leíró állapot információk), illetve a hasznos teherről származó adatok (pl. kép, hang). A repülőgép felé haladnak az irányítással kapcsolatos parancsok (pl. útvonal módosítás, kézi vezérlés), illetve a hasznos teher működtetésével kapcsolatos parancsok (pl. fedélzeti kamera beállításának módosítása) [52].



2. ábra: Közepes hatótávolságú (harcászati szintű) pilóta nélküli repülőgépre épített felderítő rendszer [54]

Természetesen a robotrepülőgépek és konstrukcióik jelenleg ismert és használt típusaikkal együtt folyamatos fejlesztésen mennek keresztül, főleg hatótávolságuk, és levegőben tarthatóságuk szempontjából.

1.3 Kategorizálás

A pilóta nélküli gépeket különféle szempontok alapján osztályozhatjuk, de figyelembe kell venni, hogy a gyártók a specifikációkat eltérően adják meg, gyakran más és más feltételek mellett. A nemzetközi szakirodalomban az UAV-k hatótávolság, tömeg és repülési magasság szerint kerülnek kategorizálásra (lásd: 1. melléklet).

A *MALE UAV-k (Medium-Altitude Long-Endurance Unmanned Aerial Vehicle)* közepes repülési magasságban tevékenykednek és hosszú üzemképességi időtartammal rendelkeznek, amely azt jelenti, hogy körülbelül 24 órát képesek repülni és igen nagy távolságra képesek elrepülni ezalatt. Alkalmazási területük általában a műveleti felderítés. Tipikus ilyen UAV a Predator és a Harfang (lásd: 3. melléklet).

A *HALE UAV-k (High-Altitude Long-Endurance Unmanned Aerial Vehicle)* nagy magasságban képesek üzemelni és szintén hosszú ideig üzemképesek, ami azt jelenti, hogy 1 napig, vagy tovább is üzemeltethetők. Általában stratégiai felderítésre alkalmazhatóak. A Global Hawk (lásd: 3. melléklet) az egyik képviselője ennek a típusnak.

Az UCAV-ok (*Uninhabited Combat Air Vehicle*), olyan nagyteljesítményű UAV-k, melyek főként földi célpontok támadására terveztek. Ebbe a típusba tartozik például az X-45A UCAV (lásd: 3.melléklet).

A TUAV-k (*Tactical Unmanned Aerial Vehicle*) általában felderítő repülőgépként vannak alkalmazva a hadseregeknél. Akár több órán keresztül is képes repülni, működési sugara maximum 200 km. A TUAV-k közé tartozik a Shadow és a Searcher (lásd: 3.melléklet).

A Naval TUAV-k (*Tactical vertical-take-off UAV*) függőleges fel és leszállás végrehajtására képesek. Hajófedélzeteken való használatra vannak kialakítva, földön létesített egyedi irányító állomással.

A Civil UAV-k általában szervezet által vannak üzemeltetve. Ide tartoznak az állami és a kereskedelmi szervezetek. A civil UAV-k tovább bonthatóak kis és nagy kategóriákra, a kicsi az a katonai és a taktikai UAV-k mérete között van, a nagy kategória pedig tartalmazza a MALE illetve a nagyobb UAV-kat.

A Mini UAV-kat kis méretük miatt egy személy is kezelheti, leginkább a katonaságnál alkalmazzák őket. Tipikusan ilyen UAV az AeroVironment RQ-11 Raven (lásd: 3. melléklet).

A STUAV-k (*Small-Tactical-Unmanned-Aerial-Vehicle*) méretüket tekintve a mini és a TUAV-k mérete közé esnek. elegendően kicsi ahhoz, hogy egy ember felemelje, de már kézből nem indítható. Ilyen típusú UAV a ScanEagle (lásd: 3. melléklet) is [55].

Az előzőekben leírt felosztás azonban csak egy a sokféle lehetőség közül, hiszen egységes felosztást nehéz létrehozni, akár országonként is eltérhet (lásd:2. melléklet)

2 A kezelő személyzet komplex vizsgálata

2.1 A kezelő személyzet alkalmassága

Egyes elméletek szerint az ember alkotta irányító személyzetet ki kell, és ki lehet hagyni a rendszerből. Ezen elméletek a szoftverekbe vetett bizalmon alapulnak. Eszerint olyan komoly vezérlőprogram alkotható meg, mely minden esetben a megfelelő eljárás alapján irányítja a gépeket. A program egyaránt képes a navigációra több különálló rendszer segítségével és a vészhelyzeteket is kellő módon megoldja. Azonban a történelem folyamán már számtalan olyan esettel is találkozhattunk, ahol a túlzott automatizálás kudarcot vallott és bebizonyította, hogy az emberi tényező kihagyhatatlan a beavatkozást illetően. Ezt bizonyítja az az eset is, ami egy Airbus A320 tesztrepülésén következett be. Az ilyen és ehhez hasonló esetek bebizonyították, hogy a komolyabb pilóta nélküli repülőgépek irányításához az operátor vagy irányító személyzet elengedhetetlen [2].

Az UAV-k kezelőinek egy nagyon komplex követelményrendszernek kell megfelelniük, magas stressztűrő képesség mellett. Képesnek kell lenniük a légijármű kormányzására/vezetésére, az irányító egységekkel illetve a légiforgalomban résztvevő egyéb légijárművekkel történő együttműködésre, a légifelderítéshez szükséges UAV fedélzeti szenzorok hatékony alkalmazására, katonai alkalmazás esetén a harcászati helyzet felismerésére és gyors elemzésére, a függesztett fegyverrendszer alkalmazására. Nagyon lényeges a jó hang- és képmemória, hiszen a feladatvégrehajtás csupán hangok és képek alapján történik monitorokon keresztül. 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 eszköz irányításához szükséges repülés-technikai-, és a szenzorok által sugárzott felderítői információk gyors feldolgozására vonatkozó készség is nélkülözhetetlen számukra [1], [15].

2.1.1 Személyi alkalmasság

Egy adott tevékenység végzésére az alkalmas, aki ismeretei, képességei és az egész személyisége (érzelmi adottságai, alkalmazkodása, motivációi, tulajdonságai) alapján az adott területen, tartósan legalább átlagos teljesítményt tud nyújtani, egészségének károsodása és személyiségének torzulása nélkül. Az alkalmasság vizsgálatának egyidejűleg kell az alkalmasság megállapítására és az alkalmatlanság kiszűrésére irányulnia. Az alkalmasság csak potenciálisan állapítható meg, a tevékenység végzés gyakorlatában dől el, hogy az adott

személy alkalmas-e az adott feladatra. Az alkalmasság, az ember- tevékenységi kör rendszer, többértű megfelelést jelent (egészségügyi, jogi, szakmai, vezetői stb.). Ugyanakkor az alkalmasság minden esetben az egész emberre, annak egész személyiségére vonatkozik [4].

UAV műveletek elengedhetetlen meghatározója a folyamatokat irányító ember. A jelentkezők kiválasztása a pszichológia feladata [6].

Elsődleges kritérium az *ismeretanyag* megszerzése, elsajátítása, hiszen ez a tudás alapvető feltétele az alkalmasságnak.

A személyeknek tisztában kell lenniük [10]:

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

A különböző *készségekkel* való rendelkezés, illetve a motiváltság szintén elengedhetetlen. Az egyik az eszköz irányításához 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 alkalmazására vonatkozó készség [1].

A közös, összehangolt munka, feladatvégrehajtás lényeges a személyzetet illetően. Ha sikerül a csoport, a munkacsoport munkájának a hatékonyabbá tétele, akkor, az adott feladat elvégzése is eredményesebbé válhat. A jól kiképzett csoport, a csoporton belüli emberi kapcsolatok miatt hatékony és sikeres.

Az egyes személyek képességeit nem egyesével érdemes fejleszteni, hanem figyelembe véve az együttműködési kompetenciát, a csapaton belüli egyének képességeit a csapattal összhangban tanácsos fejleszteni [12].

Ebből az következik, hogy a kiképzési folyamatban szerepelnie kell a *csoportképésnek*, fontos a csoporton belüli szerepek meghatározása és a csoporton belüli kommunikáció ismerete is [7].

A csapatösszeállítás konstrukciója a kölcsönhatások bonyolult hálója, s ezáltal az egyének kölcsönösen segítik egymás feladatát és céljait, megismerik az összefüggéseket. Így a bizonytalanságból fakadó félreértések redukálhatóak [12], [13].

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 [7], [15].

2.1.2 Fizikai alkalmasság

Az alkalmasság kérdésének pszichológiai aspektusain kívül rendkívül nagy jelentősége van a fizikai teljesítőképességnek is. Ez a megállapítás fokozottan igaz a hadsereg tevékenységére vonatkoztatva, mivel az alkalmasság csak ezeknek a fontos alkotórészeknek az ideális megléte esetén áll fenn, és biztosítja a katona számára a megfelelő harcképességi szintet. A fizikai alkalmasság minden katona alkalmasságának fontos alkotó eleme [4].

Fizikai alkalmasság alatt az amerikai szakértők azt az állapotot értik, mikor a katona teljesen egészséges, képes arra, hogy magas fokú mozgás koordinációt igénylő feladatokat hajtson végre és szervezete képes jelentős kifáradás után minimális időintervallum alatt regenerálódni, valamint a váratlan helyzetekben rövid határidő alatt képes maximális teljesítményt nyújtani [2].

A jövőben, a pilóta nélküli légieszközök rendszeres alkalmazásával, a kiszolgáló humán erőforrás elméleti és gyakorlati felkészítését szervezett módon, a fenti feltételeknek megfelelően, kötelező jelleggel el kell végezni [10].

2.2 A képzés

A képzés során is fókuszálni kellene arra, hogy a légénység tagjai tudásukat megoszthassák egymással. Erre a Cross-Training kiválóan alkalmas módszer, mely során az operátoroknak meg kell érteni és használni a hozzájuk közelálló, de sajátjuktól eltérő képességeket. A pilóta minősítésű vagy ezzel egyenértékű szakmai személyzetet be kell vonni a döntési láncba, hogy támogassák az UAV személyzetet a missziótervezésben, légtér koordinációban, az általános kapcsolattartásban és egyéb feladatokban [9], [11].

A Cross-Training képzések magukba foglalják 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. Az UAV kezelő személyzetet illetően a képzés elvárt eredménye az lenne, hogy csökkennének a ismeretbeli különbségek, s ugyanazt a

problémát több szemszögből is képesek lennének megvizsgálni és átgondolni. Azonban ehhez elengedhetetlen a megfelelő kommunikáció [11], [13].

2.2.1 Elméleti képzés

Szükség van egy *elméleti képzésre*, ugyanis az operátoroknak megfelelő ismeretekkel kell rendelkeznie az Aerodinamika, a Repülés mechanika, a Navigáció, a Repülés meteorológia és a gyakorlati repülés témaköreiben egyaránt. Az aerodinamika szükségessége a repüléselmélet alapjaként fogható fel. Az alapfokú ismeretei nélkül a repülőgép vezetése nem elsajátítható. A levegő áramlástan alaptételei, az impulzus tétel, a felhajtóerő tétele és az áramlástan jellemzők ismerete egyaránt fontos. A határreteg kialakulása, a lamináris és turbulens áramlás valamint a repülőgépekre ható erők ismerete a biztosítéka annak, hogy az operátorok tisztában legyenek azzal, hogy mitől repül egy gép, vagy mitől nem. Minden UAV operátor számára elengedhetetlen, hogy tisztában legyen a tervezési és építési konstrukciókkal, aminek köszönhető a repülőgépek stabilitása vagy instabilitása. A stabilitási jellemzők ismerete segíthet az operátoroknak, a váratlan külső elengedhetetlen [2].

2.2.2 Gyakorlati képzés

A *gyakorlati repülés* szükségessége saját tapasztalatok alapján, igen jelentősnek mondható. A kezelő személyzet olyan rálátást kap a repülőgép vezetésére, ami segíti az UAV-k irányításában. A számítógépes oktatás igen hatékony eszköz fejleszteni a kezelő repülési képességeit, a repülés kognitív összetevőire (megismerő funkciók) koncentrálnak, melynek kiváló eszközként szolgálhatnak a szimulátorok. Természetesen a szimulátorok között is különbséget kell tennünk. Egy valódi méretű szimulátor kabin, megfelelő látószögű és felbontású kép megjelenítéssel képes az agyat valamint az érzékszerveket úgy befolyásolni, hogy a kiválasztott alany számára az élmény valóságnak tűnjön. Mivel az UAV-vezetése összetett feladat, a szimulátoron eltöltött repült idő csak segíti annak a képességnek az elmélyülését, mely képesség birtokában a korlátozott megjelenítés ellenére is magabiztos a repülő eszköz vezetése. Az operátorok természetesen több segítséget is megkapnak annak érdekében, hogy az eszköz irányítása és navigálása pontos legyen. Mindezen rendszerek ellenére a gyakoroltatás lépcsőzetessége igen fontos [2], [9].

2.2.3 Az UAV-k alkalmazására történő, gyakorlati képzést támogató szimulátoroktól elvárt képességek

A kezelő személyzet képzésének egyik alapvető eleme a szimulátoros képzés. A szimulátorok költséghatékonyak, minimalizálják a kockázatot a képzések alatt, illetve olyan eszközök, melyek képesek csökkenteni a repülési órákat, a képzés költségeit és javítják a repülésbiztonságot. Lehetőséget nyújthatnak a kezelők valósídejű képzésére, reális és pontos virtuális környezetben, a valós repülés kockázatai és korlátai nélkül [16], [18].

Két fő egységből épülnek fel. Az egyik az a számítógép (hardver eszköz), amely a rátelepített szoftverének segítségével képes szimulációs térben megjeleníteni az adott UAV-t. A szoftver a repülés szimulációs képzési rendszer legfontosabb része. A másik fontos egység a számítógéphez kapcsolt UAV irányítószerve. Az irányítószerv általában nem mutat nagy különbséget azon eszközöktől, melyeket a polgári életben is alkalmaznak a modellek irányításánál [16].

A gyakorlati képzést támogató szimulátorral szemben pontosan behatárolható követelmények fogalmazhatóak meg. Nagyon lényeges tényezők a hatékony szimulátoros képzésben, a *fedélzeti kommunikáció* és az *együttműködés*. Csak ezek megléte mellett lehet hatékonyan alkalmazni az eszközt, így fontos, hogy a szimulátorkabinban a valóságnak megfelelően, a munkahelyek egy légtérben helyezkedjenek el. Az efféle munkavégzés a hatékony kommunikáció biztosításán túl lehetővé teszi azt, hogy a személyzet tagjai lássák egymás kijelzőit. Ez azért fontos, mert a jól összeszokott és felkészített gépszemélyzet tagok egymás kijelzőjére nézve feltudnak készülni a következő feladatra. Például az irányító a szenzorkezelő utasításai nélkül is képes lesz a légijárművet abba a pozícióba fordítani, amely a legmegfelelőbb az észlelés szempontjából [18].

A fentiek alapján a képzést támogató szimulátor berendezés minimum 2 fő (irányító és szenzorkezelő) egyidejű képzését biztosítja, de alkalmas akár egyéni stand-alone képzésre is. A szimulátor berendezés munkahelyeinek kialakítása teljes egészében megegyezik az eredeti eszköz kabinkialakításával. Az azonosság fellelhető az irányító szervekben, a navigációs műszerek visszajelzőiben, a szenzorok vezérlő szerveiben, illetve az általuk vett és feldolgozott jelekben, a fegyverkezelő vezérlő pultjában [21].

A hatékony képzéshez még az is hozzátartozik, hogy szimulátor berendezés teljes mértékben képes legyen szimulálni a kezelő által irányítandó légieszközt, annak dinamikus karakterét figyelembe véve [17].

Az eszköz kormányzására-, illetve a szenzorok működtetésére szolgáló kezelőszerveknek pontosan meg kell egyezniük a valós végrehajtásnál használt kezelőszervekkel. Ennek kiemelt jelentősége van azért, mert „éles” helyzetben gyakoriak az azonnali beavatkozást igénylő mozdulatok [1].

A szimulációnak szerves részét kell, hogy képezze a légi forgalom sűrűségének beállíthatósága, illetve a légi irányítás generálása. A szimulációnak képesnek kell lennie mind az alacsonyan repülő kissebességű-, mind pedig a harcászati repülő képességekkel rendelkező légtérsértő légijármű megjelenítésére, azok tevékenységének modellezésére [1].

Fontos a repülési manőverek gyakorlása eltérő körülmények között, illetve vészhelyzeti körülmények közötti boldogulás is. Hosszabb repülések alkalmával megtörténhet az, hogy a felszállás időszakában még egyszerű időjárási viszonyok voltak tapasztalhatóak, de a leszállás idejére ez már megváltozik. Ennek értelmében a szimulátor berendezés szoftverjétől fontos elvárás a szél irányának és sebességének különböző magasságokon történő módosítási lehetősége, a légköri csapadék különböző halmazállapotokban (pára, eső, hó, jég) történő megjeleníthetősége, a különböző típusú felhőzet eltérő magasságokon történő megjeleníthetősége, a légnyomással kapcsolatos beállítások módosíthatósága. Továbbá a szimulátor berendezésnek támogatnia kell mind a nappali, mind pedig az éjszakai körülmények közötti repüléseket, illetve a rossz látási viszonyok szimulálása is [18], [21].

A rövid vagy annál nagyobb kategóriájú UAV-k esetén, a szimulációs térnek biztosítania kell a VFR illetve IFR repülésekre vonatkozó navigációs adatok betölthetőségét, az eljárásos repülések végrehajtását. A műszerrepülések navigációs eljárásainak végrehajthatósága érdekében a szimulációs térnek tartalmaznia kell a földi telepítésű navigációs eszközöket (VOR, ILS, DME, NDB). Mivel ugyanezen kategóriájú UAV-k repülési navigációjának elengedhetetlen eszköze a műholdnavigációs berendezés (GPS), ezért a szimulációnak képesnek kell lennie a GPS navigáció támogatására [1].

Az UAV kezelők gyakorlati képzésének egyik legfontosabb és leginkább költségghatékony eleme a szimulátor, melynek alkalmazása nélkülözhetetlen a komplex rendszerekkel rendelkező légijárművek használata során. Az azokon történő képzés (gyakorlás) repülésbiztonsági szempontból megkerülhetetlen a harci alkalmazásra történő felkészítés időszakában [1].

2.3 Kezelő személyzet összetétele

2.3.1 A Nano-, Micro- és Mini kategóriájú UAV-k

A Nano-, Micro- és Mini kategóriájú UAV-k hatótávolsága rövidnek tekinthető, repülési magasságuk általában földközeli. Bevetésük általában látótávolságon belül valósul meg, mivel irányításukhoz rádióhullámokat használnak. Az általuk nyújtott képességek alapvetően (kizárólag) a felderítői információk gyűjtésére korlátozódnak. Alkalmazás szempontjából az üzemeltetése általában 2 főt igényel. Az egyik személy felelős az eszköz irányításáért, a másik pedig a szenzorok jeleinek feldolgozásért [1].

A kettőjük 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 [1].

2.3.2 A kis-, rövid-, közepes és a megnövelt repülési időtartamú közepes kategóriájú UAV-k

A kis-, rövid-, közepes és a megnövelt repülési időtartamú közepes kategóriájú UAV-k hatótávolsága lehet nagyobb, illetve bevetésük történhet látótávolságon kívül is. Az általuk végzett műveletek, küldetések bonyolultabbak, összetettebbek és alkalmazásuk széleskörű lehet.

Ezen UAV-k személyzetét illetően is minimum 2 pozíciót vizsgálunk [9]:

- irányító pilóta/ légijármű üzemeltetője,
- szenzorkezelő pilóta.

Továbbá az előzőeken kívül:

- katonai üzemelés esetén szükséges lehet egy külön fegyverkezelő,
- repülés irányító parancsnok is jelen lehet, aki koordinálja a műveletet.

Az irányító pilótának le kell tudnia olvasni a műszereket és meg kell tudnia állapítani a jelenlegi repülési állapotot, reagálni vészhelyzetetek esetén és irányváltást tenni, taktikai, illetve biztonsági okokból. Ő repüli ki a légijárművet a feladat-végrehajtás körzetébe, de azt elérve a szenzorkezelő veszi át a bevetés irányítását. Ő határozza meg a repülési útvonalat, ő deríti fel az ellenséges erőket/eszközöket és majd ő végzi a célmegjelölést a fegyverkezelő számára. A célmegjelölést követően a fegyverkezelő veszi át a bevetés irányítását. Ő adja meg azt a pozíciót az irányítónak, amelyből a fegyverek alkalmazása a leghatásosabban biztosított, majd ő hajtja végre a tűzkiváltást. A tűzkiváltás után a szenzorkezelőre hárul a következő meghatározó feladat. A pusztítás fokának/hatékonyságának elemzéséhez információkat kell

gyűjtenie. A bevetés utáni értékelés határozza azt meg, hogy szükséges-e a további csapásmérés az adott célpontra. A fentiek alapján látható, hogy egy ilyen kategóriájú UAV alkalmazása a „fedélzeti” kommunikáción áll vagy bukik, ezért, úgy ahogyan az „élő” berendezés kabinjában [9].

A személyzet összetétele változhat a feladat célja, bonyolultsága miatt, illetve az adott típus képességeitől, automatizáltságától függhet.

Például MALE UAV-k esetében a csapat állhat [11]:

- egy pilótából, aki vezérli a járművet és felelős hasznos teherért,
- egy képi operátorból, aki gyűjti az adatokat,
- taktikai koordinátorból, aki egyaránt irányítja a csapatot, és figyelembe veszi a kiadott parancsot, megbízást.

Fontos szempont a jövőbeni személyzet tervezésekor a szükséges UAV alkalmazások automatizáltságának mértéke és típusa. Az UAV kezelőjének összetett feladatokat kell ellátnia egyidejűleg egy jellegzetes küldetési profil során. Mindegyik operátor tulajdonképpen szakértő a saját területén, de meg kell tanulniuk csapatban együttműködni [11], [9].

2.4 A pilóta nélküli légieszközök SWOT-analízise a kezelő személyzet szempontjából

A swot elemzés olyan stratégiai tervezőeszköz, ami segít értékelni az erősségeket, a gyengeségeket, a lehetőségeket és a veszélyeket, amelyek bármely meghatározott cél elérése érdekében meghozandó szervezeti, vagy egyéni döntés során felmerülhetnek. Az elemzés célja meghatározott üzleti cél elérése érdekében fontos belső és külső tényezők/adottságok (SWOT faktorok) azonosítása, valamint a megfelelő stratégiák kidolgozása [34]

A következőkben a pilóta nélküli légieszközöket kívánom megvizsgálni SWOT- analízis segítségével, ahol elsősorban a kezelő személyzet problémáit, lehetőségeit, illetve helyzetét szeretném feltárni, tehát a műszaki feltételeket nem vizsgálom jelen fejezetben.

ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
• kezelő személyzet élete nincs veszélyben, • családhoz közel vannak, • nem esnek ki a hétköznapiokból, • könnyű irányíthatóság, • költséghatékonyság.	• korlátozott érzékelési ingerek, • nincs olyan széles látómezőjük, • pilóta kockázatmegítélő képessége változó, • unalmas, hosszú műszakok, • gyors kiégés.
LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
• megfelelő számítógépes oktatás, többlépcsős kiképzés, • a pilóták által vezetett hagyományos gépek személyzetének bevonása, • emberi teljesítmény, jellegzetességek és a stressz adatok figyelembevétele, • kiválogatási tematika kidolgozása.	• kommunikációs problémák, • nincs egységes szabályozás, • felelősség érzet csökkenése.

3. ábra: UAV-k SWOT- elemzése a kezelő személyzet szempontjából [saját szerkesztés]

2.4.1 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. UAV-k esetén ez a probléma megoldódik, hiszen irányításuk távolról, az irányító állomásról történik. Ennek pozitív hatása azonban személyiségfüggő. Fontos figyelembe venni, hogy a mindennapi családi problémák negatív hatással lehetnek a teljesítő, és koncentráló képességre.

Nem esnek ki a hétköznapiokból

Egy-egy katonai bevetés alkalmával életük megváltozik, fel kell venniük az ottani életformát. A hétköznapiokba való visszatérés óriási kihívást jelenthet számukra, hiszen a hosszabb bevetések alkalmával hozzászokhatnak az ottani körülményekhez, mindennapokhoz.

Az életformaváltás a civil repülőgépek személyzetének esetében is fennáll. Az UAV kezelő személyzetének helyzete azonban egészen más, mivel minden egyes nap a feladat végrehajtása után visszatérhetnek hétköznapijaikba, kapcsolataik nem szakadnak meg, és személyiség változás sem valószínű. Itt is szintén az előzőhöz hasonló problémák léphetnek, fel, mégpedig a mindennapok stressze megmarad. Az előzőhöz hasonlóan e faktor pozitív, illetve negatív hatása is személyiségfüggő, ezt különböző motivációs elméletek segítségével lehet megállapítani.

Könnyű irányíthatóság

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

Költséghatékonyság

A költséghatékonyság a személyzetet illetően azt jelenti, hogy a személyzet utaztatásával, külföldi elhelyezésével és a felszerelésükkel, öltözködéssel 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.

2.4.2 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. Nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt az alaptényt, hogy egy repülőgép vezető az általa vezetett repülő eszköz vezetőfülkéjében helyezkedik el, és így az ő vonatkoztatási rendszere megegyezik a légijárművével. A pilóta a gép minden elmozdulásának közvetlen részese és a beavatkozásainak eredményét is azonnal érzékeli. Minden érzékszerve közvetlenül segíti a repülő eszközzel történő manőverezésben, tájékozódásban. Az UAV

operátorok helyzete viszont teljesen más, a képernyők előtt ülve, távolról irányítják járműveiket [2]. Mindenképpen szemelőtt kell tartani azt, hogy a szimuláció nem feltétlenül elegendő, szükséges lehet valós repülési gyakorlat is. A szimulációban imitált körülmények valóságos megélése nagy segítség lehet az UAV pilóták számára, megtapasztalhatja, érezheti, hogy mikor, hogyan reagál egy repülőgép a valóságban.

Nincs olyan széles látómezőjük

Mivel a hagyományos pilótákkal ellentétben az UAV-k irányítása a földről történik, a kezelők csak kamerákon keresztül az előttük elhelyezett képernyőkön láthatják az aktuális helyzetet. Megfelelő kamerák alkalmazásával és a személyzet kiképzésével az UAV-k működtetése biztonságos.

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 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. Az unalmasság kiküszöbölését váltott műszakok segítségével lehetne megoldani, hogy bizonyos időközönként az UAV pilóták is vezethessenek a fedélzetről repülőgépet.

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]. Tulajdonképpen ez a faktor nehezen kiküszöbölhető, de esetleges műszakrövidítésekkel és az optimális személyzet kiválasztásával mérsékelhető.

2.4.3 Lehetőségek

Megfelelő számítógépes oktatás, többlépcsős kiképzés

Mivel az UAV-k irányítása monitorok előtt történik, kiképzésre legalkalmasabb eszköz lehet a szimulátor, mely a valós munkakörülményeknek megfelelően van elrendezve. Ezáltal a személyzet kommunikációja, közös problémamegoldása is adott. Fontos mind az elméleti, mind a gyakorlati tudás és jártasság megszerzése.

Először az irányítónak kell készség szinten elsajátítani az eszköz irányítását, és csak ezt követően következhet a szenzorkezelő kiképzése. Fontos a sorrendiség megtartása, hiszen az alkalmazónak csak akkor lesz lehetősége a felderítő információk legnagyobb spektrumát megszerezni, ha az irányító a szenzorkezelő jelzésére gyakorlatilag azonnal képes reagálni. Képes az eszközt gyorsan az információgyűjtéshez leginkább megfelelő pozícióba vezetni [1].

A pilóták által vezetett hagyományos gépek személyzetének bevonása

Annak ellenére, hogy a hagyományos pilóták helyzete eltérő, navigációs és kommunikációs tapasztalataik, valamint elméleti tudásuk nagyon hasznos lehet az UAV kezelők kiképzésében. Előfordulhat esetleg olyan munkakörülmény is ahol a hagyományos pilóták is dolgoznak UAV pilótaként és felváltva hol UAV-t irányítanak, hol pedig hagyományos gépeket vezetnek. Ezzel elkerülhető lenne az unalmas munkavégzés is, hiszen az UAV pilótáknak is lehetősége lenne a hagyományos pilóták segítségével repülőgépeket vezetni és a valóságban is repülni.

Emberi teljesítmény, jellegzetességek és a stressz adatok figyelembevétele

Minden feladatot az adott személyzetnek kifogástalanul kell végrehajtani, ehhez feltétlenül szükséges a megfelelő pszichikai állapot, alaptulajdonságok, alkalmasság, és az éppen elvárt képességek megléte. Ezek együttesen nagyban befolyásolják a feladat végrehajtásának hatékonyságát. Ahol szükséges stressztűrőképesség fejlesztését be kell építeni a képzésekbe.

Kiválogatási tematika kidolgozása

A probléma megoldása többlépcsős kiképzést igényel, viszont a kiképzést megelőzve egy kiválogatási tematikát is ki kell dolgozni. Az érzékszervek és az agyi kapacitás ilyen mértékű leterheltsége miatt nem mindenki alkalmas az UAV irányítására és az azzal végrehajtandó feladat végrehajtására [2].

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

2.4.4 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 uralmat az UAV felett, „eltévedhetnek” feladat-végrehajtás közben, vagy olyan manőver végrehajtására készítetik az UAV-t, mely következtében szerkezeti károsodást szenved [36]. A térbeli tájékozódó képesség elvesztésének új típusai kerülnek előtérbe, ahol nem a mozgási élmény, hanem annak hiánya csapja be az emberi érzékszerveket és vezet hamis helyzetérzékeléshez [8].

– *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. Olyan rendszert kell tervezni amely eltérő körülmények között is kifogástalanul, késés nélkül képes adatokat szolgáltatni.

– *Adatminőség*

Az adatok késlekedésén 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 jól körülhatárolva. Előbb-utóbb az UAV-k elterjedésével minden ország létrehozza a biztonságos üzemeltetéshez szükséges keretszabályozást, hiszen enélkül ezen eszközök légiforgalomba integrálása megvalósíthatatlan.

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 bennük tetteik következményeit. Itt is fontos szerepet játszhat a megfelelő személyzet kiválogatása, valamint az utólagos értékelések, melyek során a személyzet szembesül tetteivel és viseli annak következményeit.

2.5 Biztonság kérdése

A pilóta nélküli légi eszközök egyre szélesebbkörű alkalmazása miatt elengedhetetlenül fontos, hogy működésükkel kapcsolatos légi közlekedésbiztonsági kérdések tisztázásra kerüljenek. Mivel UAV egy olyan légi jármű, mely akár légtérben akár földi mozgása közben a légi közlekedés elme, hatást gyakorol a légi közlekedésbiztonságra. Jelenleg Magyarországon ezen a területen jogszabályi hiányosságok mutatkoznak. Ez a tény elsődlegesen arra vezethető vissza, hogy hazánkban még nincs akkora hagyománya, mindemellett kevésbé számottevő a pilóta nélküli repülés, mint a nálunk fejlettebb UAS alkalmazást folytató országokban [21].

Ezen repülőgépek személyzete, hasonlóan a hagyományos pilótás repülés személyzetéhez kulcstényező a repülésbiztonság garantálásában. Felelősségük természete és terjedelme is megegyezik [3].

Az UAV a légi közlekedés biztonságára a legnagyobb problémát akkor jelenti, amikor a repülését közös légtérben, vagyis olyan körülmények között hajtja végre, amikor (akár civil, akár katonai) pilóta által vezetett légijárművekkel egyazon légtérben tevékenykedik. Míg harci repülések során elsődleges cél a feladat sikeres végrehajtása és csak azt követi a repülésbiztonság, addig a békeidőben történő repüléseknél e két szempont értelemszerűen felcserélődik. E probléma nem egykönnyen kezelhető, mivel jelenleg hazánkban nincsenek meg a megfelelő jogi garanciák, sem a technikai feltételeknek az ilyen jellegű feladatok végrehajtásának. A hagyományos légiközlekedésben tevékenykedő személyzet szakmailag és jogilag jól körülhatárolt munka követelményeihez képest (jogilag szabályozott üzemeltetés, képzés és hatósági engedélyezés), a távirányítású repülés személyzete csupán a repülésbiztonságért viselt felelősségen osztozik. A keretszabályok megalkotásához a távirányítású repülési ágazat szakmai specifikumainak lefektetése szükséges. Ennek szerves részét kell képeznie a biztonságért felelős személyzetet érintő kérdéseknek is. Az UAS biztonságos integrációja a légiközlekedésbe csak így valósulhatna meg [3], [21].

Az egyik igen fontos elem a biztonságot illetően, a személyzet képzettsége, felkészültsége. Elengedhetetlen, hogy az UAV repüléseit biztosító személyzet a legjobb felkészültséggel hajtsa végre a rá bízott feladatot. Kiemelten fontos feladat hárul minden egyes résztvevőre a repülés tervezésétől kezdve, a repülőeszköz felkészítésén át, annak irányításával befejezően. A magas szint csak hibátlan felkészítések sorozatával, illetve a folyamatos szinten tartással biztosítható [21].

Alapvető elvárás, hogy az UAV-t irányító személyzetnek megfelelő ismeretei legyenek az általános repülési szabályokon túl, a légiforgalmi szolgálatok ellátásának szabályairól, a

légtérfelhasználás általános és speciális szabályaival és az abban tevékenykedő más légi járművekről, azok repülési paramétereiről. Célszerű, ha a földi irányító állomás valós radaradatokkal is el van látva, így légi helyzetképet kaphat az UAV-ról, az azt körülvevő meghatározott kiterjedésű légteréről és az abban tevékenykedő légi forgalomról [21].

Az UAV légijárművek eszköztárának épsége – akár harcászati felderítésről, akár csapásmérésről van szó – nemcsak repülésbiztonsági, de nemzetbiztonsági problémát is felvet. Egyrészt polgári légtérben nem veszélyeztetheti a légiközlekedés biztonságát, másrészt művelési területen nem kerülhet az ellenség kezébe, még műszaki meghibásodás esetében sem, még elemezhető roncsok formájában sem.

Bár definíció szerint az UAV légijárművet nem fedélzeti pilóta irányítja, mégis olyan komplex repülési és harci rendszer, ahol a működtetésért felelős földi operátor felelőssége alapvető. Az ő kiképzésének, rendszerben tartásának anyagi vonzata is költséghatékonyan kezelhető: az UAV-t távolból irányító operátor kiválogatásának, kiképzésének és rendszerben tartásának költsége – az egészségügyi vizsgálatok spektrumának szűkítése, a szimulátoron történő képzés és az UAV irányítás analógiáján alapuló képzés egyszerűsítése – lényegesen alacsonyabb anyagi ráfordítást eredményez [8].

Az emberi hiba természetes velejárója minden tevékenységnek, így a biztonságra kifejezetten érzékeny repülésnek is. Számtalan légiközlekedési esemény bekövetkeztéhez járul hozzá a repülés rendszerében megbúvó tökéletlenség, melyet a legtöbbször emberi hibaként azonosítanak. A tevékenység – ebben az esetben a repülés- kimenetele ekkor eltér annak tervezett eredményétől. Ez önmagában még nem jelenti, hogy a repülés biztonsága vesztes mértékben csökken, de több eltérő hiba együttállása folytán baleset, vagy valamilyen kevésbé súlyos esemény következhet be [3].

Tipikus hiba lehet, például a jártasság nem megfelelő szintjére utaló tévesztéses hiba. Ez a nem megfelelő kormány szerv kitérítésével, vagy a megfelelő kormány szerv nem megfelelő idejű és mértékű kitérítésével valósul meg. Ide sorolható a jellegzetesen direkt külsőpilótás irányítási mód esetén a pilóta irányába mozgó UAV csűrőkormányinak felcserélése [3].

Párhuzamosságok fedezhetők fel a nagy UAV-k és a nagytávolságú repüléseket végrehajtó hagyományos repülés személyzetének hibái esetében. Gyakori eset a figyelem csökkenése, amit az UAV autonóm üzemmódon való hosszabb idejű repülése okoz, mind hagyományos, mind pilóta nélküli járművek esetében problémás lehet a felügyeleti irányítási módról a direkt irányítási módra való áttérés. A figyelem és a helyzettudat helyreállítása ilyenkor időbe telhet, ami teret engedhet egyes ellenőrzési lépések elvételének, vagy információ elmulasztásának. Említést érdemel továbbá a rutinszerű cselekvések biztonságra káros megjelenése légijármű

típusok közti váltás esetében, amikor azok eltérő repülési sajátosságait a személyzet figyelmen kívül hagyja. Szintén ezek közé hibaforrások közé tartoznak azok a helyzetek, amikor a túlságosan hosszú, monoton repülési feladatok után, a személyzet túlfárad. Ezt a feladatok által generált stressz okozza, mely hosszabb távon a kiégés szindrómának (Burn-out) nevezett tünet együtteséhez vezet [3].

A nagytávolságú UAV irányító személyzetek esetében is gyakori a stressz, munkájukból adódóan fásultágról, érdektelenségről számolnak be. Az ilyen UAV-k irányító személyzete műszakjait hasonlóan a légiforgalmi irányítókhoz, egyhangúan, és helyhez kötötten töltik [3].

Igen jelentős hibalehetőség még, magának a szoftvernek a hibája. Míg a hagyományos pilóta még esetleges rendszer hiba esetén is biztonságosan képes lehozni a gépet, a UAV pilóta szoftver hiba esetén ezt igen nehezen képes megtenni [21].

A pilóta nélküli légijárművek komoly károkat okozhatnak a légiközlekedésben az igénybevett légterekben található épületekben, személyekben, valamint a környezeti és természeti értékekben. Ez a mostanában megjelenő, ilyen jellegű légiközlekedés megzavarhatja a légtér közvetlen közelében élő lakosságot, sőt egyes esetekben komoly sérüléseket, károkat okozhat [5].

Kategória	Gyakoriság az összes "A" osztályú eseményeken belül	Humán faktor oki vagy hozzájáruló szerepe
Fedélzeti rendszer meghibásodása	50%	50%
Energia ellátási üzemzavar	33%	50%
Leszállási baleset	17%	100%

1. táblázat: 2009 évi UAV baleseti statisztika és az emberi tényező szerepe az USAF Amerikai Légierőnél [8]

Az 1. táblázat alapján megállapítható az emberi tényező fontossága az egyes légi eseményekben, az Amerikai Légierőnél.

Az "A" osztályú események azok, melyek esetében [31]:

- összesítés után a keletkezett kár értéke meghaladja az 1 millió EUR-öt (300 millió HUF), vagy
- a légijármű megsemmisült, megközelíthetetlen helyre zuhant, eltűnt, levegőben vészjelzárással elhagyták, vagy
- az elszenvedett sérülések, illetve a balesetben szerzett egészségkárosodás következményeként az eseményben érintett személyek közül bárki az életét veszítette vagy 100%-ban megrokkant.

Az összes "A" osztályú légieseményhez viszonyítva a legnagyobb százalékot 50%-ot éri el a fedélzeti rendszer meghibásodása, melyek okai lehetnek mechanikai- (motor, beavatkozó szervek), elektronikai- (pl.: szenzor), vagy logikai meghibásodás (program hiba, kiakadás) [32]. Ezek bekövetkezéséhez általában az emberi tényező 50%-ban járul hozzá. Az energiaellátási üzemzavarhoz szintén 50%-ban, míg a leszállási balesetek 100%-át az emberi tényező okozza. Ez a táblázat nagyon jól reprezentálja, hogy az ember szerepe mennyire lényeges.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a repülésbiztonsági kérdések nem elhanyagolhatóak az UAV-k esetében sem, megoldásokat kell keresni azokra problémákra, amelyek közrejátszanak abban, hogy ma még a legtöbb ország nem képes beilleszteni légiforgalmába.

A pilóta nélküli légijárművek légi közlekedésbe való integrálása csak úgy valósítható meg a jövőben, ha megteremtjük a szükséges jogi háttérrel, szabályozást, az egyes UAV típusokhoz optimális, naprakész képzést hozzunk létre. Fontos, hogy a személyzet feladatát megfelelően, körültekintően hajtsa végre, és szintén nélkülözhetetlen a biztonságot illetően, a légieszköz épsége és szoftverének kiváló működése is.

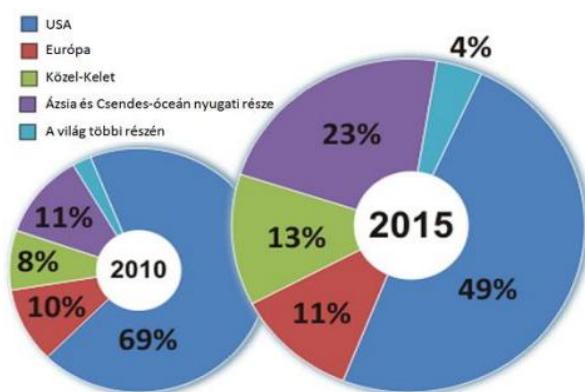
3 Pilóta nélküli légitjárművek gazdasági helyzete

3.1 Gazdasági előrejelzések

Az elmúlt évtized műszaki fejlődése hatalmas előretörést eredményezett a távirányítású, automatizált eszközök területén. Egyeduralkodóvá vált a digitális technológia és egyre nagyobb teret hódít az elektromos meghajtás is. Ahogy az már lenni szokott, ezek a vívmányok hamar megtalálták az utat a hétköznapi felhasználások felé is, így a robbanásszerű elterjedés gyors árcsökkenést eredményezett és egyre szélesedett a felhasználók köre. Olcsóbbá váltak a további fejlesztések és a korszerű technológia már nem csak a gazdaságilag legfejlettebb országok számára vált elérhetővé. A távirányítású, automatizált eszközök vonatkozásában talán az egyik legnagyobb fejlődés és érdeklődés a pilótanélküli légitjárművek fejlesztése, illetve alkalmazása területén volt megfigyelhető [10].

Az egész UAV piac mintegy kétharmada az USA-ból jön, így nem meglepő, hogy az amerikai vállalatok (Northrop Grumman, General Atomics) uralják a jelenlegi piacot. Az Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) által végzett friss tanulmány, azt jósolja, hogy néhány év alatt, az UAV ipar az USA-ban akár 100.000 új munkahelyet teremthet, és 82 milliárd dollárt adhat hozzá a gazdasági tevékenységhez, 2015 és 2025 között [25], [28].

Érthető, hogy az európai cégek nem akarnak kimaradni ebből az óriási lehetőségből, így egyre sürgetőbb, hogy sikerüljön betörniük a piacra. Jelenleg ez még nem valódi piac: Kína, Izrael, az Európai Unió, Oroszország és az Egyesült Államok saját fegyveres erőinek készít drónokat, és csak közeli szövetségeseinek ad el belőlük. A pénz közel felét a kormányok kutatásra költik [25], [29].



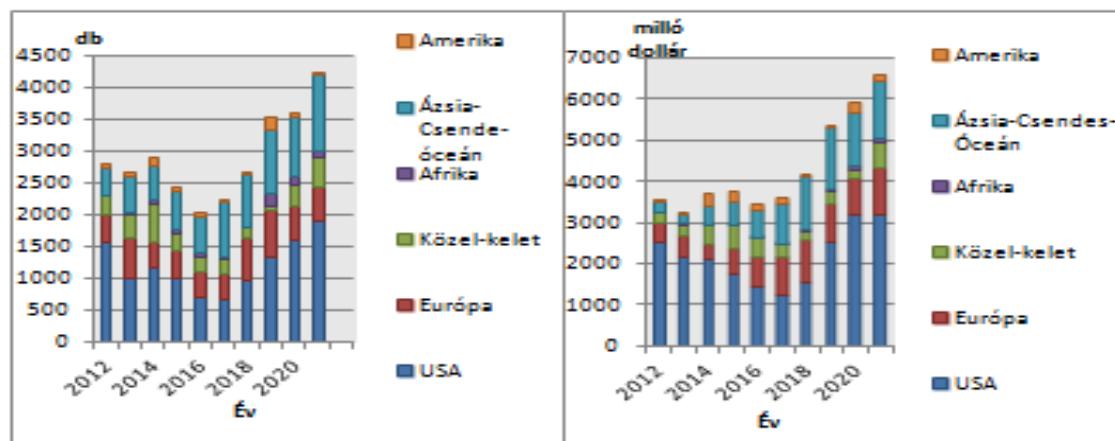
4. ábra: Pilóta nélküli légitjárművek százalékos megoszlása a világban [22]

A 4. ábra mutatja az UAV-k globális beszerzését régiónkénti felosztásban 2010-ben, illetve a várható 2015-ös megoszlást [22]. Jelenleg és a jövőben is az USA beszerzései képviselik a

legnagyobb arányt, 2010-ben 69%-ot, azonban 2015-re várhatólag, már csak a piac kevesebb, mint 50%-át birtokolják, hiszen az Ázsia és a Csendes-óceáni térség 12%-al növeli beszerzéseit, s ezzel jelentőségét a piacon, mely következményeképpen óriási fölénybe kerül Európával és a Közel-Kelettel szemben. Európa és Közel-Kelet helyzete várhatóan a 2010-eshez képest nem mutat nagy volumenű változást.

A verseny az UAV cégek számára, mint a technológiájuk, folyamatosan és gyorsan növekedik, a nagyobb cégek a legtöbb területen betörnek a piacra és felvásárolják a kisebb cégeket. A kialakulóban lévő technológiák és ezen eszközök rövid fejlesztési ideje kell ahhoz, hogy ezen a piacon a kis cégek is képesek legyenek fennmaradni. Ennek ellenére a nagyobb cégek előnyösebb helyzetben vannak, hiszen amellet, hogy képesek kisebb cégeket vásárolni, a személyzetet és a gyártási erőforrásokat illetően is rugalmasabbak [55].

A következő diagramok célja, hogy bemutassák a jövő világpiacán a pilóta nélküli légijárműveket. Ezen piac tanulmányozása, előrebecslése igen nehéz, hiszen a piac annyira új és fejletlen, hogy legfeljebb 2 évre lehetne előrebecsülni, hiszen a múltbeli tendenciák csak kevés útmutatást adhatnak. Ezen esetben a piac megközelítése a követelmények által vezérelt.

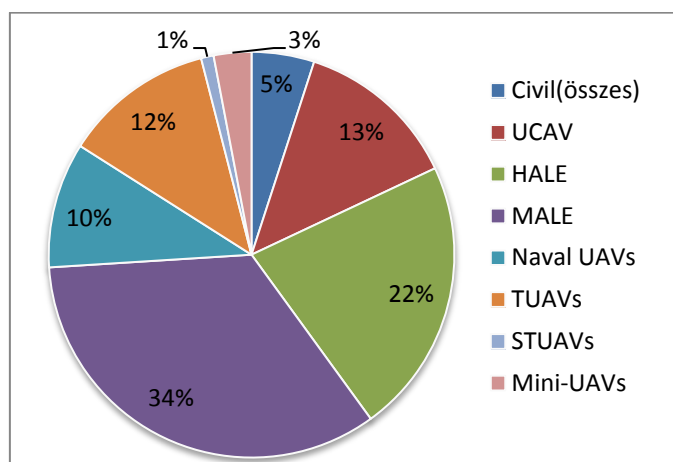


5. ábra: A világ termelési, illetve költségvetési előrejelzése régióként[55]

Nem minden kategória van megjelenítve a grafikonokon, csak kifejezetten a katonai felderítő és a csapásmérő UAV-k [55].

A termelési-, illetve költségvetési előrejelzéseket régiókra lebontva a következő két ábra mutatja (lásd: 5. ábra). A két függvény alakja nagyon hasonló. Jól látható, hogy a vezető szerepet az USA birtokolja. Jelentős még Európa és az Ázsiai- Csendes-Óceáni térség is, a katonai értékesítésében pedig Izrael az egyik főszereplő. Az ázsiai országok mutatnak a legnagyobb intenzitást, ha az UAV-k fejlesztését vizsgáljuk, annak ellenére, hogy a termelékenyséjük nem nő olyan mértékben. Európa szintén egyre növeli a fejlesztések költségvetését, melyben a franciák és a németek a meghatározóak [2].

A különböző típusú UAV-k értékesítési előrebecslése 2020-ig pedig a 6. ábrán van megjelenítve. A legjelentősebbek a MALE-, HALE UAV-k, illetve a UCAV-ok melyek részletezése, meghatározása a Kategorizálás című fejezetben megtalálható.



6. ábra: Az UAV értékesítések 2012-2020 között kategóriánként [55]

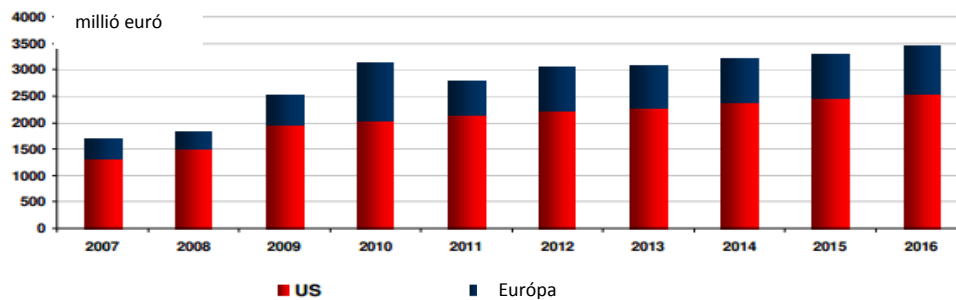
A MALE-, HALE, illetve az UCAV-ok értékesítése valószínűleg azért ilyen nagy arányú, mert a felderítési feladatok a legelterjedtebb alkalmazások közé sorolhatóak és viszonylag hosszú ideig képesek üzemelni a levegőben.

3.2 Katonai piac

Az UAV alkalmazások döntő többségét jelenleg a katonai alkalmazások teszik ki. Ennek egyik oka, hogy az innovatív technológiák döntő részére jellemzően – mint ahogyan az UAV-k is - elsőként a haditechnikában jelennek meg. A másik oka az, hogy az innovatív technológiák bevezetésének magas kezdeti költségeit csak viszonylag kevés tisztán polgári alkalmazás tudja kigazdálkodni. Ezzel szemben a katonai konfliktusokban szembenálló felek fenyegetettség, vagy akár csupán presztízs okokból is a költségvetésük részeként a magasabb katonai potenciál biztosítása érdekében képesek azokat finanszírozni [24].

A katonai alkalmazási 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 tartoznak [24].



7. ábra: Kiadások Katonai UAS-re (Európában és USA-ban), 2007-2016 között [30]

Európa és az Egyesült Államok várható jövőbeli beruházásai az UAV beszerzésére a 7. ábra alapján összességében növekszik. Az USA megtartja vezető pozícióját a piacon, sőt egyre nő, különösen a katonai területen. Európa kisebb eltérésekkel, de összességében szintén növekvő tendenciát mutat. Mind az USA-ban, mind pedig Európában nagyobb ütemű növekedés tapasztalható 2010-ig, majd utána mind a két esetben konszolidálódik.

A piac jövőbeli méretének előrejelzése sokkal problémásabb, mint más repüléstechnológiák esetében. Ennek több oka is van. A legfontosabb az, hogy a pilóta nélküli légeszköz egy forradalmian új technológia. Nem olyan megalapozott technológia (mint például a rakéták), ahol világosan meg vannak határozva a követelmények, valamint olyan bürokratikus szervezetek, melyek segítik a közbeszerzést. Habár jelentős figyelem irányult az UAV-kra a médiában és jelentős kísérletezések sok hadseregnél, de még mindig rengeteg a megválaszolatlan kérdés az UAV-k működését, üzemelését illetően, így igen nehéz az előrejelzés. Egészen mostanáig viszonylag kicsi piaci szegmenst képviselt (1990-es években kevesebb, mint 100 millió dollárt hozott évente) [55].

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 katonai alkalmazásokkal asszociálják, azonban egyre inkább növekszik a polgári, állami szervek, a gazdasági élet által igényelt felhasználások száma is [10].

3.3 Egyéb állami és kereskedelmi piac

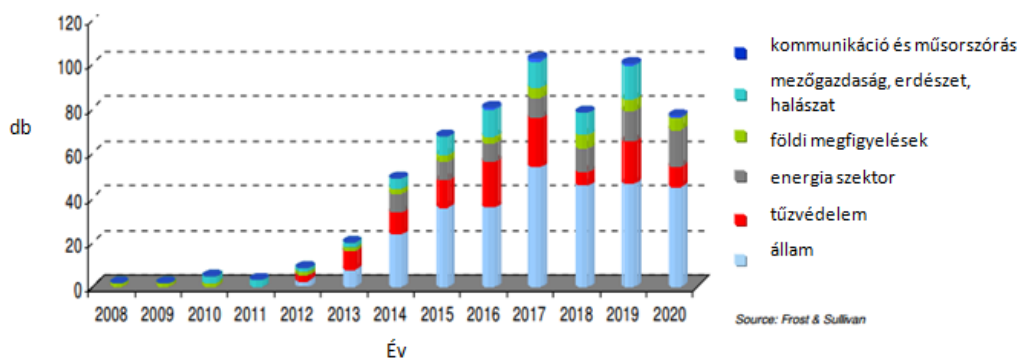
A pilóta nélküli repülőgépek (UAV) alkalmazása nem csak a katonai, hanem egyéb állami és kereskedelmi területen is egyre inkább előtérbe kerül. Jövőbeli térnyerésük a szakértők szerint ma már kétségbevonhatatlan. Erre a személyzettel a fedélzetükön repülő repülőgépek fejlődése is párhuzamos példát mutathat [24], [55].

Azonban egyelőre még igen kicsi a nem katonai piaci (állami, a kereskedelmi és az egyetemi/kutatási) szféra. E piac növekedésének egyik legnagyobb akadálya az ellenőrzött légtérben való működés. A legtöbb országban nincsenek előírások a polgári légtérben való üzemelésükre, a következő évtizedekben elsődleges feladat, hogy lehetővé tenni a „normalizált” UAV repüléseket nem korlátozott légtérben, valamint törekedni az egységesített szabályozásra. Az UAV piacra nagy hatással van az is, hogy a „Detect-Sense-and-Avoid” ütközés elkerülő rendszer technológia még nem elég érett [24], [55].

Összefoglalva a piac lassú fejlődésének okait, a következőket sorolhatjuk fel [55], [26]:

- légtérbe integrálás, légtér szabályozás hiánya,
- tartósság,
- költségvonzat,
- kapacitási kérdések,
- civil működési frekvenciák hiánya,
- kezelő személyzet képzésének problémái
- rendelkezésre állnak alternatív eszközök, nevezetesen a pilótás gépek.

Sok polgári UAV alkalmazás nem élet-halál kérdése, így a költségvetési megszorítások és a működtetési költségek sokkal lényegesebb kérdések, mint a katonai területen. Tehát amíg az UAV-k nem képesek bizonyítani a költséghatékonyságot és a nagy megbízhatóságot, addig kevésbé lesznek vonzóak a nem katonai szféra részére [55].



8. ábra: Az európai egyén állami és kereskedelmi UAV piac, 2008-2020 [30]

A fentiek (lásd: 8. ábra) alapján látszik, hogy az egyes piaci lehetőségek nem egyszerre jelennek meg, de észrevehető, hogy az UAV-kat egyre több területen alkalmazzák. Az első alkalmazások között található a kommunikáció és műsorszórás és a földi megfigyelés. Szintén általánosan megállapítható, hogy az állami felhasználók az elő alkalmazók között szerepelnek a piacon. Energiaipari alkalmazása pedig igen későn, csak 2014-re várható, valószínűleg gazdasági és szabályozási indokok miatt.

A jövőben elterjedésüknek egyik legvalószínűbb kezdő pontja lehet a párhuzamos alkalmazás többféle feladatra. Az első széleskörű alkalmazása a hadseregen kívül valószínűleg a *félkatonai szféra*, ahol a követelmények és a feladatok meglehetősen hasonlóak. Ezek közé tartozik a parti őrség és határőrség őrzési feladatai, mint például a tengeri forgalom ellenőrzése, határőrzés és különböző belbiztonsági feladatok (kvázi-katonai). Az USA már használja ilyen feladatokra, Izraelben pedig a rendőrségnél alkalmazzák. Azonban rövidtávon a rendőrségi feladatok, mint például közlekedési őrjárat, a kutatás és mentés, egészségügyi evakuálás és hasonló feladatok esetén sem annyira megfelelő helyettesítője a rendőrségi helikoptereknek. A helikopterek egyelőre sokkal inkább multifunkcionálisak és költséghatékonyabbak, mint az UAV-k, amelyek használata még túl kockázatos [55].

Egy másik potenciális lehetőség a *katasztrófavédelmi feladatok* ellátása, ami magában foglalja a tűzvédelmi, a polgári védelmi és az iparbiztonsági feladatokat. Az USA-ban az erdészeti szolgálat már dolgozik ilyen eszközökkel. Rengeteg kísérlet, kutatás folyik világszerte a különféle alkalmazásokkal kapcsolatban [24], [55].

Más szövetségi törvény végrehajtó szervek is lehetséges ügyfelek lehetnek, ha az UAV-k üzemeltetési költségei versenyképpessé válnak a hagyományos gépek üzemeltetésével. Ide tartozhat a *kábítószer csempészet, kábítószer termesztés* felfedése. Ez a tevékenység szintén Dél- és Közép-Amerikában már működőképes [55].

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 [55].

Az első kereskedelmi alkalmazások közé tartozik a lízing és UAV szolgáltatás is, melyek nem is közvetlen kereskedelmi alkalmazások, de felügyeleti, felmérési feladatokra a kormány, illetve ipari cégek saját UAV-k helyett inkább bérelnék. Ez azért is előnyös, hiszen az UAV-k beszerzése, a személyzet képzése és a rendszerüzemeltetés sokkal bonyolultabb és költségesebb. Ennek eredményeképp a szolgáltatási opció bizonyulhat a legnépszerűbb UAV alkalmazásnak rövidtávon, míg a technológia megfelelő fejlettségi szintet el nem éri [55].

Viszonylag széles körben alkalmazzák polgári tudományos kutatásokra, de ez sem képez olyan jelentős volumenű kereskedelmi alkalmazást. Elképzelhető tudományos kutatás lehet a környezet monitorozás, időjárási-, légköri adatgyűjtés, óceángráfiai adatgyűjtés, mezőgazdasági megfigyelések és a mágneses, radioaktív anyagok feltérképezése nagy magasságból [55].

A majdani elterjedésük okai lehetnek az egyéb állami és kereskedelmi piacon is a tartósság, a költséghatékonyság és, hogy olyan körülmények között képesek dolgozni, mely emberekre igen veszélyes és megközelíthetetlen [30].

3.4 UAV-k multikritériumos összehasonlító elemzése

A következő két fejezetben három katonai, illetve három nem katonai UAV-t hasonlítok össze meghatározott szempontok alapján KIPA elemzéssel. A katonai gépek esetén a felderítési feladatra, civil gépek esetében pedig rendőrségi feladatra legalkalmasabb gép kiválasztása a cél. Mind a két esetben hat szempontot vettem figyelembe.

3.4.1 Katonai repülőgépek

Az általam választott MALE UAV-k legáltalánosabb hadi alkalmazása a katonai felderítés.

Az Predator B többféle feladatra alkalmazható MALE UAV a General Atomics terméke. A gyártó által meghatározott célja hírszerzés, felderítés, felügyelet (ISR= Intelligence, Surveillance, Reconnaissance), valamint szárazföldi vagy tengeri "hunter-killer" feladatok végrehajtása (lásd: 4. melléklet).

Az izraeli HERON MALE UAV-t az Israel Aerospace Industries gyártja. Feladata elsősorban stratégiai, taktikai feladatok, küldetések végrehajtása (lásd: 4. melléklet).

A Hermes 900 MALE UAV pedig az Elbit System UAV-je, mely képes hírszerzésre, megfigyelésre, célfelderítésre is (ISTAR= Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). Teljesíthet földi, illetve tengeri járőrözést (lásd: 4. melléklet).

Úgy vélem, hogy az általam választott szempontok mind fontosak lehetnek egy felderítést végző katonai UAV használatakor, de nagyobb súllyal szerepel a működési időtartam ($w_j=0,3$), a hatótávolság ($w_j=0,2$) és az ár ($w_j=0,2$). A hatótávolság esetében kézenfekvő, hogy az a jó ha minél nagyobb, hiszen minél nagyobb területi felderítése a cél. A működési idő azt az időt takarja, mely alatt az UAV képes a levegőben tartózkodni utántöltés nélkül, általában a MALE UAV-k esetében 24-48 órás időtartamot jelent. A hasznos teher értéke azért fontos, mivel annak növekedésével egyre több szenzor, illetve kamerák szerelhetőek fel a gépekre. A működési magasság jelentősége abban rejlik, hogy minél magasabban képes repülni, annál nehezebb észrevenni az adott légijárművet. A sebesség feladattípustól függ, az sem megfelelő, ha túl kis sebességgel, és az sem előnyös, ha túl nagy sebességgel halad, hiszen akkor az esetleges álcázott célpontokat nem érzékeli. A sebesség szerepe akkor játszik fontos szerepet, ha számít a feladat végrehajtásának ideje. Az ár jelentősége egyértelmű. Bármely termék

esetében az egyik legmeghatározóbb szempont az ár, így ezt semmiképpen nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Elemzésem KIPA mátrixai (lásd: 2. táblázat) következnek.

	Hatótávolság [km]	Működési idő [óra]	Hasznos teher [kg]	Működési magasság [ft]	Sebesség [m/h]	Ár [mill USD]
w_j	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2
Predator B	5926	27	386	50000	172	~10,5
HERON	350	40	250	30000	108	~10
Hermes 900	unlimited	36	350	30000	70	~ 50

Hatótávolság [km]	Minősítés	Súlypont	Működési idő [óra]	Minősítés	Súlypont
>6000	kiváló	42	>48	kiváló	48
4075-5999	jó	36	40-47	jó	39
2150-4074	közepes	30	32-39	közepes	30
226-2149	megfelelő	24	25-31	megfelelő	21
<225	rossz	18	<24	rossz	12

Hasznos teher [kg]	Minősítés	Súlypont	Működési magasság [ft]	Minősítés	Súlypont
>450	kiváló	36	>50000	kiváló	36
340-449	jó	33	36841-49999	jó	33
230-339	közepes	30	23681-36840	közepes	30
121-229	megfelelő	27	10521-23680	megfelelő	27
<120	rossz	24	<10520	rossz	24

Sebesség [mph]	Minősítés	Súlypont	Ár [millió USD]	Minősítés	Súlypont
>180	kiváló	36	>48	kiváló	42
142-179	jó	33	40-47	jó	36
102-141	közepes	30	32-39	közepes	30
61-101	megfelelő	27	25-31	megfelelő	24
<60	rossz	24	<24	rossz	18

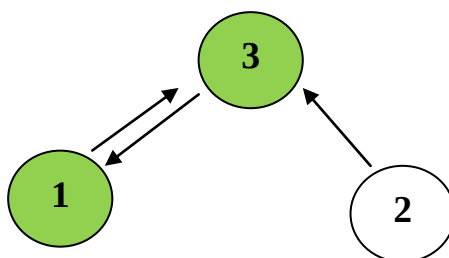
KIPA táblázat:

	hatótávolság	működési időtartam	hasznos teher	működési magasság	sebesség	Ár
w_j	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2
Predator B	36	21	33	36	33	36
HERON	24	39	30	30	30	36
Hermes 900	42	30	33	30	27	30

Skálaterjedelem: $H=48-12=36$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	C	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	D
12	20	0	10	10	10	20	70	0	18	0	0	0	0	50
13	0	0	10	10	10	20	50	6	9	0	0	0	0	25
21	0	30	0	0	0	20	50	12	0	3	6	3	0	33,33
23	0	30	0	10	10	20	70	18	0	3	0	0	0	50
31	20	30	10	0	0	0	60	0	0	0	6	6	6	16,11
32	20	0	10	10	0	0	40	0	9	0	0	3	6	25

2. táblázat: A katonai elemzés KIPA mátrixai [saját szerkesztés]



9. ábra: Katonai elemzés gráfja [saját szerkesztés]

Az általam végzett KIPA elemzés alapján, ahol a működési időtartam volt az elsődleges szempont, valamint a hatótávolság és az ár szerepelt még kiemelt jelentőséggel, a Predator B és a Hermes 900 típusok bizonyultak legmegfelelőbbnek a katonai felderítő feladatokat illetően (lásd:9. ábra).

3.4.2 Egyén állami és kereskedelmi repülőgépek

Az általam választott UAV-k rendőrségi alkalmazását fogom vizsgálni.

A Draganflyer X4-ES helikopter egy nagyon jó minőségű, nagy teljesítményű, könnyen reptethető UAV, amely elsősorban közbiztonsági használatra lett kifejlesztve, a Draganfly Innovations Inc. által (lásd: 5.melléklet).

Az RQ-16 T-Hawk egy mikro UAV típus, melynek erőssége a részletes felderítés és a helyzeti tudatosságban rejlik. A T-Hawk egy olyan technológia, mely segít megalapozott döntéseket hozni az emberek védelme érdekében. Ez a típus a Honeywell Internacional Inc. által készített mikro UAV (lásd: 5. melléklet).

Az Aeyron Lab Inc. által gyártott Aeyron Scout egy könnyen használható, elemes légi információgyűjtő UAV, mely teljesen stabil és időjárásálló. A gyártó vonzó áron kínál a vevőknek közbiztonsági és kereskedelmi feladatra egy nagyteljesítményű UAV-t (lásd: 5. melléklet).

A rendőrségi alkalmazások esetén fontos lehet a hatótávolság ($w_j=0,3$), hiszen itt is lényeges minél nagyobb területek átfésülése. A működési időtartamot itt sem lehet figyelmen kívül hagyni, nyilvánvaló, hogy minél nagyobb, annál megfelelőbb az adott típus. A hasznos teher ($w_j=0,2$) is kulcsfontosságú lehet, mivel a rendőrségi alkalmazások során gyakran alkalmaznak különféle érzékelőket, kamerákat. A nagyobb magasság biztonságot nyújthat a légieszközöknek a földközeli akadályoktól és esetleges földről történő támadásoktól és a fölfedezéstől. A működési hőmérséklet tartomány számottevő, hiszen elengedhetetlen, hogy esetlegesen szélsőséges időjárási, környezeti hatások ellenére is működőképes maradjon a légieszköz. Az elemzésem során a hőmérsékleti tartomány nagyságát vettem figyelembe. Ezen UAV esetén is meghatározó szempontnak választottam az árat ($w_j=0,2$), hiszen polgári alkalmazásról van szó, ahol az ár még jelentősebb lehet akár, mint a katonai szféra esetén.

A repülőgépek KIPA elemzésének mátrixait (lásd: 3. táblázat) fogom ábrázolni a következőkben.

	Hatótávolság [m]	Működési időtartam [min]	Hasznos teher [kg]	Működési magasság [m]	Működési hőmérséklet [C°]	Ár USD
w_j	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Dragon-flyer	200	20	0,25	150	-25-38	~8000
T-Hawk	10000	50	0,9	3048	-7-49	~50000
Aeyron Scout	750	25	0,4	3350	-30-50	~ 40000

Hatótávolság [m]	Minősítés	Súlypont	Működési időtartam [min]	Minősítés	Súlypont
>1075	kiváló	48	>90	kiváló	36
751-1074	jó	39	66-89	jó	33
426-750	közepes	30	41-65	közepes	30
101-425	megfelelő	21	16-40	megfelelő	27
<100	rossz	12	<15	rossz	24

Hasznos teher [kg]	Minősítés	Súlypont	Működési magasság [m]	Minősítés	Súlypont
>1	kiváló	42	>2200	kiváló	36
0,76-0,9	jó	36	1501-2199	jó	33
0,51-0,75	közepes	30	801-1500	közepes	30
0,26-0,5	megfelelő	24	101-800	megfelelő	27
<0,25	rossz	18	<100	rossz	24

Hőmérséklet tartomány	Minősítés	Súlypont	Ár [USD]	Minősítés	Súlypont
>90	kiváló	36	<7000	kiváló	42
72-89	jó	33	7001-23500	jó	36
56-71	közepes	30	23501-40000	közepes	30
43-55	megfelelő	27	40001-56499	megfelelő	24
<42	rossz	24	>56500	rossz	18

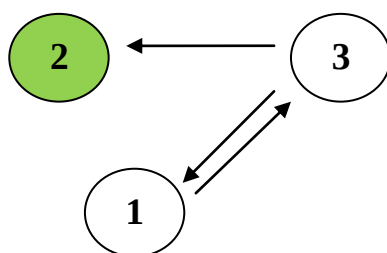
KIPA táblázat:

	hatótávolság	működési időtartam	hasznos teher	működési magasság	hőmérsékleti tartomány	Ár
w_j	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Dragon-flyer	21	27	18	27	30	36
T-Hawk	48	30	36	36	30	24
Aeryon Scout	30	27	24	36	33	30

Skálaterjedelem: $H=48-12=36$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	C	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	D
12	0	0	0	0	10	20	30	27	3	18	9	0	0	66,67
13	0	0	20	0	0	20	40	9	0	6	9	3	0	25
21	30	10	20	10	10	0	80	0	0	0	0	0	12	33,33
23	30	10	20	10	0	0	70	0	0	0	0	3	6	25
31	30	10	20	10	10	0	80	0	0	0	0	0	6	25
32	0	0	0	10	10	20	40	9	3	12	0	0	0	33,33

3. táblázat: Civil elemzés KIPA mátrixai [saját szerkesztés]



10. ábra: Civil elemzés gráfja [saját szerkesztés]

A KIPA elemzés során az derült ki számomra, hogy lehetséges legjobb megoldás rendőrségi feladatokra az RQ-16 T-Hawk UAV lehet, ha a hatótávolságot, a hasznos terhet és az árat részesítem előnyben. A Draganflyer és az Ayeron Scout pedig egyformán nyújtanak kevésbé jó megoldást azt általam meghatározott szempontok alapján (lásd: 10. ábra).

3.5 Magyarország

Egyetlen, a kor elvárásainak megfelelni kívánó hadsereg sem engedheti meg magának a pilóta nélküli repülőket nélkülözését. Nem meglepő, hogy más hadseregekhez hasonlóan a Magyar Honvédségben is jó ideje jelentkezett igény pilótanélküli felderítő repülőgépek beszerzésére, illetve fejlesztésére. Természetesen egy kész és működőképes eszköz rendszerbeállítása lett volna a végső cél. Mindezt megnehezítette, hogy az elvárások az évek során azért természetesen változtak. Az első UAV hadrendbeállításáig hosszú, és nem éppen zökkenőmentes éveknek kellett eltelnie [23]. Tehát az eddigiekben Magyarország nem volt túlságosan aktív az UAV-k fejlesztését illetően, mivel a költségvetési korlátok akadályt jelentettek az UAV programok elindításban [33].

A Mini UAV-k beszerzése jellemző Magyarországon a katonai terület vizsgálva. 2005 decemberében a kormány úgy döntött, hogy beszerez két Sofar Mini-UAV rendszert a lengyel WB Electronicstől 800 000 euróért. Mindegyik rendszer tartalmazott három légijárművet. A Sofar az izraeli Top-Ivision Casper 250 származéka lengyel irányító központtal [33], [55].

A Magyar Honvédség jelenlegi pilóta nélküli felderítőgépe az izraeli ELBIT Systems által gyártott Skylark I-LE, mely személyzet képzése a kezdetben Izraelben, majd hazánkban folyt [33].

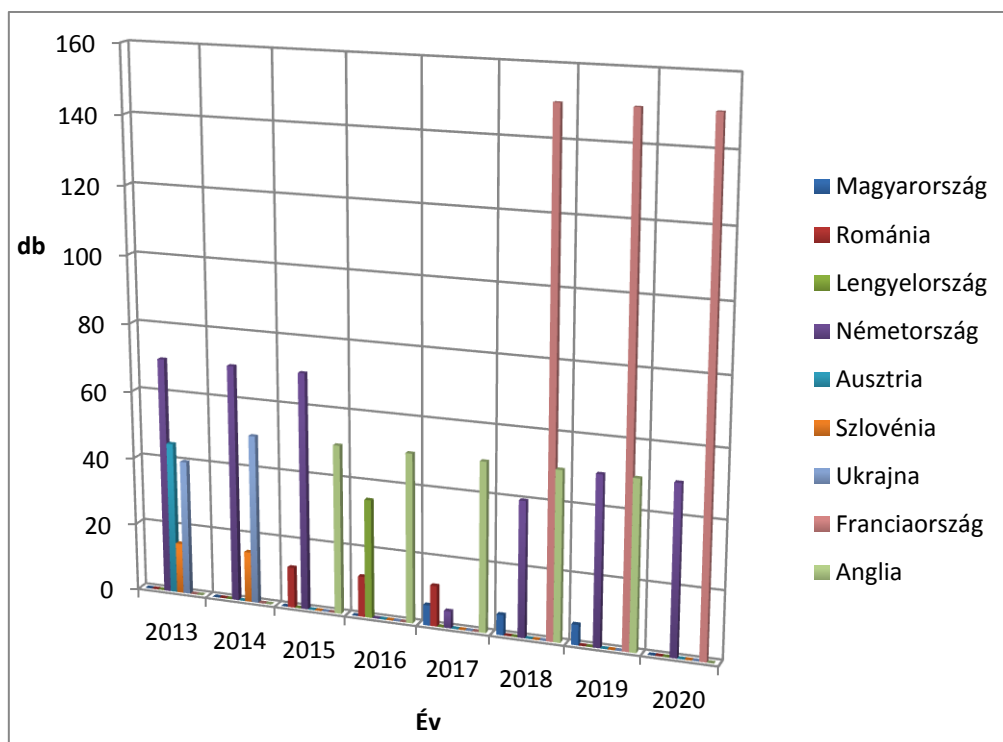
Jelenleg polgári UAV piacról, és alkalmazásokról nem beszélhetünk, a jogszabályi háttér, és a megfelelő gazdasági, pénzügyi háttér hiánya miatt.

Hazánk termelési előrejelzése a következő táblázatban (lásd: 4. táblázat) látható.

Magyarország	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	total
Mini UAV	--	--	--	--	6	6	6	--	--	18
Small Tactical UAV	--	--	4	4	--	--	--	--	--	8

4. táblázat: Magyarország termelési előrejelzése [55]

Amennyiben összevetjük néhány európai ország termelési előrejelzéseit például a mini UAV-kat illetően a 2013-2020 időtartamot vizsgálva, következő diagramot (lásd: 11. ábra) kapjuk.



11. ábra: Európa országainak Mini-UAV termelési előrejelzése 2013-2020 [55]

Az egyes éveket nézve az országok nagyon változó az egyes országok termelése, s az, hogy az egyes években melyik ország termel legtöbbet. 2013-2015-ig Németorszáé a vezető pozíció, majd Angliáé, s végül messze magasan Franciaorszáé. A gazdaságilag és iparilag fejlett országok itt is élenjárnak, hiszen a mai rohamosan fejlődő világban nem engedheti meg magának egy fejlett ország sem, hogy ne rendelkezzen a legújabb technológiákkal.

A nemzetközi összehasonlítás egyértelműen megmutatja az egyes országok alkalmazási koncepciói és lehetőségei közötti különbségeket, illetve a magyarországi felhasználások és az infrastruktúra jelentős lemaradását ezen a téren. Hazánkban, ahogy a többi országban is az első lépéseket az UAV alkalmazás területén a haderő tette meg, elsősorban a harci körülmények között bevetett személyzet megóvása, a légi felderítés költségeinek csökkentése, illetve a „modern kor követelményei” alapján megfogalmazott egyéb igények teljesítése érdekében. Azonban, a végfelhasználói igények nem jelennek meg hosszú időre, melynek következtében nagyon korlátozott a költségvetés a fejlesztéseket illetően. Ugyanakkor a külföldről történő beszerzések esetén is óriásiak a költségek, mind a képzést, mind a fenntartást, karbantartást illetően. Ezért szükséges, hogy a nemzetközi kutatási forrásokból a hazai fejlesztésekre is jusson, amely a későbbiekben képes lenne teljesíteni az elvárásokat [10], [41].

Összefoglalás

A technika fejlődésével az ember egyre inkább háttérbe szorul a feladatok végrehajtásában és helyét automatizált rendszerek, robotok veszik át, s csupán ellenőrzésre korlátozódik a feladata. Az ember feladata azonban mégis létfontosságú, ha az emberi tényezőt figyelmen kívül hagyjuk, annak nagyon káros következményei lehetnek. A pilóta nélküli eszközök térhódítása világszerte érezhető, minden ország igyekszik fejleszteni, beszerezni ilyen eszközöket. A projektek hatalmas pénzforrásokat emésztnek fel, viszont számtalan helyzetben előnyösebbek lehetnek a hagyományos gépeknél, s gyártásuk, üzemeltetésük költsége nagyjából azonos.

Az UAV-k piaci részesedésének növekedésével, egyre szélesebb körű alkalmazásával, egyre inkább érdemes foglalkozni a kezelő személyzet kiválogatásával, képzésével, összetételével, hiszen a hagyományos pilótákhoz képest új helyzet áll elő esetükben.

Katonai és polgári oldalon is egyre többféle feladatra alkalmasak, melyek más és más feltételeket, követelményeket kívánnak a személyzetet, illetve a repülőgépet illetően is. Dolgozatomban multikritériumos módszer segítségével vizsgálom néhány UAV adott feladatra való alkalmasságát, mind civil, mind katonai szférában.

Ma még talán hihetetlennek tűnhet, de elképzelhető, hogy a jövőben számos, akár katonai-, akár mentési-, akár ellenőrzési feladatot ezek a gépek fognak ellátni, de ehhez előbb meg kell teremteni azokat a körülményeket, mely légiforgalomba illesztésüket lehetővé teszi.

Ábrajegyzék

1. ábra: Egy pilóta nélküli repülőgép fontosabb elemei [52]	5
2. ábra: Közepes hatótávolságú (harcászati szintű) pilóta nélküli repülőgépre épített felderítő rendszer [54]	6
3. ábra: UAV-k SWOT- elemzése a kezelő személyzet szempontjából [saját szerkesztés].....	16
4. ábra:Pilóta nélküli légijárművek százalékos megoszlása a világban [22]	25
5. ábra: A világ termelési, illetve költségvetési előrejelzése régióként[55]	26
6. ábra: Az UAV értékesítések 2012-2020 között kategóriánként [55]	27
7. ábra: Kiadások Katonai UAS-re (Európában és USA-ban), 2007-2016 között [30]	28
8. ábra: Az európai polgári és kereskedelmi UAV piac, 2008-2020 [30]	29
9. ábra: Katonai elemzés gráfja [saját szerkesztés]	33
10. ábra: Civil elemzés gráfja [saját szerkesztés].....	36
11. ábra: Európa országainak Mini-UAV termelési előrejelzése 2013-2020 [55].....	37

Táblázatjegyzék

1. táblázat: 2009 évi UAV baleseti statisztika és az emberi tényező szerepe az USAF Amerikai Légierőnél [8]	23
2. táblázat: A katonai elemzés KIPA mátrixai [saját szerkesztés]	33
3. táblázat: Civil elemzés KIPA mátrixai [saját szerkesztés]	36
4. táblázat: Magyarország termelési előrejelzése [55].....	37

Irodalomjegyzék

- [1] 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.repulestudomany.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-56-Bali_Tamas.pdf (2013.09.11)
- [2] DOMJÁN KÁROLY. Az UAV operátorok kiválogatásának és kiképzésének lehetőségei, mobil szimulátor konzolokkal. 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. 09.14)
- [3] DUDÁS ZOLTÁN. A humán tényezők és a CRM elvek jelentősége a távirányítású pilótánélküli légijárművek műveleteiben. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-22-Dudas_Zoltan.pdf (2013.10.04)
- [4] DUNAI PÁL. UAV kezelőszemélyzet kiválogatásának bemeneti fizikai követelménye. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-37-Dunai_Pal.pdf (2013.09.22)
- [5] HALÁSZNÉ DR. TÓTH ALEXANDRA. A pilóta nélküli légijárművek alkalmazásával összefüggésben okozott károkért való felelősség. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-41-Halaszne_Toht_Alexandra.pdf (2013. 09.22)
- [6] HORNYIK JÓZSEF. „Új” dimenziók a protokollon túl – Az UAV pszichológiai megközelítése. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-39-Hornyik_Jozsef.pdf (2013. 09. 24)
- [7] 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
 (2013.10.05)
- [8] SZABÓ SÁNDOR ANDRÁS. UAV (pilóta nélküli légi jármű) műveletek humán tényezőinek elemzése repülésbiztonsági szempontból. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-36-Szabo_Sandor_Andras.pdf (2013.10.06)
- [9] 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
- [10] 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
 (2013.10.14)
- [11] 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 (2013.09.19)
- [12] 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 (2013.10.14)
- [13] 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. 08.11)
- [14] <http://www.popsi.com/technology/article/2013-08/air-force-drone-program-too-unmanned-its-own-good> (2003.09.30)
- [15] <http://www.nbcnews.com/technology/drone-pilot-burnout-triggers-call-recruiting-overhaul-1C9910483>(2013.09.21)
- [16] http://www.h-sim.com/new_uav_sims.php (2013.09.26)

- [17] CHAO YUN, XIAOMIN LI. Design of UAV Flight Simulation Software Based on Simulation Training Method. Wseas transactions on information science and applications. (online) url:
<http://www.wseas.org/multimedia/journals/information/2013/5709-117.pdf>
 (2013.09.19)
- [18] http://www.afahc.ro/afases/Afases_2013/Docs/forte/Bali.pdf (2013.09.11)
- [19] <http://www.zentechnologies.com/zen-uav-training-simulator.html> (2013.09.24)
- [20] <http://www.cotsjournalonline.com/articles/view/103133> (2013. 10.16)
- [21] DR. PALIK MÁTYÁS. Pilóta nélküli repülés - légi közlekedésbiztonság. Repüléstudományi Közlemények Különszám, 2008.április.11. (online) url:
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2008_cikkek/Palik_Matyas.pdf (2013.09.17)
- [22] PAPP ISTVÁN. Pilóta nélküli légijármű típusok jellemzése. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-04-Papp_Istvan.pdf
- [23] RÁTONYI KRISZTIÁN FERENC. Pilótanélküli felderítő repülő a Magyar Honvédségben. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2013, XXV. évfolyam, 2013. 2. szám (online) url:
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-51-Ratonyi_Krisztian_Ferenc.pdf
- [24] 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 (2013.10.13)
- [25] LUCINTEL. Growth Opportunity in Global UAV Market. Lucintel Brief, Published: March 2011 (online) url:
<http://www.lucintel.com/LucintelBrief/UAVMarketOpportunity.pdf> (2013.09.27)
- [26] TIMOTHY H. COX, CHRISTOPHER J. NAGY, MARK A. SKOOG, IVAN A. SOMERS. Civil UAV Capability Assessment. Draft Version. December 2004 (online) url:
http://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/111761main_UAV_Capabilities_Assessment.pdf (2013.10.02)

- [27] DR. VARGA ATTILA FERENC. A drónok, mint a kockázatmentes hadviselés eszközei. AZ NKE HHK tudományos folyóirata. Hadtudományi Szemle. Budapest, 2013. 6. évfolyam 2. szám (online) url: http://uni-nke.hu/downloads/kutatas/folyoiratok/hadtudomanyi_szemle/szamok/2013/2013_2/2013_2_hm_varga_attila.pdf (2013.09.22)
- [28] MIRANDA GREEN. Unmanned Drones May Have Their Greatest Impact on Agriculture. The Daily Best, 2003.06.13 (online) url: <http://www.thedailybeast.com/articles/2013/03/26/unmanned-drones-may-have-their-greatest-impact-on-agriculture.html> (2013.09.06)
- [29] <http://biztonsagpiac.hu/az-unios-cegek-beszallnak-az-uav-piacert-folyo-harcba> (2013.08.18)
- [30] EUROPEAN COMMISSION ENTERPRISE AND INDUSTRY DIRECTORATE-GENERAL. ENTR/2007/065. Study analysing the current activities in the field of UAV. (online) url: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/uav_study_element_2_en.pdf
- [31] SIKLÓSI ZOLTÁN. A légiközlekedési esemény végső fázisa, a baleset bekövetkezésének dinamikája, az állapotváltozás fázisai és a következmények osztályozása. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia. XX. évfolyam 2008. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2008_2/2008_2_Siklosi_Zoltan.html (2013.09.25)
- [32] DR. WÜHRL TIBOR. Mikroméretű UAV-k vészhelyzeti algoritmusai. BMF-KVK-HTI. (online) url: http://www.zmne.hu/tanszekek/ehc/konferencia/prezrw8/Wuhrl_Tibor.pdf (2013.09.18)
- [33] <http://www.honvedelem.hu/nyomtat/28972> (2013.08.25)
- [34] http://startupguide.hu/mi_az_a_swot_analizis (2013.08.16)
- [35] HORVÁTH ZOLTÁN. Pilóta nélküli repülőgépek útvonaltervezése digitális domborzat modell alkalmazásával. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia. 2004. XVI. évfolyam. (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2004_cikkek/horvath_zoltan.pdf (2013.09.11)
- [36] http://www.defenceweb.co.za/index.php?option=com_content&view=article&id=29953:french-harfang-uavs-fly-1-000-hours-in-mali&catid=35:Aerospace&Itemid=107 (2013.09.25)
- [37] <http://www.radome.net/usaf-predator.html> (2013.08.26)

- [38] <http://boredcouple.net/10-incredible-airplane-designs-of-the-future/> (2013.10.02)
- [39] <http://htka.hu/2009/08/03/szerkezetkesz-az-első-eurohawk/> (2013.09.08)
- [40] <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-34.html> (2013.08.30)
- [41] LÁSZLÓ KOVÁCS, LÁSZLÓ VÁNYA. Unmanned Aerial Vehicles in the Hungarian Defence Forces. Magyar Kutatók 10. Nemzetközi Szimpóziuma. (online) url: http://uni-obuda.hu/conferences/cinti2009/72_cinti2009_submission.pdf
- [42] <http://www.biztonsagpolitika.hu/?id=16&aid=771&title=robotok-a-harcterén-mérettart-a-fejl337des> (2013.08.09)
- [43] POGÁCSÁS IMRE. A pilóta nélküli repülőeszközök, avagy egyenes út a robothadviselésig? Repüléstudományi Közlemények. XX. évfolyam 2008. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2008_2/2008_2_Pogacsas_Imre.html
- [44] BUNKÓCZI SÁNDOR, DUDÁS ZOLTÁN. Hogyan tovább: Pilótával vagy nélküle? Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények. 2008 (online) url: http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/nek/2003_2/05_bunkoczi_dudas.pdf (2013.08.25)
- [45] DR. KAZI KÁROLY. Magyar fejlesztésű, teljesen automatizált UAV rendszer. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2012, XXIV. évfolyam, 2012. 2. szám (online) url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf
- [46] http://www.nkh.hu/Repules/UAS_konferencia/Documents/UAV%20konferencia%20el%C5%91ad%C3%A1s%20anyaga%20M%C3%B3r%C3%B3%20VI.pdf (2013.08.28)
- [47] http://www.hmei.hu/ingatlan-uzemeltetes_egyebszolgaltatasok_meteor.html (2013.08.13)
- [48] FA ÁRPÁD, NAGY IMRE. SUAV tapasztalatok Afganisztán felett. A Magyar honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság szakmai-tudományos folyóirata. IX. évfolyam, 1. szám, 2011. január-március (online) url: http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/25562/seregszemle_2011-01-03.pdf (2013.09.12)
- [49] HALÁSZNÉ DR. TÓTH ALEXANDRA, SOMOSI VILMOS, PONGRÁCZ GÁBOR. Esettanulmány a pilóta nélküli légi járművek jövőbeni alkalmazása tükrében. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2012, XXIV. évfolyam, 2012. 2. szám (online) url:

http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/49_Halaszne_Toht_A-Somosi_V-Pongracz_G.pdf

- [50] ERDAL TORUN. UAV Requirements and Design Consideration. Technical & Project Management Department, Turkish Land Forces Command, 06 100, Yucetepe, Ankara/TURKEY (online) url:
<http://ftp.rta.nato.int/public/PubFulltext/RTO/MP/RTO-MP-044/MP-044-B04.pdf>
(2013.09.24)
- [51] <http://www.hmth.hu/htfuz/htfuz1.pdf> (2013.08.17)
- [52] ÁRVAI LÁSZLÓ. Pilóta nélküli repülőgépek földi állomásainak tervezési kérdései. Hadmérnök, VIII. Évfolyam 1. szám, 2013. március
(online) url: http://hadmernok.hu/2013_1_arvail.pdf (2013.10.11)
- [53] DR. SZABÓ SÁNDOR ANDRÁS, HORNYIK JÓZSEF. UAV (pilóta nélküli légijármű) műveletek repülőegészségügyi feltételrendszerének biztosítása. Repüléstudomány Közlemények. XXV. évfolyam 2013. 1. szám (online) url:
http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2013_1/2013-1-06-Szabo_Sandor-Hornyik_Jozsef.pdf
- [54] KOVÁCS LÁSZLÓ, VÁNYA LÁSZLÓ. Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon. Hadtudomány, A Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata. XVII. évfolyam 2. szám 2007. június (online) url:
http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2007/2/2007_2_5.html (2013.09.28)
- [55] TEAL GROUP CORPORATION. World Unmanned Aerial Vehicle Systems, Market Profile and Forecast. 2012 Edition (Légügyi Hivatal által rendelkezésre bocsátott)
- [56] DR. PALIK MÁTYÁS. A pilóta nélküli légijárművek hazai szabályozói környezete fejlesztésére irányuló k+f projekt bemutatása. Repüléstudományi Közlemények, Repüléstudományi Konferencia 2012, XXIV. évfolyam, 2012. 2. szám (online) url:
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/37_Palik_Matyas.pdf (2013. 09.23)

Mellékletek

Össztömeg szerinti osztályozás	Kategória	Felhasználás	Üzemelési magasság	Hatósugár	Példa
I osztály (<150 kg)	MICRO <2 kg	Taktikai, biztonsági (kézi indítás)	200 ft AGL	5 km	Black Widow
	MINI 2-20 kg	Taktikai, alegység szintű felhasználás (kézi indítás)	3000 ft AGL	25 km	Scan Eagle, Skylark, Raven, DH3, Aladin, Strix
	SMALL >20 kg	Taktikai (indító rendszer)	5000 ft AGL	50 km (LOS)	Luna, Hermes 90
II osztály (150-600 kg)	TACTICAL	Taktikai	10 000 ft AGL	200 km	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Ranger
III osztály (>600 kg)	MALE (medium altitude, long endurance)	Műveleti, hadszíntéri	45 000 ft MSL	Korlátlan	Predator B, Predator A, Heron, Heron TP, Hermes 900
	Strike/Combat	Stratégiai, nemzeti	65 000 ft	Korlátlan	
	HALE (high altitude, long endurance)	Stratégiai, nemzeti	65 000 ft	Korlátlan	Global Hawk

1. melléklet: NATO UAV osztályozás

A PNR-ek német felosztása

2. táblázat

Repülési magasság szerint	alacsony (0-1.000 méter)		nagy (1.000-20.000 méter)
Repülési sebesség szerint	kicsi (500 km/h-ig)		nagy (500 km/h felett)
Szerkezeti kialakítás szerint	merevszármű		forgószármű
Lehetséges hasznos teher szerint	harci	elektrooptikai; időjárás felderítő; zavaró, meg- tévesztő; felderítő	egyéb hasznos teher
Rendeltetés szerint	biztosító	harci	felderítő

A PNR-ek amerikai felosztása

3. táblázat

Hatósugár szerint	közel (30 km-ig)	kis (30-150 km)	közepes (150-650 km)	nagy (650 km felett)
Repülési magasság szerint	kis		közepes	nagy
Repülési időtartam szerint	harcászati (24 óra alatt)			hadműveleti (24 óra felett)

2. melléklet: Pilóta nélküli légi járművek német, illetve amerikai felosztása



3. melléklet: UAV típusok



4. melléklet: MALE katonai UAV-k



5. melléklet: Összehasonlított egyéb állami és kereskedelmi UAV-k