

Kovács Gábor¹ – Makkay Imre²

ROBOTREPÜLŐGÉPEK HASZNOS TERHEI³

A „Repülésbiztonság növelése - madárriasztás robotrepülőgépekkel” kutatási programban jelentős számú autonóm robotrepülőgép működik. Az útvonalon repülő légi járművek a feladatuknak megfelelő felderítő, madárriasztó tevékenységet folytatnak. A robotrepülőgépek fedélzeti rendszereinek gépészeti és villamos tervezésekor a hasznos terhek tömeg és energiafelhasználási igényeit is figyelembe kell venni. Az írásműben – a kutatás jelenlegi fázisában ismert adatokra támaszkodva – az alkalmazásra tervezett hasznos terheket és az elhelyezés-, működtetés feltételeit ismertetjük.

ROBOT AIRCRAFT PAYLOADS

The "Increase Aviation Safety - Bird Scaring Robot Aircraft" research program uses a significant number of autonomous robot aircraft for operation. The planned flight path of aircraft is appropriate to surveillance and bird scare activity. The on-board aircraft systems need to be considered for mechanical and electrical design of the payload's mass and energy usage. The writing – according to information known in the current phase of research – is described the plant conditions for application and uses of loads.

BEVEZETÉS

A robotrepülőgépek a hadviselés szülöttei. Az ellenség és a hadszíntér megfigyelése mindig komoly jelentőséggel bír. Az információ kulcsfontosságú, hiszen az ellenséges haditechnikai eszközök és csapatok mennyisége, mozgása meghatározza az ellenük alkalmazott taktikát, stratégiát. A korai léggömbös felderítést mára felváltotta a repülőgépekkel való megfigyelés. Ezekben az eszközökön emberek ülnek, akiknek korlátozott a látásuk éjszaka vagy rossz látási viszonyok között, testi épségüket, pedig a környezeti hatások, és nem utolsósorban az ellenséges légvédelem fenyegeti. A pilóták kiképzése drága, elvesztésük nem megengedhető. A robotrepülőgépek - UAV⁴-k nyújthatnak megoldást a problémára.

A robotrepülőgépek értéke az élő ember megváltása a fárasztó, veszélyes, monoton munkától – amit így a küldetésekre magukkal vitt hasznos terhek végeznek el helyette. A robotrepülőgépek az aerodinamikai hordozóképeségük határáig terhelhetők – ez jóval kedvezőbb, mint ha még egy pilóta tömegével (kényelmével, biztonságával) is kellene számolni. A döntést hozó ember hiánya a fedélzeten bizonyos esetekben hátrányt okoz – ezt kell az előre programozott, vagy a földi irányítással „ad hoc” kezelt megoldásokkal pótolni.

A robotrepülőgépek programozása során számos kérdés merülhet fel, például: hogyan navigáljon a robot, ha már ott van kikeről/mikről adjon információt, ha a feladat úgy kívánja, akkor

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, kanonenvogel@freemail.hu

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, makkay.imre@uni-nke.hu

³ Lektorálta: Palik Máttyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, palik.matyas@uni-nke.hu

⁴ UAV – Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta nélküli légi jármű

kire mérjen csapást, hogyan vezessen rá tüzet, milyen fegyverzettel pusztítson?

Megannyi kérdésre nem lehet egy ilyen írásműben választ adni, ezért néhány fontosabbnak ítélt gondolatot fogunk bővebben tárgyalni. Szó lesz a képalkotással működő eszközökről, az elektronikai adattovábbítás és ellentevékenység eszközeiről, egyes pusztító eszközökről és kiegészítő információkat szolgáltató felderítő-megfigyelő eszközökről.

Munkánkhoz a tanszéken több éve folyó kutatómunka eredményei és az Új Széchenyi Terv „TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” adtak megfelelő támogatást.

HASZNOS TERHEK ROBOTREPÜLŐGÉPEK FEDÉLZETÉN

Robotrepülőgépek alkalmazási körülményei

Az ellenség a csapatait álcázva mozgatja kihasználva az éj sötétjét, vagy vizuális álcákkal igyekszik megnehezíteni a felderítés hatékonyságát. Olyan eszközök kerültek alkalmazásra, amikkel a robotrepülőgépek sikeresen leküzdhetik céljaikat. Az első feladat a célterületre jutás – hogyan navigáljon a robot, miről adjon információt.

Vegyük sorra a navigációs eszközökkel szembeni követelményeket a teljesség igénye nélkül: Fontos feladat a megfelelő repülési profil kiválasztása a robotrepülő számára. Ennek automatizáltsága érdekében olyan szoftverre van szükség, mely figyelembe vesz több változót. Lényeges a hat szabadságfokú térben "gondolkodás". Legyen képes önállóan végrehajtani alapmanővereket, mint a kör, vagy a nyolcas lerepülése. A gépre ható terhelést típusonként határozza meg, mert nem ugyanazt bírja ki a Skylark mint egy Globhawk típusú robotrepülőgép. A repülési profil optimalizált legyen, számoljon esetleges akadályokkal, mint domborzat vagy mikroklíma. Az útvonalat a hasznos teher figyelembevételével válassza meg, a lehető legtávolabb végezze a munkáját, ahol a szenzorok még 100%-os hatásfokkal üzemelhetnek (egy 10 km hatótávú szenzor esetén ne repüljön 2 km közelségbe). Tegyen útvonalajánlást a felhasználó számára számítva az üzemanyag, illetve akkumulátor feltöltöttségével. Hogyan viselkedjen, ha a robot kirepül az adó zónájából, miként térjen vissza, vagy esetleg önállóan hajtsa végre a feladatot.

Ezek szorosan összefonódnak a GPS⁵-el, amit a robotok viszonyítási alapként használhatnak. A katonai (!) robotrepülőgépek maximálisan élvezhetik a GPS adta előnyöket – napszaktól, évszaktól, földfelszín feletti magasságtól, mozgási sebességtől független helyzetinformációkat.

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

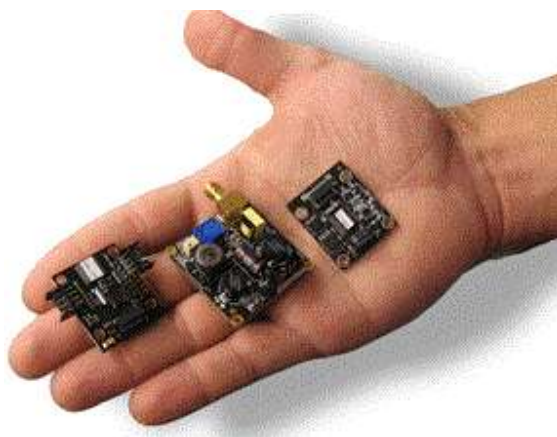
Csak nyílt területen használható, például egy völgyben mélyen berepülve lehet, hogy a vevő nem kap elég műholdjelet. A domborzatról és épületekről visszaverődő jelek zavarokat okozhatnak a mérésekben. A rendszert az Egyesült Államok hadserege üzemelteti, ezért amennyi-

⁵ GPS – Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer

ben az US Army érdekei megkívánják, a rendszer pontosságát csökkentik (például a jugoszláviai háború alatt a hadműveletek idejére).

Fedélzeti mérésadatgyűjtő rendszer

A változók többségét a szenzorok valamilyen arányos analóg villamos jelként adják ki a kimenetükre. A jelek átalakításához és későbbi továbbításukhoz analóg-digitális konvertert kell alkalmazni, ami veszi az összes analóg eszköz jelét, és digitális formában továbbítja azt.



1. kép (balról jobbra) A/D konverter, ultrahangos magasságmérő, kompasz. Vegyük észre a méreteket!⁶

A fedélzeten elhelyezhetőek más-más fizikai elven működő mérő rendszerek: a három dimenzióban működő iránytű – amely a GPS kiesése esetén segíti az iránytartást, az akusztikus magasságmérő – amely földközelségben (8 m-ig) a barometrikus és GPS magassági adatokat jóval felülmúló pontossággal szolgál. A méretek még kisebb robotrepülőek számára is „kezelhetőek” (az 1. kép alapján).

Elektro-optikai és infravörös eszközök

Eszközök csoportosítása az elektromágneses spektrumban való működés alapján:

- hagyományos kamerák (400-700nm);
- multispektrális kamerák (300-1000nm);
- hiperspektrális kamerák (400-1600nm);
- rövid hullámhosszú infravörös kamerák (900-1600nm);
- közepes hullámhosszú infravörös kamerák (3000-5000nm);
- hosszú hullámhosszú infravörös kamerák (8000-14000nm).

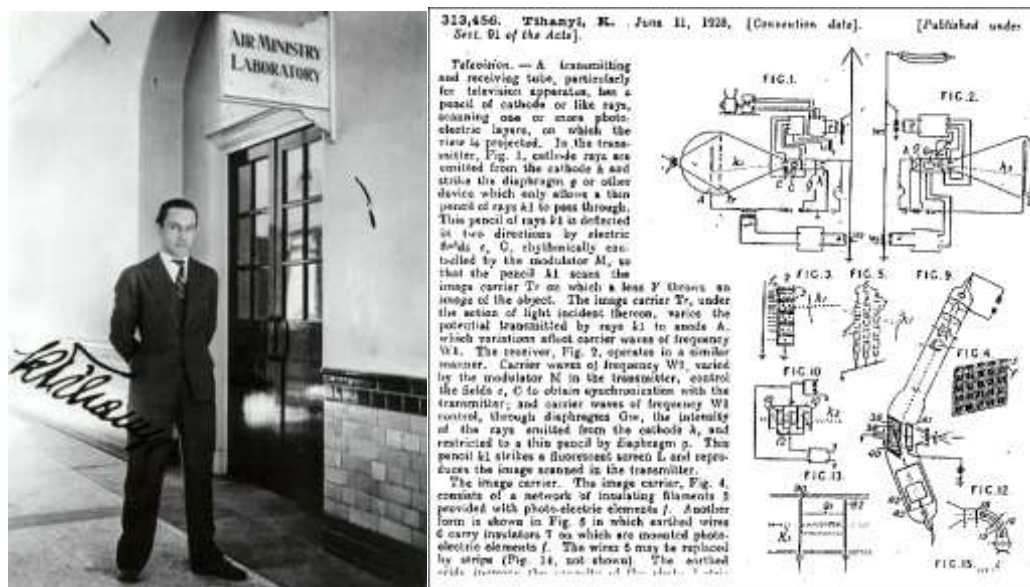
A hagyományos képet szolgáltató kamerák a látható fény tartományában dolgoznak. A technológia fejlődésével a méretük jelentősen csökkent, így akár igen kis méretű robotrepülőgépekre is szerelhetőek. Ha nem csak élőképre van szükségünk, hanem a felvétel későbbi elemzésére is sor kerül, akkor meg kell említeni a tárolás módját. A korábbi nagy térigényű szalagos tárhelyet mára felváltotta a merevlemez, vagy az SSD⁷-s tárolás. Méretük igen kicsi, 2.5” körül mozog.

A hőkamera, vagy más néven infravörös kamera egy olyan eszköz, mely képalkotásra a 14

⁶ <http://www.micropilot.com/products-accessories.htm>

⁷ SSD - Solid State Drive - szilárdtest-meghajtó

mikrométerig terjedő elektromágneses hullámtartományt használja és ezt transzponálja a 450-750 nanométeres látható tartományba. Története akkor kezdődött, amikor Tihanyi Kálmán [1] az 1928-ban bejelentett találmányát továbbfejlesztve megalkotta az első, infravörös tartományban is működő TV kamerát a brit légvédelmi rendszerhez.



2. kép Tihanyi Kálmán a televíziós képátvitel egyik megalapozója⁸

Tihanyi két évig dolgozott az angoloknak, találmányával az RCA, a Telefunken is megalapozta a televíziós iparát. A vásárlóközönség 1956 körül juthatott hozzá az „Evaporograph” nevű, már nem katonai minősítésű IR⁹ kamerákhoz.

Az infravörös energia az elektromágneses spektrum része, ami magába foglalja a gamma, röntgen és ultraviola sugarakat is. A látható tartomány csak egy nagyon kicsit része ennek a spektrumnak, szintúgy az infra tartomány és a mikrohullámok. Különbség köztük az eltérő hullámhossz. Minden test bocsát ki magából hőt. Általánosan elmondhatjuk, hogy minél magasabb egy test hője, annál magasabb frekvenciájú infra sugárzás ad ki magából. Az infra kamera képes arra, hogy felfogja, és megjelenítse ezt a sugárzást. Ez működik látható fény nélkül is, például éjszaka. Ezért használata ideális mentésre füsttel teli házból, vagy esetünkben robotrepülőgépre szerelve felderítésre, tűzvezetésre.

A megjelenítés hamisképes festéssel valósul meg, ahol a különböző hullámhosszokhoz egy szint társítanak. Így kapjuk meg az ismert képeket, ahol a fehér a legmelegebb, és a fekete a leghűvösebb. Létezik színes képalkotás is. Itt a köztes hőmérsékleteket nem a szürke árnyalatokkal festik meg, hanem a teljes színpalettával. A képalkotás összetettsége miatt ezek a kamerák általában alacsonyabb felbontásban dolgoznak, leggyakrabban 160x120 vagy 320x240 pixel. A legfejlettebb hőkamerák kettős használatúak, mivel alkalmazhatóak civil és katonai célokra is. Így gyakran korlátozzák kereskedelmüket, vagy teljes export tilalmat vetnek ki rájuk.

Alkalmazási körük - a katonai célokra kívül is - igen széles: a tűzoltóság használja füstön át

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%A1lm%C3%A1n_Tihanyi

⁹ IR – InfraRed – Infravörös

való látásra, illetve a tűz fészkének keresésére, a villamos művek az elektromos átviteli hálózat hibafelderítésére, az építkezéseken a hőszigetelés ellenőrzésére, a legtöbb nagy csillagászati távcsőben az érzékelési tartomány kiterjesztésére.

Az infrakameráknak két alapvető típusa van: hűtött és nem hűtött. A hűtött infrakamerák egy vákuumos házban helyezkednek el. Itt -150 Celsius fok alatti kriogén anyagokkal hűtik. A hűtést a félvezetők igénylik. Tipikus üzemi hőmérsékletük -270 Celsius fok és a szobahőmérséklet között helyezkedik el a detektortól függően. Hűtés nélkül a szenzorok "megvakulnának". Ezeknek a kameráknak a hátránya, hogy nagy teljesítményű hűtést igényelnek. Azonnal nem használhatóak, kis idő kell nekik, hogy "üzem meleg" legyenek. Előnyük, hogy rendkívül érzékenyek, akár fotonokat is felfognak. Alkalmazásukra első sorban, a kutatólaboratóriumokban van mód.

A hűtés nélküli hőkamerák szenzorai környezeti hőmérsékleten üzemelnek, legfeljebb kis teljesítményű hűtéssel szerelik őket. Mivel a hűtéshez külön eszközpark nem szükséges, így a méretük jóval kisebb, és áruk is alacsonyabb – de a felbontásuk is kisebb, mint a hűtött verzióknak. Alkalmazásuk szerteágazó, eredetileg katonai célokat szolgált. A koreai háború idején használták az első darabokat, később lassan átszivárogtak a civil szférába. Az alacsonyabb előállítási költségeknek köszönhetően elérhetővé vált bárki számára. Katonai használat esetén célmeghatározásra, követésre és tűzvezetésre használják. Bizonyos fokú „éjjellátást” biztosít a felhasználónak – legyen az személy, vagy robotrepülőgép. A H1N1 vírus tombolása idején a fertőzött egyéneket szűrték ki a repülőtereken az arcuk hőmérsékletének mérésével. A kiértékelést és riasztást számítógépes képfeldolgozó program végezte el.



3. kép Robotrepülőgépbe beépíthető dome kamerák¹⁰

Az infrakamera paramétereit - mint a felbontás - meghatározza az alkotott kép részletességét. Ez a robotrepülőgépek esetében meghatározza az alkalmazási távolságot a céltől. A kis felbontás nem teszi lehetővé a pontos azonosítást, így az robotrepülőgépnek közelebb kell repülnie, kiteve magát az ellenséges felderítésnek és légvédelemnek.

Az infrakamerák lencserendszere nem csak árban, tömegében is jelentős tétel – a germánium

¹⁰ <http://defense-update.com/products/d/d-stamp.htm>

sűrűsége $5,32 \text{ g/cm}^3$ – ezért meggondolandó; az egy kamera nagytömegű (emellett rendkívül drága) zoom objektívvel, vagy több kameratest fix fókuszú lencsékkel változat. A több kamera mellett szól, hogy a „kutatás” és „követés” két képernyőn, azonos fázisban valósulhat meg. A nagy látószögű lencsével szerelt kamera képén feltűnt néhány „gyanús” pixelre a hosszabb gyújtótávolságú lencsével szerelt (nagyobb nagyítású) kamera azonnal ráirányítható, ahol az objektum nagyobb felbontásban jelenik meg. Ugyanezt zoom-os lencsével csak egymást követően, a mechanika nem kis késleltetésével is számolva lehet végrehajtani – miközben a nagy látószögű teret nem látva, éppen valami fontos eseményről lemaradunk. [2]

Az éjjeli látás egy olyan képesség, mely képalkotást eredményez kevés vagy nulla fény mellett. Az emberi szem nem képes éjszaka látni - nem úgy, mint sok állat. A csekély látható tartományú fényt – mint a holdfény, csillagok fénye – még lehet foton sokszorozó eljárással erősíteni, de teljes sötétben csak a FLIR¹¹ [3] segíthet.

A FLIR története 1956-ig nyúlik vissza, amikor a Texas Instruments megkezdte a kutatásait e téren. 1966-ra már a gyártáson volt, 1972-re tömegesen állították az alacsonyabb költségeknek köszönhetően. Használata széleskörű; élőlények megfigyelése, energia veszteség felfedése kábeleken vagy csöveken, célkeresés, tűzravezetés, IFR¹² repülésre, vadállatok csapásának felderítése, tűzfészek meghatározás, kutató mentő műveletek, természetes gáz források meghatározása, drog laborok keresése éjszaka.

A FLIR felépítésében is eltér az éjjellátóktól, mert nem azonos hullámhosszon dolgozik. Ezzel a technológiával a bevetetőség nem csak nappalra korlátozódik. A katonai helikopterek tipikus felszereléseként segíti a pilótát az éjszakai vagy rossz látási körülmények közötti navigációban.

Alapvetően háromféle infrakamerát alkalmaznak; rövid, közepes és hosszú hullámút. A rövidhullámú a fegyverirányításban, rakétafejekben kap szerepet a közepesekkel a hűtött IR szenzoroknál találkozhatunk a hosszú hullámú LWIR¹³ kamerák 8–12 mikrométeres tartományban „látnak” – ezek a legelérhetőbbek az általános felhasználók számára.

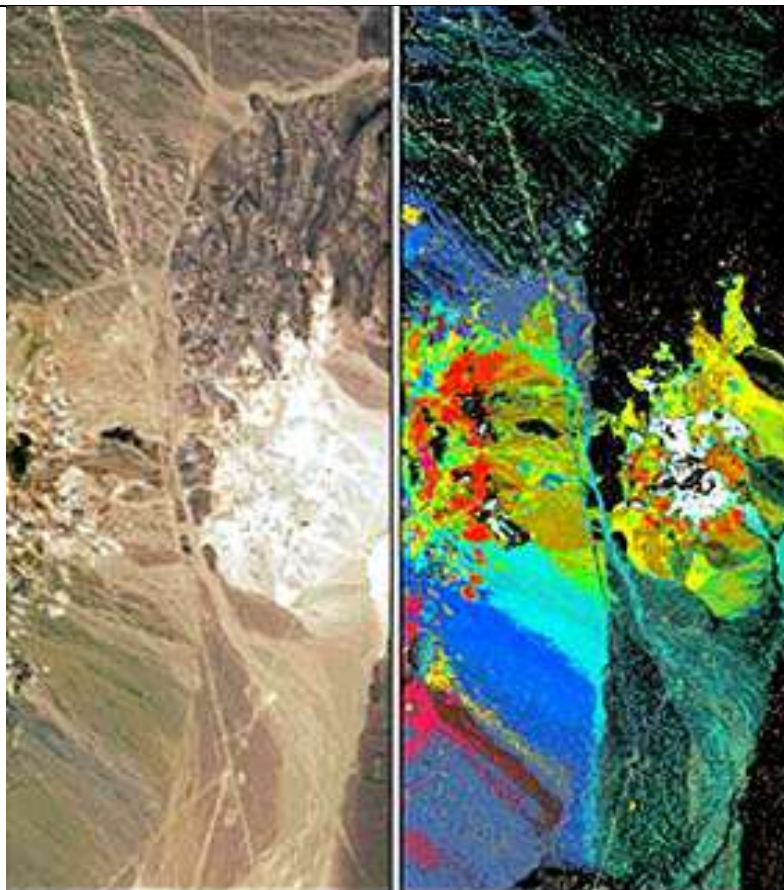
A hiperspektrális képalkotás és a COBRA

A hiperspektrális képalkotás során egy területet képpontokra bontunk, és minden képpontról felveszünk egy spektrumot, mely folyamatos görbeként jelenik meg. A hiperspektrális képek általában több tízes nagyságrendű sávból állnak, ellentétben a multispektrális képek 5-10-es nagyságrendű sávjaival. Ezek meghatározásával olyan felszínborítás-típusok is elkülöníthetők, melyek a „durvább” multispektrálissal nem. A technológia segítségével olyan lehetőségek adódnak, amiket korábban csak komoly idő, vagy anyagi ráfordítással sikerült csak megvalósítani. Egyik ilyen terület az ásványkincsek keresése, ahol a nagy területek sávonkénti "átfésülésére" nem igazán a pilótának való, sokkal inkább egy robothoz illő feladat.

¹¹ FLIR- Forward Looking InfraRed – előretékinő infravörös kamera

¹² IFR – Instrument Flight Rules – műszeres repülés

¹³ LWIR – Long Waved InfraRed – hosszú hullámú infravörös kamera



4. kép Balra a valós, jobbra a hiperspektrálisan fényképezett terület¹⁴

A földi telepítésű aknák és aknamezők észlelése egy katonai művelet megkezdése előtt igen nagy fontossággal bír. A USMC¹⁵ kifejlesztette a COBRA¹⁶ rendszert, amely segíti a partra szálló egységeket. Ez egy robotrepülőgépre szerelhető egység, ami képes detektálni az aknamezőket képi analízis segítségével. Multispektrális (a technika fejlődésével hiperspektrális) EO¹⁷ szenzorokkal szerelt robotrepülőgép a terület fölött őrjáratozva felfedi az aknák telepítéséhez kapcsolódó földtúrásokat – nappal vagy korlátozott látási viszonyok között is. A példában szereplő rendszer 1996-ban került tesztelésre, mára az informatikai fejlődésnek köszönhetően jóval nagyobb jelfeldolgozó kapacitás áll rendelkezésre. A technológia ennek ellenére nem 100%-os megbízhatóságú, ha az aknák már hosszú ideje a föld alatt pihennek, és az amúgy is kis mértékben megbolygatott felszín az időjárás és a növényzet hatására elveszíti információhordozó szerepét.

Mozgócél követés

Az mozgó cél követése - MTI¹⁸ egyre növekvő figyelmet von magára a robotrepülőekkel való hadviselésben is. A részben barát-ellenség felismerőként is használható eszköz komoly képesség a modern hadszíntéren. Eddig lehetetlennek tűnő küldetések váltak mára teljesíthetővé az

¹⁴ http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Intro/Part2_24.html

¹⁵ USMC – United States Marine Corps – Egyesült Államok Tengerészgyalogsága

¹⁶ COBRA – Coastal Battlefield Reconnaissance and Analysis – Parti Harctéri Felderítő és Elemző Rendszer

¹⁷ EO - Electro-optical – elektro-optikai

¹⁸ MTI – Moving Target Indicator – mozgócél követő berendezés

eszköz használatával. Az igény a hidegháború alatt fogalmazódott meg, amikor szükségessé vált az ellenséges csapatok helyzetének az ismerete a hátszágban is. A JUH-1 SOTAS¹⁹ Huey-t az európai hadszíntéren alkalmazták, ahol a szovjet támadás fő iránya volt várható. Kezdetben az 1974-es koreai demilitarizált zónában tesztelték, majd hadrendbe állították Nyugat-Németországban. Nagyméretű radarberendezés szolgáltatja az információt a fedélzeten lévő operátorhoz. A Huey-t később az EH-60 Black Hawk váltotta, míg végül a rendszer végleg kikopott, és az MTI váltotta le. A mai nagyméretű rendszerek az AWACS²⁰-hoz hasonló, de földi követés képességével rendelkező E-8C Joint Star-ra vannak telepítve

A MTI alapja a céltárgyról kapott információ változása. A klasszikus MTI a radartechnikában került széles körben alkalmazásra, ahol a visszavert jel Doppler-frekvenciájának változása jelzi a mozgást. A repülőgépek fedélzetén telepített radarokkal a légi és földfelszíni mozgó céltárgyak ezen az elven szűrhetők ki a háttér statikus információi közül.

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



5. kép Mozgó cél felismerés és követés²¹

Az 5. képen a termokamera szűrkeskála indikátorán a – gyakorlott szem számára is alig felismerhető – foltok elmozdulásából kell a kiértékelő rendszernek riasztást kezdeményezni.

¹⁹ SOTAS – Stand Off Target Acquisition System – álló cél felderítő rendszer

²⁰ AWACS – Airborne Warning And Control System – Légi Figyelmeztető és Irányító Rendszer

²¹ <http://www.imaging1.com/thermal/specterIR.html>

Műholdas vezérlésű bombák robotrepülőgépeken

Ha robotrepülőgép fegyver függesztmény, akkor a többség a Hellfire levegő-föld rakétákra gondol, pedig alternatívaként szolgálnak ma már olyan intelligens bombák, amik összemérhetők a Hellfire pontosságával és pusztító erejével. Álló célpontok ellen ezek a bombák megoldást nyújtanak, melyek költsége harmadával kevesebb a rakétákhoz képest.



6. kép MQ-9 Reaper²²

Az egyik legfontosabb előrelépés a „fire and forget” elv megvalósulása, azaz az robotrepülőgépnek a fegyver kioldását követően nincs további teendője, kereshet új célpontot, vagy visszafordulhat, miközben a bomba autonóm módon a célra zuhan, akár a felhőzeten keresztül. A közelmúltig használt lézervezérlésű bombák rávezetése nem volt megoldható, amennyiben a célterületet felhőzet takarta, a harctéri füst, eső, pára ugyancsak korlátozó tényező volt, ezen felül a becsapódásig folyamatosan meg kellett „világítani” a célt, mivel a bomba orrában lévő érzékelő az arról visszavert lézervfényt alapján vezérelte a rávezetést. A GPS vezérelt bombák ezektől a gondoktól mentesek. Kezdetben a 907 kg-os bombákra szerelték az új eszközt, ami által a fegyver intelligenssé vált. A bomba áramvonalazó farokkúpjában helyezték el az irányító készletet. Egy korong alakú áramkört kártyára szerelték az elektronikai összetevőket, beleértve a három egymásra merőleges síkban elhelyezett gyorsulásmérőket, amelyek a fegyver-leoldást követő mozgását érzékelik. A gyorsulásmérők önmagukban is elég pontosak ahhoz, hogy biztosítsák a fegyver cél közelébe vezetését, ha a GPS jelek vétele valamely okból megszűnik, akkor csak ezek alapján 30 méteren belül csapódik be a bomba.

A bombát olyan gépek is bevethetik, melyeknek a tűzvezető elektronikája kevésbé fejlett, ekkor előre betáplált koordináták alapján navigál a fegyver. Mivel a bomba továbbra is szabadesésű, bár némi minimális manőverezésre képes, a megközelítés kérdése kulcsfontosságú. Pótszárnyak felhelyezésével a hatótáv megnövelhető, biztosítva a hordozó platform nagyobb védettségét.

Az ezredfordulót követően sikerült a vezérlő elektronika méreteit annyira csökkenteni, hogy

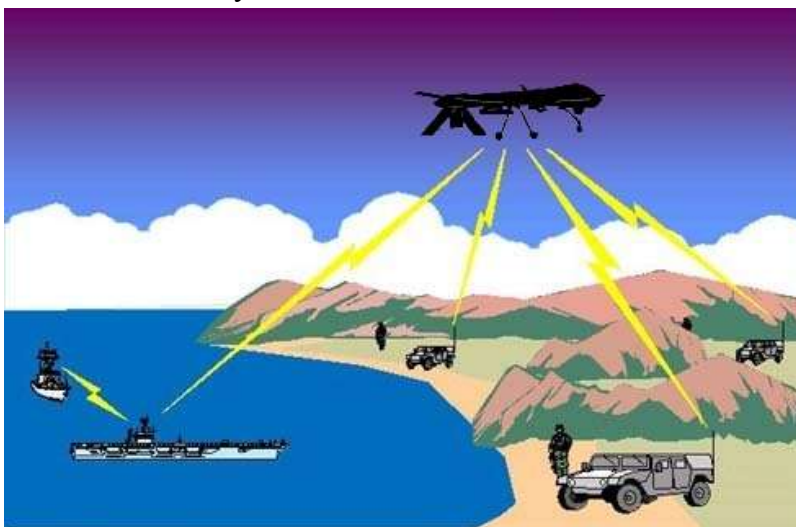
²² <http://defense-update.com/products/p/predatorB.htm>

felszerelhetővé váltak a 225 és 120 kg-os bombákra is. Ezek kellően kicsik, hogy hasznos teherként nagyobb robotrepülőgépek fedélzetén megjelenjenek.

Ahhoz, hogy függetlenítsük magunkat az Egyesült Államoktól, saját navigációs rendszert kell kiépíteni. A Galileo és a Glonass még nem épült ki, így az európai és orosz saját fejlesztések még kevésbé pontos eredményeket produkálnak. A precíziós vezérlésű fegyverek létjogosultságát senkinek sem kell bizonygatni. 1991-ben az Irak elleni hadművelet során a 250 ezer felhasznált repülőgép fedélzeti fegyver közül csak 6%-nyi volt irányított, a célpontok 75%-át mégis ezekkel sikerült megsemmisíteni.

Reléállomás/átjátszó és zavarás képesség

Mélyégi tevékenységeknél a földrajzi adottságok nem minden esetben teszik lehetővé a kapcsolatot a csapatok és az irányítás között - gondoljunk Afganisztán magas hegyeire, ahol pár kilométeren belül is jelentős szintkülönbségek léphetnek fel, vagy az iraki síkságokra, ahol a Föld görbülete, illetve a kézi eszközök nem megfelelő hatótávolsága okozhat zavarokat az összeköttetésben. Egy völgyben ellenséges tűz által lefogott egységek számára kritikus a kommunikáció. Ezen segíthet egy mozgó relé állomás, ami átjátszóként fenn tartja a kapcsolatot, sőt megnövelheti a kommunikációs távolságot az irányítás és az előretolt egységek között. Ezeket a relé állomásokat robotrepülőgépre is lehet szerelni. Több átjátszó állomással elvileg végtelen hosszúságú kommunikációs kapcsolat építhető ki. A robotrepülőgépet magasba emelve kikerülhetővé válik az árnyékolás.



7. kép Robotrepülőgép, mint átjátszóállomás²³

A robotrepülőgépek különböző indításúak lehetnek. Egy alegység számára kedvezőbb a kis geometriai méretekkel rendelkező robotrepülőgép, ami természetesen kisebb átjátszó eszközt is rejt, és ez behatárolja a maximális hatótávolságot. Nagyobb csapatok esetén katapultos berendezés meglétével bocsátható fel a nagyobb méretű – és tömegű robotrepülőgép – amivel nagyobb hatótávolságú adatkapcsolat hozható létre.

A robotrepülőgépet akár rádiózavaró eszközök hordozására is lehet alkalmazni.[4] Megköze-

²³ http://cs.itd.nrl.navy.mil/work/dragon_warrior/index.php

lítve a célpontot a szükséges teljesítménnyel lefedhetők a zavarandó összeköttetés vevőberendezései. A zavarások szüneteiben adatbankba kell gyűjteni a potenciális célpontok által kibocsátott jeleket – szükség esetén továbbítani a földi állomásokra.

Gépelhagyás utáni pilótakereső rendszer

A kutató-mentő műveleteket eredményesebben végrehajtására, a hadművelleti területen katalpultált pilóták felkutatására olyan robotrepülőgépeket küldenek felderítésre, melyen az SRRS²⁴ helyzetét kisugárzó transzponder jeleit veszik, így a keresés élőerő veszélyeztetése nélkül lehetséges.

A korábbi, pilótás rendszerek csak a saját vonalak határáig repülhettek, nagy veszélynek kitelve az ellenséges vonalak mögött kutakodó gépet és utasait. Ezeket a hátrányokat küszöböli ki az robotrepülőgépre szerelt rendszer. Az első tesztek 1998-ban kezdődtek az „Exdrone” robotrepülőgépre felszerelt SRRS vevővel. A rendszerrel szemben támasztott követelmény a kis méret, és a meglévő SAR²⁵ eszközparkjával való együttműködés.

Időjárás érzékelés (TES)²⁶

A TES meteorológiai adatok gyűjtésére szolgál. A szenzorok légnyomás, hőmérséklet, páratartalom és szélesebbesség adatokat gyűjtenek. A Predatorra szerelt TES barometrikus nyomásmérőt, GPS adót, és hőmérőt visz magával. A földi egység 400 MHz UHF csatornán kommunikált a robotrepülővel, és egy laptopon dolgozza fel az érkező adatot. A TES 1999 után véglegesen beépült a TCS²⁷-be, így ez a képesség mára mindenki számára elérhetővé vált.

Vegy- és sugárfelderítés

A nukleáris és vegyi fegyverek elterjedésével nélkülözhetlenné vált egy olyan eszköz, mely emberi élet veszélyeztetése nélkül képes információt szolgáltatni a szennyezés mértékéről. Felhasználása kiterjed a magánszektorra is – erőmű balesetek, vegyi katasztrófák, veszélyes anyagot szállító járművek balesete.

A kezdetben a szondákat a repülőgépek pilonjaira kapcsolták. A miniatürizációnak köszönhetően ma már a robotrepülőgépek is képesek magukkal vinni a mérőeszközt, így a személyzetet nem kell kitenni a szennyezés felett a közvetlen veszélynek. Mentésítő feladatokra is lehet használni robotokat – újrafeltöltés esetén fontos a gép többszöri használatra való alkalmassága és a vegyi anyagokkal szembeni ellenállása. A GPS rendszer segítségével pontosan behatárolható a szennyezés kiterjedése. Célszerű a fedélzeten elvégezni a mért eredmények azonnali feldolgozását, majd utána küldeni a földi állomás felé. A gyors adatkommunikációnak köszönhetően szinte élőképen, valós időben követhetjük egy szennyezett légtömeg mozgását, irányát.

²⁴ SRRS - Survivor Radio Repeater System – katalpultált pilóta után kereső rendszer

²⁵ SAR - Search and Rescue - Kutatás-mentés

²⁶ TES – Tactical Environmental System – környezetfigyelő meteorológiai rendszer

²⁷ TCS – Tactical Control System – harcászati irányító rendszer

A MICROPILOT MEGOLDÁSA A HASZNOS TERHEK KEZELÉSÉRE

Az 1994 óta működő kanadai MicroPilot [5] a világ egyik legismertebb robotpilóta-gyártó cége. A néhány száz grammos repülő modelltől a gázturbinás légitelítőig 65 országban több mint 750 alkalmazó használja az eszközeit. Népszerűek az iskolákban, egyetemeken, kutató intézetekben, a gazdaság különböző területein, de a védelmi szféra is szép számmal használ robot légi járművein MicroPilot berendezéseket.

Videó lesugárzó rendszer

A MicroPilot MP DAYVIEW PTZ nappali és MP NIGHTVIEW PTZ éjszakai felvételekre stabilizált kamera platformokat ajánl. [6] A kameraképek alapján vezethető a légi jármű és beállítható egy felderített objektum körüli automatikus körözés.

A kamera RS232/PWM jelekkel kommunikál a földi irányító rendszerrel. A lesugárzott videójel PAL, vagy NTSC formátumban érkezik. A kamera platform működtetése – forgatás, döntés, zoomolás – a földi állomás parancsai alapján történik. A videokamera képe külön ablakban, vagy külön képernyőn jeleníthető meg.



8. kép A MicroPilot HORIZON földi állomásán megjelenő videókép – repülési adatokkal

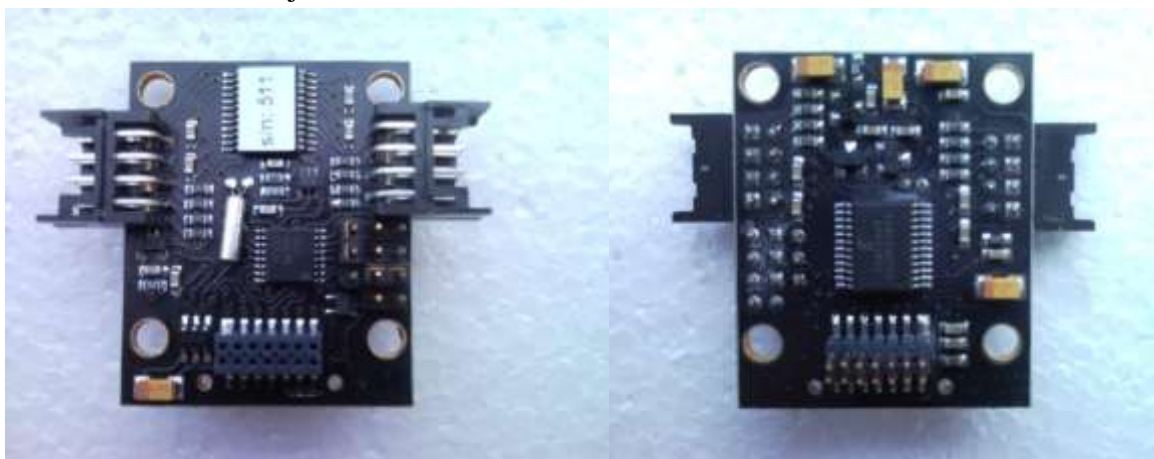
A legfontosabb repülési adatok, pillanatnyi koordináta, irány, magasság is leolvasható a lesugárzott képen. A fedélzeten a videó csatornára kapcsolt külön „video overlay”²⁸ áramkör (BOB III) biztosítja ezen adatok képre montírozását. (8. kép)

²⁸ video overlay - videó feliratozó

Analóg-digitális átalakító

A robotrepülőgépek alkalmazói – hobbirepüléstől a minősített feladatokig – gyakran találkoznak olyan kihívásokkal, amelyek a fedélzeten elhelyezett műszerekkel megmérhetők és még a repülés folyamán hasznos információkkal szolgálhatnak.

A MicroPilot olyan ADC – analóg/digitális átalakítót ajánl a repülőgép fedélzetre, amely 32 csatornás 24 bites felbontású bemenettel rendelkezik 25 mV-tól 5V-os (bipoláris, vagy unipoláris) értékhatárig. A felhasználó által szabadon megválasztott jelforrások adatait 5Hz-es gyakorisággal mintavételező rendszer dolgozza fel és továbbítja a fedélzeti rádiómodem útján a földi irányító állomásra. A 9. kép egy analóg digitális konverter nyomtatott áramkörtől mutatja mindkét oldalát.



9. kép A MicroPilot ADC panelje 29

A 32 csatornás analóg/digitális átalakító igen nagy bemenő ellenállású – mindössze 100 pA terhelést jelent a mérendő áramkörre – és beépített zajszűrőt is tartalmaz. Ezzel az átalakítóval megépíthető például egy olyan légi meteorológiai laboratórium, amely az analóg érzékelőktől (nyomás, hőmérséklet, páratartalom, stb.) közvetlenül kapott adatokat már a fedélzeten digitalizálja. A digitalizált információ átvitelére a mai adatsatornák már kiválóan alkalmasak.

ZÁRÓ GONDOLATOK

A robotrepülőgépek hasznos terhei széles skálán mozognak. A hordozó képességei határolják be a szállítható tömeget, de az ezen belül maradónak csak a fantázia és az anyagiak szabnak határt. A korábban csak katonai feladatú eszközökön ma már megtalálhatók a tudomány, technika, környezetvédelem és a gazdaság minden területéről érkezett szállítandó berendezések, a robotrepülőgépek, pedig fáradhatatlanul végzik a gyakran veszélyes, fárasztó, monoton küldetéseket.

Merre tovább robotrepülés? A technika fejlődésével eszközeink mérete csökken, a digitalizációval a feldolgozó kapacitásuk növekszik. Mára már nem feltétlenül csak azzal kell számolnunk, hogy az ellenséges légvédelmi tevékenység tesz kárt benne. A modern kor katonái a kibertérben is támadhatnak – az Egyesült Államok Irán felett pár hónapja „elvesztett”

²⁹ A szerzők felvétele

robot repülőgépe is ennek esett áldozatul.



10. kép A jövő felhasználási lehetősége³⁰

A jövőben csökkenni fog a sebezhetőség, a hasznos terhek időjárás- és napszakfüggősége. Minden bizonnyal új hasznos terhek is alkalmazásra kerülnek. Fontos, hogy a meglévő felde-
rítési rendszerekbe integrálhatóak legyenek, vagy együttműködjenek vele. Az adatfeldolgozó
rendszerek általában lépéshátrányban vannak az adatgyűjtő eszközökkel, így valószínű a fel-
zárkóztatásuk. A "lopakodó" képesség előszele már most jelen van.

A NKE HHK KÜLI Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszéken több éve folynak repülés biz-
tonsággal kapcsolatos kutatások. Az ROBOTREPÜLŐGÉP laboratóriumában a különböző
hasznos terhek beépítése, kipróbálása során szerzett tapasztalatokat tudományos fórumokon
tesszük közzé. A jelenlegi kutatások és kísérletek a „Repülésbiztonság növelése - madárriasz-
tás robotrepülőgépekkel” témában a

SZÉCHENYI TERV

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

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

Alprogram: Adatintegráció

**Kiemelt kutatási terület: A pilóta nélküli Légijárművek alkalmazásának Légiközlekedés-
biztonsági aspektusai**

³⁰ <http://kitup.military.com/2011/11/nano-robotrepülőgéps-snapped-uk-mod.html>



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.elektroncso.hu/cikkek/fotocso.php>
- [2] http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Makkay_Imre-Vanya_Laszlo.pdf
- [3] <http://gs.flir.com/>
- [4] http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=900
- [5] <http://www.micropilot.com/>
- [6] <http://www.micropilot.com/products-cameras.htm>