REPÜLÉSTUDOMÁNYI KONFERENCIA 2011 SZOLNOK
VÉGET ÉRT A MIG-KORSZAK
REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK KÜLÖNSZÁM 2011. ÁPRILIS 15.

Árvai László

HELYBŐL FELSZÁLLÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

ABSZTRAKT

A pilóta vezette légijárművek között jelentős szerepet töltenek be a helyből felszállásra képes repülő eszközök. Sok olyan helyzet van, ahol előnyeik - vagyis a repülőtértől független működés, a kis le- és felszállási helyigény vagy az egy helyben lebegés képessége - alkalmassá tehetik őket speciális, a hagyományosan fel- és leszálló eszközök számára megoldhatatlan feladat ellátására. Ezek az előnyök pilóta nélküli repülőeszköz esetén akár még hatványozottabban is jelentkezhetnek, kiaknázásuk és az ilyen eszközök fejlesztése, alkalmazása azonban - talán a forgószárnyas elrendezések kivételével - némileg elmaradt a hagyományosan fel- és leszálló vezető nélküli repülőeszközök felhasználásához és fejlesztéséhez képest.

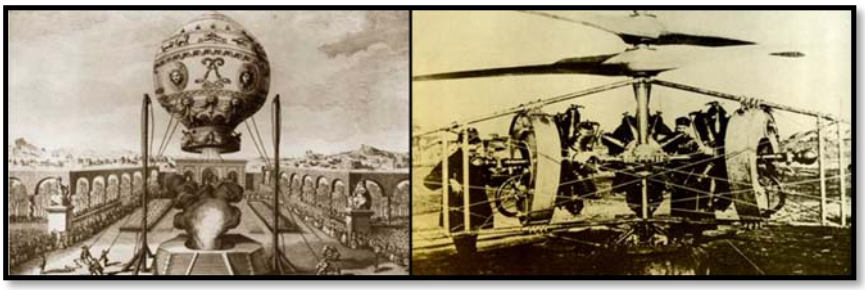
Ezért célszerű áttekinteni a helyből felszálló pilóta nélküli repülőgépek lehetséges alkalmazási területeit, előnyeiket, illetve esetleges alkalmazási korlátaikat. Mivel egy ilyen repülő eszköz megalkotása számos új technikai probléma megoldását feltételezi, ezért nem lenne teljes a kép a megoldandó konstrukciós problémák felvázolása és esetleges megoldási javaslatok vagy kutatási irányok felvázolási nélkül.

A felsorolt problémák, kihívások megoldása és egy helyből felszállásra képes vezető nélküli repülőeszköz modelljének megalkotása egy később elkészítendő PhD dolgozat témája lesz.

A FÜGGŐLEGES FEL- ÉS LESZÁLLÁS KÉPESSÉGÉNEK ELŐNYEI

A függőleges fel- és leszállás képességével már az első ember alkotta repülőeszközök is rendelkeztek, mint például a Montgolfier testvérek hőlégballonjai. Persze a levegőnél könnyebb konstrukciójú hőlégballonoknak, léghajóknak számos ismert hátránya van, amely mind a mai napig egy viszonylag szűk körre korlátozza a felhasználási lehetőségüket. Ezért bár helyből felszálló repülőeszközök, a cikk további részében mégsem foglalkozunk velük.

Az első igazán használható helyből felszálló repülőeszközök csak jóval később, már a motoros repülés megteremtése után jöttek létre és igazából hosszú ideig csak a forgószárnyas konstrukciók, vagyis a helikopterek álltak rendszerben, mint egyetlen helyből felszállásra képes típus.



1. ábra. Montgolfier testvérek hőlégballonja[1] és az első helikopterek egyike[2]

Előnyeik hamar nyilvánvalóvá váltak, amelyek közül néhány önkényesen kiragadott a következő:

- a drága és könnyen sebezhető repülőtértől független működés
- kis terület szükséges a fel- és leszálláshoz, ami jelentős előny lehet például haditengerészeti felhasználásnál, hiszen kisebb hajóegységek (cirkálók, rombolók) is hordozhatnak helikoptereket
- amennyiben nincs lehetőség vagy szükség a cél elérésekor leszállásra akkor is képesek az adott pont felett lebegni (mentés, oltalmazás)
- precíz szállítási, emelési képesség
- rejtőzködés természetes tereptárgyak mögött (pl. dombok, völgyek)
- folyamatos kis magasságú és sebességű repülés, ami előnyös lehet, például katasztrófaterületek felderítésénél, megfigyelésénél

Sajnos ezzel együtt a merevszárnyas repülőgépekhez viszonyított hátrányaik is hamar ismertté váltak. Ezek közül néhány fontos a következő:

- Bonyolultabb felépítés és bonyolultabb aerodinamikai viselkedés (stabilitás)
- Rosszabb repülési paraméterek (sebesség, magasság, hatótávolság, hasznos teher, stb.)

Ezért bár a helikopterek széles körben elterjedtek mégis a mérnökök folyamatosan keresték a megoldását annak, hogy a merevszárnyas és a forgószárnyas repülőeszközök előnyeit ötvözhessék. Ennek eredményeképpen számos kísérleti repülőgép épült, de mutatván a feladat nehézségét és bonyolultságát csak néhány verzió jutott el a sorozatgyártásig, illetve a rendszerbeállásig. Talán a legismertebb típusaik az angol „Harrier” a szovjet „JAK-38” és az amerikai „Osprey”. Közös jellemzőjük, hogy vízszintes repüléskor a repülőgépekhez hasonlóan egy merev szárny felelős a felhajtóerő „előállításáért”. A különbségek inkább abban vannak, hogy függeszkedéskor hogyan állítjuk elő a felhajtóerőt, illetve hogyan biztosítjuk a kormányozhatóságot és a stabilitást.

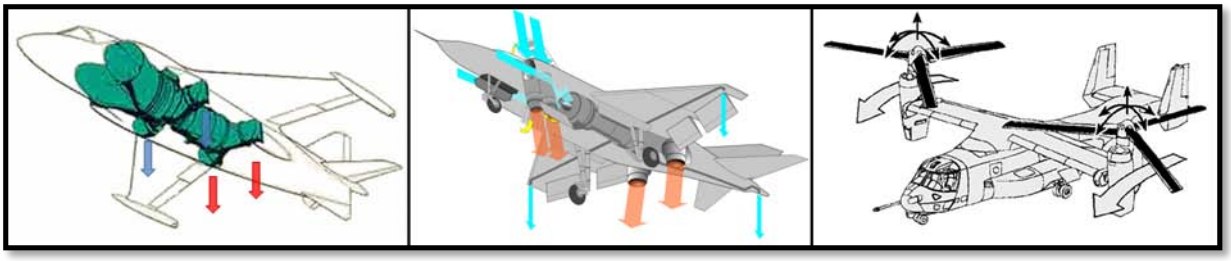
A 2. ábrán az előbbiekben felsorolt repülőeszközök vázlatos felépítése látható. Az „Osprey” megoldása kicsit visszanyúl a helikoptereknél alkalmazott forgószárnyas kialakításhoz azzal a különbséggel, hogy a forgószárny forgási tengelye elfordítható. Erre azért van szükség, hogy

[1] http://leghajozas.atw.hu/tortenelem_kulfold.html
[2] http://www.paksnet.hu/kepek/karman_todor_elso_katonai_helikopter_PKZ.jpg

vízszintes repüléskor a vonóerő is ezzel a szerkezeti elemmel legyen előállítható. A kormányzáshoz – a helikopterekhez hasonlóan – rendelkezésre áll a ciklikus állásszög állítás lehetősége is.

A „Harrier” esetében a mérnökök nem az egész hajtóművet, hanem csak a kiáramló levegő illetve gázsugár irányát tették változtathatóvá.

A „JAK-38”-as esetén az elfordítható gázsugár mellett még külön emelőhajtóművet is alkalmaztak. E két utóbbi esetben kormányzásra a külön fúvókákon kiáramoltatott levegő szolgál.



2. ábra. Harrier[3], JAK-38[4], Osprey[5]

Jól látható, hogy a hagyományos módon felszálló repülőgépekhez hasonlóan itt lényegesen bonyolultabb technikai kihívásokkal és nagyobb működési kockázattal állunk szemben.

Néhány jellemző kihívás:

- vonóerő, felhajtóerő optimális (legkisebb súlyú és energiafogyasztású, legnagyobb megbízhatóságú) előállítása;
- kormányzás függeszkedéskor: amikor az aerodinamikai kormányfelületek még nem alkalmazhatóak egyéb (általában vektoros) kormányzásra van szükség;
- ezzel együtt az egyébként használt aerodinamikai (passzív) repülésstabilizálási módszerek (vezérsíkok, szárny V állásszöge, stb.) nem használhatók, aktív repülésstabilizálási rendszerre van szükség;
- az áttérés a vízszintes repülés és a függeszkedés között (bármelyik irányban) egy igen összetett és nehezen koordinálható művelet, hiszen közben a repülőgép aerodinamikai viselkedése jelentősen változáson megy át;
- elsősorban az ember vezette járművek esetében nem mindig biztosítható egyszerűen az, hogy pilóta lássa a leszállási területet;

Ezek a konstrukciós és vezérlési kihívások nagyon hasonlóan jelentkezhetnek vezető nélküli (UAV[6]) esetben is. Természetesen a megoldandó problémák jellege és nagysága az adott eszköz sárkányszerkezetétől, hajtóműveitől, illetve ezek elrendezésétől nagymértékben függ. Ezért fontos már egy ilyen munka kezdetén számba venni a lehetséges kialakításokat, illetve az ezekkel járó előnyöket és hátrányokat.

[3] http://www.harrier.org.uk/history/history_farley.htm
[4] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Yak-38_Lift_Engines_NT.PNG
[5] http://static.rcgroups.com/gallery/data/500/14579Osprey1.gif
[6] UAV – Unmanned Aerial Vehicle – Vezető nélküli repülőeszköz

LEHETSÉGES KONSTRUKCIÓK

A vezető nélküli függőleges fel- és leszállásra képes repülőeszközök lehetséges konstrukciói, illetve ezek trendjei már egy korábbi cikkben összefoglalásra kerültek [1], ezért most csak két fontos csoportot vizsgálunk meg.

Az első és legelterjedtebb a forgószárnyas vezető nélküli repülő eszközök csoportja. Ezekre a repülőeszközökre hasonló előnyök és hátrányok jellemzők, mint az ember vezette társaikra. Talán annyit érdemes még megemlíteni, hogy a vezető nélküli eszközök egy része viszonylag kis geometriai méretekkel (elsősorban magasság) rendelkezik, ezért sokszor a rotorkör nem helyezhető el fejmagasság fölött, ami jelentős üzemeltetési biztonsági kockázatot jelent. Különösen, ha arra gondolunk, hogy a vezető nélküli repülő eszközök fejlesztésének és elterjedésének az egyik motorja az, hogy kisebb létszámú és kevésbé képzett kezelőszemélyzet is üzemeltetni tudja és, hogy az üzemeltetés minél kevesebb figyelmet igényeljen a részükről.

A forgószárnyas vezetőnélküli repülőeszközök közül fontos még megemlíteni a több (négy vagy több) rotoros elrendezésűeket (pl. quadrotor, hexrotor) is, hiszen ezek az utóbbi években rendkívül népszerű kutatási irányt jelentettek. Számos cikk, tanulmány és doktori dolgozat született ebben a témában, többek között a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen is folytak illetve folynak ilyen jellegű kutatások [2].

3. ábra. Fire Scout[7], CyberQuad Maxi[8]

A 3. ábra a fogószárnyas UAV típusok két jellegzetes képviselőjét mutatja be. Az ábra bal oldalán a Northrop Grumman „Fire Scout” hagyományos helikopter felépítésű típusa látható [3], az ábra jobb oldalán pedig a CyberTechnology „CyberQuad” quadrotor felépítésű eszköze [4].

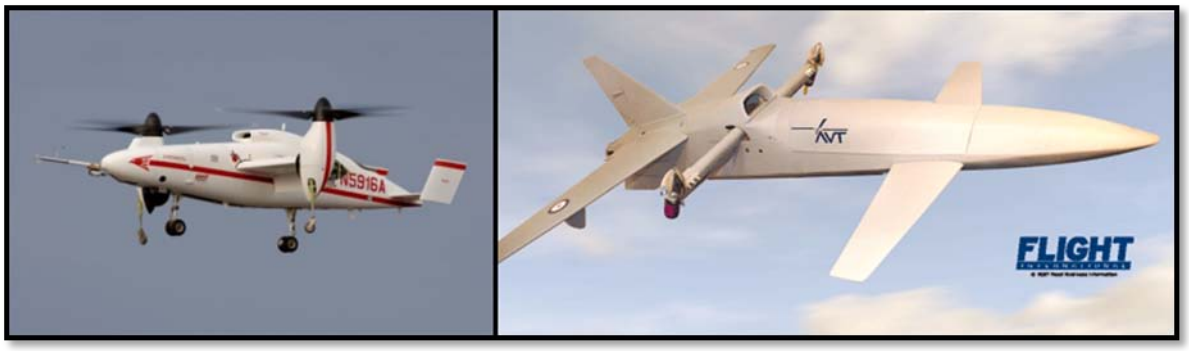
Sajnos a vezetőnélküli forgószárnyas repülőeszközök magukban hordozzák ugyanazokat a már korábban említett hátrányokat, melyek minden forgószárnyas eszköznek sajátjai. Ezért az elkészítendő PhD dolgozatban inkább a merevszárnyas konstrukciókra helyeződik a hangsúly.

[7] http://www.thebahrainconspiracy.com/resources/UAV%20RQ-8A_Fire_Scout.jpg
[8] http://procerusuav.com/images/large/CyberQuad%20Maxi_lrg.jpg

MEREVSZÁRNYAS FÜGGŐLEGES FEL- ÉS LESZÁLLÁSRA KÉPES VEZETŐNÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK

A vezető nélküli repülő eszközök alkalmazásakor előfordulhatnak olyan feladatok, melyek ellátására a forgószárnyas eszközök nem alkalmasak a korlátozott repülési paramétereik miatt. Olyan feladatoknál, ahol szükség van a nagyobb hatótávolságra, nagyobb szolgálati csúcsmagasságra, nagyobb sebességre vagy hosszabb repülési időre, akkor a legjobb megoldást a merevszárnyas eszközök adják. Hasonlóan az ember vezette társaikhoz ezek a repülőgépek megpróbálják ötvözni a merev szárny nyújtotta előnyöket a függőleges fel- és leszállás képességével.

Az ember vezette konstrukciókhoz hasonlóan az első probléma a függeszkedéshez szükséges felhajtóerő előállításának módja. Itt rengeteg érdekes konstrukcióval találkozhatunk, sokszor előkerülnek régebben az ember vezette repülőgépes kísérletekkor már elvetett megoldások, illetve új ötletek is napvilágot látnak. Valószínűleg az a letisztulási folyamat, amely az ember vezette helyből felszálló repülőgépek esetén már végbement az utóbbi évtizedekben, még csak most kezdődik a vezető nélküli repülőeszközök esetén.



4. ábra. Bell - Eagle Eye[9], AVT - Hammerhead[10]

A 4. ábra két aktívan fejlesztett merevszárnyas vezető nélküli repülőeszköz képét mutatja. A Bell „Eagle Eye” az „Osprey”-nél már bevált „tiltrotor” elrendezést használja, azzal a különbséggel, hogy itt a hajtómű nincs közvetlenül összeépítve a rotorral, hanem külön a törzsben került elhelyezésre. Kis mérete ellenére repülési paraméterei közelítik az „Osprey” hasonló paramétereit [5]. Az ábra bal oldalán az Advanced VTOL Technologies (AVT) által fejlesztett „Hammerhead” UAV látható. Annak ellenére, hogy kísérleti stádiumban levő prototípusról van szó, mely egyelőre akkumulátoros energiaforrással és villanymotoros hajtással rendelkezik, mégis a repülési paraméterei figyelemreméltóak [6].

A követező táblázatban az előbbiekben említett járművek néhány önkényesen kiragadott repülési paramétere kerül összehasonlításra.

[9] http://www.venik4.com/wp-content/uploads/2008/10/air_uav_eagle_eye_hover_lg.jpg
[10] http://www.flightglobal.com/assets/getAsset.aspx?ItemID=16990

Típus	Repülési idő	Max. Sebesség
Fire Scout	6 h	231.5 km/h
CyberQuad	35 min	60 km/h
Eagle Eye	8 h	370 km/h
Hammerhead	1.5 h	166 km/h

1. táblázat. Repülési paraméterek összehasonlítása

Ha a hasonló „komolyságú” konstrukciókat vetjük össze („Fire Scout” ↔„Eagle Eye” és „CyberQuad” ↔„Hammerhead”) akkor is látható, hogy a merevszárnyas típusok általában jobb repülési paraméterekkel rendelkeznek, mint a hasonló kategóriájú forgószárnyas típusok.

Azonban az egyik leglényegesebb hátrányuk az, hogy vezérlésük a forgószárnyas eszközökétől is bonyolultabb. Ennek az egyik oka, hogy függeszkedéskor és vízszintes repüléskor teljesen más aerodinamikai viselkedést tapasztalunk, hiszen vízszintes repüléskor a felhajtóerő a szárnyakon ébred és a kormányzás, stabilitás megoldható a szokásos aerodinamikai stabilizáló és kormányfelületekkel. Ezzel szemben függeszkedéskor a felhajtóerő közvetlenül az emelőhajtóművek által keletkezik és kormányzásra, stabilizálásra szinte csak vektoros lehetőség van. Ráadásul a két repülési mód között a folyamatos és stabil átmenetet is biztosítani kell.

Ezért egy merevszárnyas, helyből felszálló repülőeszköz automatikus vezérlésre alkalmas berendezés fejlesztése számos nehézséget hordoz magában. Egy ilyen rendszer kifejlesztése lesz a megírandó PhD dolgozat célja.

MEGOLDANDÓ FELADATOK

Egy merevszárnyas vezetőnélküli repülőeszköz fejlesztésénél számos technikai nehézséget, feladatot kell megoldani. Az elsőszámú kihívást azonban egy olyan repülésvezérlő rendszer megalkotása jelenti, amely képes egy ilyen eszközt minden repülési módban stabilan a levegőben tartani. A PhD dolgozat elsődleges célja tehát egy ilyen repülésvezérlő rendszer megalkotása. Ennek elérése érdekében a következő célokat tűztem ki magam elé:

VTOL konstrukciójú vezetőnélküli repülőeszközök katonai felhasználási követelményeinek kidolgozása

A tervezés kiindulásaképpen össze kell gyűjteni a függőleges fel- és leszállásra képes vezető nélküli repülőeszközök katonai, védelmi felhasználásának fontosabb követelményeit, illetve azokat a feladatokat, területeket ahol eredményesen használhatók ezek az eszközök.

Az így megállapított felhasználási területek, feladatok ismeretében meg lehet fogalmazni a legfontosabb elvárásokat, illetve tervezési paramétereket.

A különböző VTOL működésre alkalmas aerodinamikai konstrukciók áttekintése, osztályozása

Számos VTOL működésre alkalmas aerodinamikai konstrukció létezik, ezért szükséges ezek összehasonlító elemzése. Az elemzés egyik fontos szempontja, hogy az adott konstrukció mennyire alkalmas az előzőekben megfogalmazott elvárások teljesítésére, mennyire biztonságos az üzemeltetők szempontjából. A másik fontos elemzési szempont az aerodinamikai stabilitás, illetve instabilitás milyensége és mértéke, amely később a repülésvezérlő rendszer bonyolultságára és megvalósíthatóságára lényeges hatással lesz.

Aerodinamikai modell kialakítása, paramétereinek optimalizálása

El kell készíteni a kiválasztott konstrukció dinamikai és áramlástani modelljét, melyhez először a megfelelő sárkányszerkezetet kell megtervezni, illetve a megfelelő erőforrást kiválasztani. Szükséges még meghatározni a sárkányszerkezeten belül az egyes fontosabb részegységek és a hasznos teher elhelyezését. Ezen adatok alapján fel lehet építeni a repülőeszköz aerodinamikai modelljét, majd a fontosabb repülési helyzetekben áramlástani szimulációkkal ellenőrizni lehet az UAV viselkedését, illetve optimalizálni a fontosabb paramétereket.

A repülésvezérlő rendszer számára szükséges szenzorok meghatározása

Az aerodinamikai modell viselkedésének ismeretében ki kell választani a gép fontosabb repülési paramétereinek mérésére szolgáló szenzorok fajtáit, azok számát, a szükséges tartalékolás mértékét és az optimális elhelyezésüket.

Repülésvezérlő rendszer kifejlesztése

Az aerodinamikai viselkedés illetve a rendelkezésre álló szenzorok és beavatkozó szervek figyelembevételével meg kell adni a repülésvezérlő rendszer hardver- és szoftverspecifikációját. Mivel navigációra, útvonalkövetésre már léteznek megoldások, ezért ezek nem kerülnek részletesen kidolgozásra. A fő hangsúlyt a függőleges fel- és leszállással kapcsolatos szabályzási, stabilizálási kihívások megoldására kell fektetni.

A kidolgozott algoritmusokat célszerű több lépcsőben optimalizálni azért, hogy minél kisebb erőforrásokra legyen szükség a futtatásukhoz, minél egyszerűbb és kisebb fogyasztású processzorokat alkalmazhassunk a vezérlő rendszer hardverében.

Tesztrendszer kialakítása

Az megtervezett rendszer működését egyrészt egyszerűsítet modellkísérletekkel, másrészt pedig számítógépes szimulációkkal kell vizsgálni és bizonyítani. A vizsgálatok értékelésébe célszerű bevonni azokat a szakembereket, akik jelenleg tervezési, építési, illetve UAV üzemeltetési feladatokban gyakorlattal, tapasztalatokkal rendelkeznek.

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban már nem kérdéses, hogy a vezető nélküli repülő eszközök el fognak-e terjedni. Inkább csak az a kérdés, hogy az élet milyen területein milyen feladatok ellátásakor fogunk még találkozni velük.

Ha visszatekintünk az elmúlt évekre és szemügyre vesszük a fejlődésüket, akkor könnyen párhuzamot találhatunk az emberes repülőgépek fejlődésével. Igaz az időtáv lényegesen rövidebb, de itt is először a hagyományosan fel- és leszálló típusok jelentek meg, majd ezt követték a fogószárnyasok és jelenleg zajlik a merevszárnyas helyből fel- és leszállásra képes vezető nélküli repülőeszközök fejlesztése.

Vezető nélküli repülőeszközök esetén még fokozottabban jelentkezik az igény az egyszerű, olcsó és biztonságos üzemeltetésre. Ha még ezzel együtt figyelembe vesszük azt az elvárást, hogy kis létszámú és kevésbé képzett személyzet is képes legyen az üzemeltetésre, akkor ez feltételezi egy nagyfokú önállóságot megvalósító repülésvezérlő rendszer meglétét. Egy ilyen rendszer kifejlesztése – különösen merevszárnyas helyből felszállásra képes repülőeszközök esetén – számos kihívást hordoz magában. Mivel azonban a merevszárnyas konstrukciók repülési paraméteri általában kedvezőbbek a forgószárnyasokénál ezért bizton állítható, hogy a kihívások ellenére a merevszárnyas vezető nélküli eszközök a jövőben meghatározó jelentőségűvé válnak. Ezzel együtt az ezekhez szükséges repülésvezérlő rendszer felépítése mind napjainkban, mind az elkövetkezendő években fontos és intenzíven kutatott téma lesz.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] ÁRVAI LÁSZLÓ: "Helyből Felszálló Pilóta Nélküli Repülőgép Konstrukciók és Jellegzetes Megvalósításaik." *Hadmérnök.* [Online] 2011. március. [Hivatkozva: 2011. március 21.]

[2] TÚRÓCZI ANTAL: "Négyrotoros pilóta nélküli helikopter fedélzeti automatikus repülésszabályzó berendezései." *PhD dolgozat.* 2008.

[3] NAVAL-TECHNOLOGY: Fire Scout. [Online] [Hivatkozva: 2011. március 17.] http://www.naval-technology.com/projects/firescout/specs.html.

[4] CYBERTECHNOLOGY: CyberQuad. [Online] [Hivatkozva: 2011. március 18.] http://www.cybertechuav.com.au/-Technical-Specifications-.html.

[5] WIKIPEDIA: Bell Eagle Eye. [Online] 2011. november 29. [Hivatkozva: 2011. március 28.] http://en.wikipedia.org/wiki/Bell_Eagle_Eye.

[6] AVT: Hammerhead. *Advanced VTOL Technologies.* [Online] [Hivatkozva: 2011. március 20.] http://www.avtolt.com.