

Dr. Bognár Géza Ph.D., tanszékvezető főiskolai tanár – Reé István mérnök informatikus
Gábor Dénes Főiskola, bognarg@szamalk.hu , ree@intersoftcontrolling.hu

LÉGIFELDERÍTÉS EGYSZERŰ ESZKÖZÖKKEL

Summary:

One of the most important components of modern warfare is the quantity of resources available for a given operation. Investment and operational costs of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are considerably lower than that of man-guided airplanes used for the same purposes. All-over costs of UAV-s may vary between wide ranges, the most sumptuous being hundred times costly than the cheapest one. In their paper the authors are proposing a categorization of UAV-s taking into consideration the wide range of purposes and technical characteristics as well. Their own-developed aerial vehicle is placed within this categorization. Troops with highly qualified, low-number human resources equipped with low cost operation UAV-s may have considerable advantages over those who are unable to operate such kind of war technology.

Összefoglaló:

A hadviselés és az arra történő felkészülés egyik legfontosabb tényezője a feladatok ellátására fordítható anyagi erőforrások mennyisége. A harctéri taktikai feladatok megoldásához használt pilótánélküli légi járművek (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) beruházási és üzemeltetési költsége jelentősen alacsonyabb, mint az ugyanilyen célra használható pilóta által vezetett repülőgépeké. Azonban az UAV-k költségei is tág határok között változhatnak a legolcsóbbtól a legdrágábig, akár százszoros átfedéssel. Dolgozatukban a szerzők a feladatok sokrétűségét és az UAV-k műszaki paramétereit is figyelembe vevő kategorizálásra tesznek javaslatot. Ezen belül helyezik el és ismertetik az általuk fejlesztett légi felderítő eszközt. Az ilyen eszközökkel rendelkező alakulatok, magasan képzett, de kis létszámú emberi erőforrásaikkal, és kis költséggel beszerzett és üzemeltetett UAV-ekkel, taktikai előnyre tesznek szert az olyan ellenfelekkel szemben, akik ilyen technikát nem képesek üzemeltetni.

1. A LÉGIFELDERÍTÉS ÉS PILÓTANÉLKÜLI REPÜLÉS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

Ki van a domb mögött? - tette fel a kérdést Lord Raglan tábornok a krími háborúban (1854-1856), a Sebastopoltól kb. 10 kilométerre fekvő balaklavai harctéren [11] és anélkül, hogy a hitelt érdemlő választ megvárta volna, indulást parancsolt lord Cardigannak, aki a domb mögé érve az oroszok megerősített állásaiba ütközött. Maga a parancsnok is kis híján életét vesztette a felelőtlen döntés nyomán kialakult harci helyzetben. Elkerülhető lett volna a mintegy húszezerfős emberveszteség, ha a parancsnok használta volna a kor felderítési technikáit [12], [13]. Ez a mára már klasszikusnak számító hadműveleti hiba, minden tiszt és tisztikolás növendék figyelmét arra hívja fel, hogy a megfelelően alkalmazott harctéri felderítés, és a felderítés eredményeinek szakszerű kiértékelése nem elkerülhető és nem helyettesíthető semmivel. A saját emberveszteség pedig akkor kerülhető el a legbiztosabban, ha ember-nélküli eszközöket alkalmazunk akár a felderítő, akár a támadó tevékenységhez.



1. ábra: A V1 szárnyas bomba [20]

Leszámítva a korai kínai merevvázás sárkányos repüléseket [14], melyekről Marco Polo [10] számolt be, a technika a XVIII. század második felében jutott el oda, hogy a Mongolfier testvérek hőlégballonján Pilatre de Rozier és Arlande márki a levegőbe emelkedjen [4]. Innen már csak egy rövid lépés volt, hogy felderítési célokra használják a hőlégballont a XIX. században [1], [3]. Merevszárnyú repülőgépeket az első világháborúban használtak először harci feladatok elvégzésére. Ezek egyik speciális alkalmazása volt a fedélzeti kamerákkal való felderítés. Az ebben az időszakban felderítésre használt repülőeszközök jobbára átalakított vadászgépek voltak, de nagyon gyakran használtak legfőképpen az Osztrák-Magyar Monarchiában ilyen célra úgynevezett kötött ballont [3]. Ezekben az eszközökben azonban mindenütt ember látta el a kulcsfontosságú feladatokat. Igazi pilótanélküli repülőgép, a DH.82 Queen Bee először a Brit Királyi Légierőben (RAF) teljesített szolgálatot a múlt század harmincas éveitől. Rakétahajtású repülő bombákkal (V1) támadták a németek a Második Világháború alatt az angliai célpontokat. A V1 irányítását giroszkópos rendszerrel oldották meg, amely ilyen távolságokban nagy pontatlanságot eredményezett. Ugyanekkor a RAF fegyvertelenné átalakított, nagyteljesítményű automata kamerákkal felszerelt Mosquito bombázókat használt a Franciaországi partok fényképezésére. A hidegháború korszakában tovább folytatódott a felderítő eszközök fejlesztése. Az embervezette felderítő-repülőgépek repüléstechnikai szempontból máig csúcsmoделljének tartott Lockheed U-2 [2], [5], paradigmaváltásra kényszerítette a stratégiai tervezőket avval, hogy a Vörös Hadsereg Légvédelmi Rakétaegységeinek sikerült 1960. május 1-én a Szovjetunió területe fölé nagy magasságban berepülő gépet lelőnie.



2. ábra: Lockheed U-2 [21]



3. ábra: Predator [22]

Ezzel bebizonyosodott, hogy a nagy magasság nem nyújt kellő védelmet, ugyanakkor a repülőgép hatalmas költségei, illetve a lelövést követő óriási sajtóvisszhang mind-mind az ilyen gépek bevetése ellen szóltak. Az űrkutatás fejlődésével a múlt század hatvanas éveiben megteremtődött annak a feltétele, hogy a globális stratégiai felderítés áttevédjön a műholdas rendszerekre. Ugyanakkor a számtalan helyi háború kiváltotta az olcsóbb eszközökkel végrehajtott harctéri felderítés iránti igényt. Logikus következményként a figyelem az UAV-re irányult. Előbb a vietnami háborúban, majd a közel keleten jelentek meg a nagyteljesítményű, ámde egyre kisebb méretű UAV-k. Ezek fejlődéséről nagyszerű monográfiát találunk a Spies that Fly honlapon [16]. A mikroelektronika és az informatika fejlődésével ugyanabba a kubatúrába egyre több funkciót lehetett elhelyezni. A múlt század kilencvenes éveiben Izraelben és az USA-ban rendszerbe állították a ma is használatos UAV-k legnagyobb részét. Az öböl háborúban láthattuk először a Predator ma ismert kialakítását [22]. Ezen már megtaláljuk az irányításhoz szükséges GPS rendszert, a tájékozódáshoz szükséges infravörös kamerát és a támadó fegyverzetet egyaránt. Ez a berendezés azonban még mindig túl nagy és költséges ahhoz, hogy a dolgozat bevezetőjében feltett egyszerű kérdésre megadjuk a választ vele.

2. A MAI KÖNNYŰ UAV TECHNOLÓGIA

A 2005-ös Párizsi Aeronautikai Szalonon mutatta be az Israel Aircraft Industries a Casper 200/250, általuk miniatűr UAV-nek nevezett gépét [15]. Megjegyezzük, hogy a szakirodalomban jelenleg általában a deciméteres nagyságrendben mozgó fesztávolságú gépeket szokás miniatűrnek nevezni, amelyek zárt térben való felderítésre is alkalmasa elsősorban terror-elhárítási céllal. A Casper 200/250 főképp gyalogsági harctéri műveletek támogatására készült, de a beépített speciális akadály kikerülő szoftver segítségével képes bonyolult városi terepen is kis magasságból felderítést végezni. Kompozit anyagokból készült, a terepen szerszámok nélkül állítható össze. Hossza 1.3 m, tömege 2.3 kg, fesztávolsága 2 m. A gép hajtásához szükséges vonóerőt villanymotor biztosítja. Motor nélkül siklőszáma 1:15. Motorral 7 m/s emelkedésre képes, vízszintes sebessége 21 és 80 km/h között változik. A Casper-be 240 g tömegű nagyfelbontású, forgatható videokamerát építettek x2 zoommal, amely éjjel és nappal egyaránt alkalmas felvételek készítésére és továbbítására.



4. ábra: Casper 200/250 harctéri könnyű UAV [15]

A korábbiakhoz képest jelentős változásnak számít, hogy a repülőgép-vezetési tudást szükségességét megszüntették úgy, hogy a gépet annyira kiegyensúlyozták, hogy képes legyen stabil röppályán vezetés nélkül felszállni, a célra vezetést illetve a pálya-követést GPS-el irányított elektronikával végezni, majd a leszállási hely megadásával képes legyen „kis ütődéssel” a célra szállni. A gép szerkezetét úgy alakították ki, hogy a „kis ütődésnek” kellően ellenálljon.

Összefoglalva, ez a hordozó eszköz repüléstechnikai szempontból kevéssé tér el a mai repülőmodellek kialakításától, ugyanakkor a beépített navigációs, irányítási, képtovábbítási és egyéb IT rendszerei segítségével repülőgép vezetői tudás nélkül is hatékony felderítő eszköz.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen (ZMNE) az UAV-k kutatásában jelentős eredményeket értek el. Olyan GPS alapon működő saját irányító elektronikát fejlesztettek ki, amely képes adott koordinátákra illetve azok közötti pályán vezetni a repülőgépet [8]. Repülés közben távirányítással videofelvételt készít a gép, miközben a repülési adatgyűjtővel rögzíti a repülés legfontosabb adatait, amelyek azután az órajel segítségével összerendelhetők az aktuális GPS koordinátákkal. A repülőgép hajtásához szükséges vonóerőt robbanómotor biztosítja, ennek összes előnyével és hátrányával. Az előnyök között felsorolhatjuk a jobb teljesítmény/tömeg arányt, a nagyobb üzemanyag-mennyiséggel elérhető nagyobb hatótávolságot. A robbanómotor hátránya a nehézkes földi indítás, illetve az, hogy a levegőben egyáltalán nem indítható újra. Ez a repülőgép vegyes irányítású, azaz felszálláskor az RC modellezésben használatos kisteljesítményű távirányítót használják, majd a

biztonságos magasságba érve átkapcsolnak GPS vezérlésre. A misszió elvégzése után ismét kézi irányításra térnek át a leszállás végrehajtásához. Így ez a gép kis hatósugáron belül teljeskörű felderítést tud végezni. A vegyes irányítás hátránya, hogy bármily kicsi is az RC irányításhoz használt rádióadó teljesítménye, az ellenség számára lehetővé teszi az adó helyzetének bemérését.



5. ábra: A ZMNE-n fejlesztett UAV [8]

A fenti képen a gép hátán látható piros doboz tartalmazza az elektronikai eszközöket. A gép mellett az indításhoz szükséges segéd-doboz látható, amelynek akkumulátorával forgatják meg az indítómotort, illetve erről táplálják az izzító gyertyát. Ugyanitt kapott helyet az üzemanyag-feltöltő szivattyú is.

3. A JÖVŐ TECHNOLÓGIÁJA A MINIATÜRIZÁLÁS

Bár a Casper 200/250 fejlesztői miniatúrnek nevezik saját gépüket az 1-2 méteres fesztávolság az adott tömeg mellett merevszárnyú repülőgépek esetén, nem tesz lehetővé olyan alacsony repülési sebességet, hogy a jelenleg rendelkezésre álló vezérlési technológiák alkalmazásával zárt térben is lehetséges legyen a felderítés. Ezt a célt csakis további méretcsökkentéssel lehet elérni. A témával foglalkozók között közismert az a tény, hogy nagyságrenddel bonyolultabb egy deciméteres, mint egy méteres fesztávolságú gépet irányítani. Az előbbieket ugyanis szokásos eszközökkel nem lehet úgy kiegyensúlyozni, hogy szabadon repülés közben megtartsák pályájukat, ezért szükséges, hogy állandóan vezessék őket. Ma már léteznek olyan deciméteres nagyságrendben mozgó fesztávolságú gépek, mint a WASP amelyet kaliforniai AeroVironment cégnél az U.S. Defense Advanced Research Projects Agency támogatásával fejlesztettek. A gép fesztávolsága 3.3 dm, felszálló-tömege 170 g, melyben benne van a lithium ion akkumulátor, az 50 g tömegű kamera és a GPS alapú vezérlő rendszer. A gépet kézből indítják. Evvel a géppel 2002-ben felállították a mikro repülő idõtartam világrekordját: 1 óra 47 perccel. A gép egyik alkalmazása ellenséges hajók felderítése olyan esetekben, amikor ez helikopterrel nem lehetséges. Joseph Roth kapitány, a Nimitz repülőgéphordozó csoport kommunikációs tisztje szerint evvel az eszközzel „emberéleteket lehet megkímélni, mivel a bonyolult helyzetekben történő beszálláskori balesetek elkerülhetővé válnak” [23].



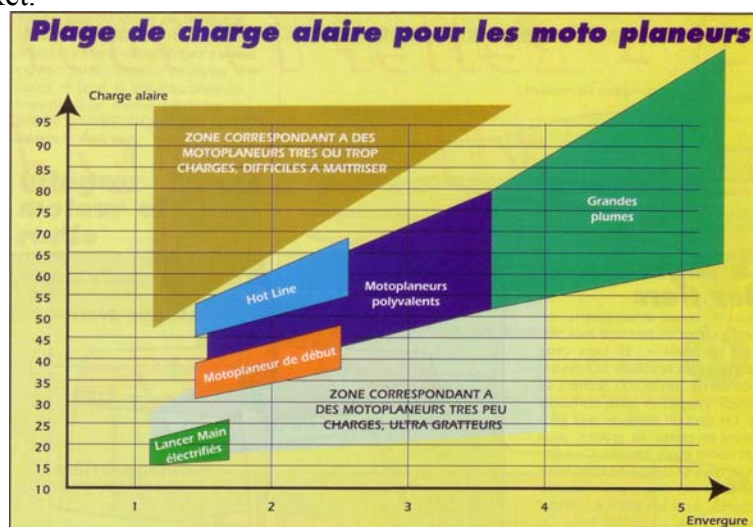
6. ábra: Miniatur csupaszárny repülőgép [23]

4. A REPÜLŐ ESZKÖZÖK CSOPORTOSÍTÁSA

4.1 REPÜLŐTULAJDONSÁGOK SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

4.1.1 Felületi terhelés

A repülőgépek felületi terhelése alatt az össztömeg és a hordfelület hányadosát értjük. A kis felületi terhelésű gépek általában kis sebességűek, bármekkora is össztömegük, ennek következtében tehetetlenségük, együtt mozognak a környező levegővel, azaz a szél jelentősen befolyásolja mozgásukat. Ugyanakkor hajtásukhoz viszonylag kisebb mechanikai teljesítmény elegendő. A nagy felületi terhelésű gépek nagyobb sebességgel repülnek, nagyobb mozgási energiát képviselnek, így pályájukról a szél nehezebben téríti le őket. A nagyobb sebesség eléréséhez azonban nagyobb mechanikai teljesítmény szükséges, tehát nagyobb motorra van szükség. Az alábbi diagramon bemutatjuk azokat a felületi terheléseket, amelyek a megfelelő szárny fesztávolságokkal együtt lefedik a mini és mikro UAV-éknél fellelhető értékeket.



7. ábra: Segédmotoros vitorlázógépek felületi terhelése és fesztávolsága [6]

Az alábbi táblázatban összehasonlítottuk a különféle fejlesztésű mikro és mini UAV-k felületi terhelését. Az összehasonlítás kedvéért megjegyezzük, hogy a Predator MQ1 felületi terhelése 450 g/dm², míg az U2-é 2000 g/dm².

GDF	Wasp	Casper	ZMNE
30 g/dm ²	50	55	80

4.1.2 Hatótávolság

Ha csakis földi RC irányítással rendelkezik a mini vagy mikro UAV, akkor a hatótávolságot minden esetben a jó láthatás korlátozza, ezért az mindig kisebb 1 km-nél. Ugyanebben a kategóriában ha a szerkezet rendelkezik GPS irányítással és a készülék visszatérésére is számítunk a hatótávolság 1-10 km-en belül van. GPS irányítású rendszereknél, a hatótávolságot elvben csakis a fedélzeten magával szállított energiaforrás kapacitása korlátozza, Tehát ha egy ma elérhető csúcsmínőségű Lithium Polimer akkumulátort veszünk figyelembe, és nem számítunk a készülék földi bázisra való visszatérésére, hanem veszni hagyjuk azt, akkor akár 80-100 km is lehet a hatótávolság. Robbanómotoros gépeknél ez 120-150 km is lehet.

A ma hadrendbe állított nagyteljesítményű UAV-k, jelesül a Predator MQ1 (40 millió US \$) és a Global Hawk költségei olyan magasak, hogy a sikeres visszatérést feltétlen be kell tervezni. A visszatéréssel együtt számított hatótávolság 700-1000 km között változik.

Összefoglalva:

- Földi RC irányítású mikro és mini UAV 1 km
- GPS vagy vegyes irányítású mini UAV 1-10 km
- Ugyanaz visszatérés nélkül 80-100 km
- Predator, Global Hawk 700-1000 km

4.1.3 Autonómia

Autonómia alatt a külső segítség nélkül levegőben töltött időt értjük órákban kifejezve. A mikro és mini UAV-k esetében ez 1 óra körül változik. Ebben a tekintetben a robbanómotoros és az elektromotoros gépek között nincsen jelentős különbség, hiszen a robbanómotoros gép sem képes ennyi időnél többhöz üzemanyagot szállítani. Hatótávolsága azért nagyobb mégis, mert a sebessége nagyobb.

A nagyteljesítményű UAV-k autonómia tekintetében is inkább a nagygépekre hasonlítanak. Így megfelelő cél felszereltség esetén nem ritkán 5-10 órás autonómiával rendelkezhetnek.

4.2 IRÁNYÍTÁSI RENDSZER SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

4.2.1 Tiszta földi irányítás

A csakis földről irányított rádióval (Ground Remote Control) UAV-k, irányítása nem különbözik a mai repülőmodellek irányításától, azaz egy modell repülőgépet vezetni tudó személy egy rendszerint 35-40 MHz tartományban működő rádió-távírányító rendszerrel a földről figyelve irányítja a repülőgépet. Ennek a rendszernek a rövid hatótávolság mellett az a hátránya, hogy a „vezetni tudás” nagyon speciális képzettséget jelent, ilyen személyi háttér megteremtése gondot jelenthet. Ilyen tisztán földi irányítást alkalmaznak a GDF fejlesztésű UAV esetében.

4.2.2 Tiszta GPS irányítás

Ebben az esetben a repülőgép irányítását teljes mértékben a GPS rendszer végzi, a repülés szempontjából kritikusnak számító felszállási és leszállási szakasz során az irányítást másképp oldják meg, mint ahogyan azt a Casper 200/250 esetében láttuk. A harctéri üzemeltető személyzet részéről ez a megoldás igényli a legkevésbé speciális felkészültséget,

így kis hatósugáron belül ezzel a megoldással lehet legegyszerűbben tájékozódni a környék adatairól.

4.2.3 Földi irányítás vegyesen GPS irányítással

A ZMNE fejlesztésű UAV esetében ilyen vegyes irányítást alkalmaznak, azaz a felszállás és leszállás során a földi rádióirányítást használják, míg a pályarepülést GPS irányítással végzik. Ezt a rendszert elsősorban azért alkalmazzák, mert a saját fejlesztésű GPS irányító rendszer tesztelése így a legegyszerűbb.

A nagyteljesítményű UAV-k esetében is ez az irányítás a jellemző. A Predator esetében a gépet a fedélzetről közvetített képi és egyéb adatok alapján biztonságos távközlési vonalon egy pilóta vezeti a földről, akinek a munkáját két érzékelő tiszt segíti, akik a környezetből gyűjtik a különféle adatokat. Valójában az „embernélküli” kifejezés csakis a repülőgép fedélzetére vonatkozik, de egyáltalán nem állja meg a helyét a teljes rendszerre vonatkozóan, hiszen egy Predator egység 55 személyből áll.

5. „ELDOBHATÓ” UAV FEJLESZTÉSE A GDF-EN

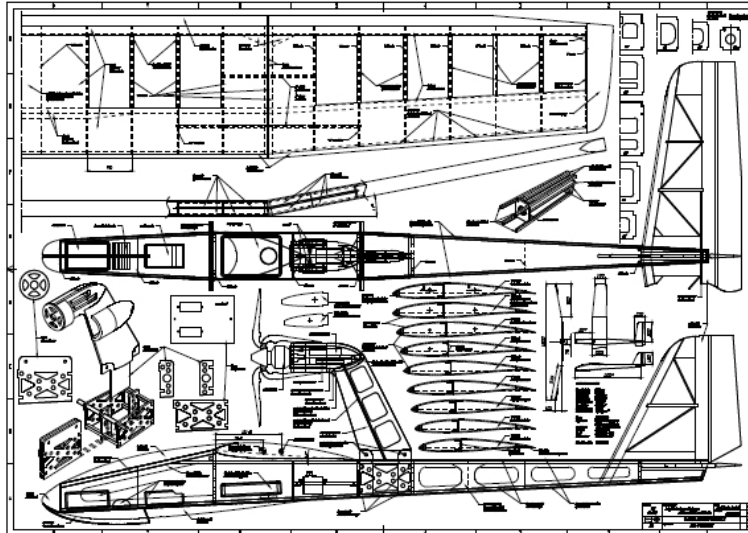
Az előzőekből láthattuk, hogy a távolból adatokat szolgáltató repülő eszközök ára között nagyságrendi különbségek lehetnek. A szerzők a GDF-en arra vállalkoztak, hogy bebizonyítsák, hogy korlátozott erőforrásokkal is képesek olyan mini UAV-t létrehozni, amely egykilométeres hatósugáron belül képes képeket szolgáltatni a környezetről. Az „eldobható” kifejezés a címben kettős jelentéssel bír: egyrészt arra utal, hogy ennek a gépnek a költségei jelentősen alacsonyabbak mint más mini és mikro gépeké, másrészt arra, hogy a repülőgép indítása ténylegesen kézből eldobva történik.

5.1 REPÜLŐTULAJDONSÁGOK ELŐZETES MEGHATÁROZÁSA

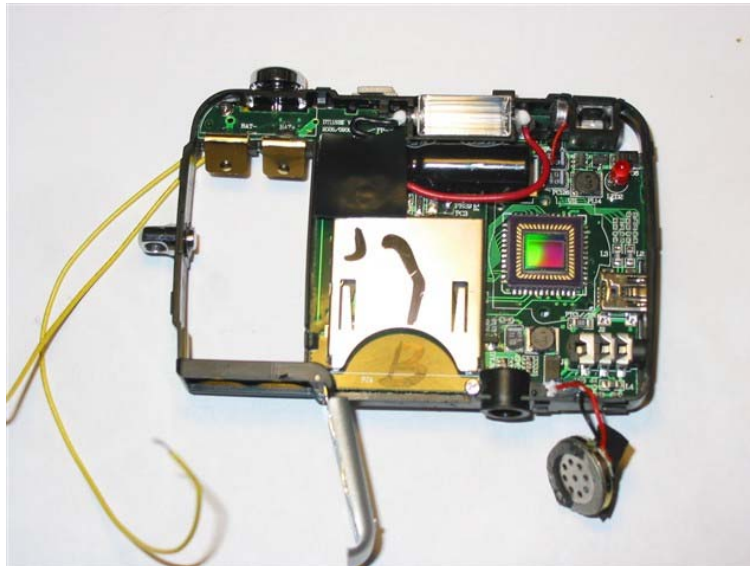
A kiindulási pont az volt, hogy egy maximum 200 gramm tömegű kamerát kell tudni hordoznia a gépnek, amit rádió segítségével a távolból lehet irányítani. A kamera lefelé és előre is irányítható legyen. Ebből az következik, hogy a repülőgép orrába nem tehetjük a motort, azért, hogy a légsavár ne zavarhassa a képet. Így a motor a szárny fölött elhelyezett konzolra került. A fenti hasznos terhelés előzetes tapasztalataink alapján könnyen szállítható egy 25-35 g/dm² felületi terhelésű segédmotoros vitorlázógéppel. Egy általunk ismert és kereskedelmi forgalomban kapható repülőmodell (Easy Star) adatait figyelembe véve, áramlástan és szilárdságtani számítások elvégzésével meghatároztuk repülőgépünk főbb adatait (profil, fesztáv, törzshossz, szárnyfelület, csillapító felület, előzetes tömeg, súlypont, stb.). A számításokhoz részben az interneten megvásárolható programot, részben saját fejlesztésű programot használtunk.

5.2 ÉPÍTÉSI TECHNOLÓGIA

Az így kapott alapadatokat segítségével elkészítettük a repülőgép szerkezetének 3D modelljét a CADKEY-98 műszaki modellező és tervező szoftver segítségével. A 3D modell alapján részben automatikusan (de nagyon sok kézi munkával) elkészítettük a repülőgép 1:1 léptékű 2D építési rajzát. Az ilyen rajz alkalmas arra, hogy egy hasonló szaktudással és tapasztalattal rendelkező személy elkészítse a repülőgépet úgy, hogy az egyes alkatrészek rajzait sablonnak is használva kivágja az alkatrészeket és összeszerelje azokat. Maga az építés a repülőmodellezésben alkalmazott szokásos technológia szerint történt. A repülőgép jellemzően fenyő és balsafából épült. A felületek borításához hőre zsugorodó műanyag fóliát használtunk. Elkészítettük a kapcsolóáramkört a fényképezőgép távirányításához, illetve a digitális fényképezőgépet átalakítottuk a kapcsolójel fogadásához. A beépített egyéb elektronikai eszközök a modellezésben szokásosan használt eszközök voltak.



8. ábra: A CADKEY-98 segítségével készített 3D modellen alapuló 2D építési rajz



9. ábra: A digitális fényképezőgép átalakítása

5.3 REPÜLÉSI TESZTEK

A repülési tesztekre 2006 áprilisában került sor. A repülőgép az előre tervezetteknek megfelelően viselkedett, csak minimális finom hangolásra volt szükség. Ez a repülőgép bonyolult időjárási viszonyok között nem vezethető, azonban a célnak megfelelő stabilitással repül 20 km/h szélsébségig (maximum 5 km/h lökésekkel). A kamera távirányítása kielégítően működött. Az alábbi felvétel kb. 100 méter magasságból készült.



10. ábra: Légifelvétel

6. KÖVETKEZTETÉSEK

- Az elvégzendő feladat specifikálásától függően az UAV-k beruházási és üzemeltetési költségei között több nagyságrendi különbség tapasztalható.
- 1 kilométeres hatósugáron belül működő, videofelvételt készíteni tudó UAV-t, modellező technológiával is elő lehet állítani.
- Az UAV-k szerteágazó világában a csoportosítást a repülőtulajdonságok, illetve az irányítási rendszerek szerint érdemes elvégezni.

7. IRODALOM

- [1] Csanádi, Nagyvárad, Winkler: A magyar repülés története. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [2] Heinz Schmidt: Flugzeuge aus aller Welt, Transpress Veb Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1973.
- [3] Horváth Árpád: A hadirepülés évszázada. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1968.
- [4] Danielle Costelle: Histoire de l'Aviation. Librairie Larousse, Paris, 1978.
- [5] P. Eden, S. Moeng: Katonai repülőgépek szerkezete. Alexandra kiadó, Pécs 2004.
- [6] D. Cervera, J.L. Coussot: Dessin Toi un Avion. Fly International. No. 25, 1997. 04. pp 27-44.
- [7] Bognár Géza.: Mechanikai elemek kiváltása informatikai eszközökkel a repüléstechnikában. INFORMATIKA, Budapest, 2005. 8 évf. 1. szám, pp 37-43.
- [8] Molnár András: A polgári és katonai robotjárművek fejlesztésében alkalmazott új eljárások és technikai megoldások. Ph.D értekezés, ZMNE, Budapest, 2006.
- [9] Reé István: Légifotózásra alkalmas pilótánélküli repülőgép tervezése és építése 3D modellező szoftver segítségével. Diplomamunka 1475/2005, Gábor Dénes Főiskola, Budapest, 2006.
- [10] Microsoft Encarta 2005.
- [11] La guerre de Crimée: <http://www.cosmovisions.com/ChronoGuerreCrimee.htm>

- [12] Intelligence services: http://www.sras.org/popup_program.phtml?m=107
- [13] Le courrier de Balkan: http://balkans.courriers.info/voirsujet.php3?id_forum=94774
- [14] Wikipedia: http://fr.wikipedia.org/wiki/Cerf_volant#Historique
- [15] Defense Update: <http://www.defense-update.com/products/c/casper200.htm>
- [16] Spies that Fly: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs.html>
- [17] Aerial Photography: <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=339816&highlight=boxer>
- [18] RC-CAM: <http://www.rc-cam.com/index.htm>
- [19] Légifotó Magyarországon: <http://www.egikamera.hu/>
- [20] RAF Museum: <http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/Museums/V1.jpg>
- [21] Cseh katonai honlap: http://www.military.cz/usa/air/in_service/aircraft/u2/u2b.jpg
- [22] Orosz repüléstudományi honlap: http://www.aeronautics.ru/img/img006/predator_armed_01.jpg
- [23] NBC News Science: <http://www.msnbc.msn.com/id/7408216>
- [24] Air Force Link: <http://www.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=122>