

Árvai László

laszlo.arvai@gmail.com

HELYBŐL FELSZÁLLÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP KONSTRUKCIÓK ÉS JELLEGZETES MEGVALÓSÍTÁSAIK

Absztrakt

Napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazunk vezető nélküli repülő eszközöket. Hasonlóan a pilóta vezette repülőgépekhez, a legelterjedtebbek a hagyományos, merevszárnyas konstrukciók. Azonban nagyon sok függőleges le- és felszállásra képes eszköz áll fejlesztés alatt és feltehetőleg hamarosan számos ilyen eszköz fog rendszerbe állni. Amíg pilóta vezette helyből felszálló járműveknél csak néhány letisztult konstrukció élte meg a sorozatgyártást, addig a pilóta nélküli repülőeszközök esetén számos új vagy már-már elfeledett felépítés jelenik meg, hiszen a kisebb méret és a pilóta hiánya nagyobb szabadságot ad a konstruktőröknek. Ezért működésük megértése érdekében, illetve a könnyebb áttekinthetőség érdekében célszerű osztályozni őket. Egy ilyen lehetséges osztályozást mutat be ez a cikk.

This paper describes a new classification of Vertical Take-Off and Landing (VTOL) capable Unmanned Aerial Vehicles (UAV). The classification makes easier understanding their working principle and gives clearer overview of the idea behind their construction. Similar to the manned aircraft the most common is the fixed wing construction but recently several VTOL solution appeared. Opposing the manned VTOL vehicles where only few constructions survived one can see variety of new idea, principles and construction of the VTOL UAVs. The unmanned vehicle's smaller size, higher power to weight ratio gives the engineers higher flexibility and freedom, so it is very likely that we will see several interesting vertical takeoff and landing capable unmanned aerial vehicle construction in the near future.

Kulcsszavak: *helyből felszálló, pilóta nélküli repülő eszköz, repülőeszközök osztályozása ~ VTOL, UAV, UAV classification, typical construction*

BEVEZETÉS

Az irodalmat forgatva számos osztályozási szempontot figyelhetünk meg a pilóta nélküli repülő eszközökkel kapcsolatban. Osztályozhatjuk őket méret, felhasználás, a felhasznált hajtómű [1], egyes paramétereik [2] (maximális sebesség, szolgálati csúcsmagasság, hatósugár, repülési idő, stb.) és számos egyéb paraméter alapján.

Kevés azonban az olyan jellegű osztályozás, ahol kifejezetten a helyből fel- és leszállásra képes eszközöket rendszerezik az alapján, hogy milyen módon oldották meg a tervezők a helyből felszállást. Pedig egy ilyen összehasonlító elemzés igen hasznos lehet az egyes konstrukciók képességeinek, előnyeinek-hátrányainak megismerésében vagy a lehetséges felhasználási területek kiválasztásában.

A KONSTRUKCIÓK OSZTÁLYOZÁSA

Ha a függőlegesen fel- és leszállni képes vezető nélküli (UAV¹) repülőeszközöket szeretnénk konstrukciójuk alapján osztályozni, akkor is számos irányba lehet elindulni. Lehet például az egyes repülési módokban (vízszintes repülés, függeszkedés) használt hajtómű alapján, ahogy ez megtalálható pilóta vezette VTOL² repülőgépek esetére például [3] dokumentumban. Egy ilyen osztályozásban azonban túlságosan közel kerülnek egymáshoz olyan megoldások, amelyek egyébként jelentősen eltérnek.

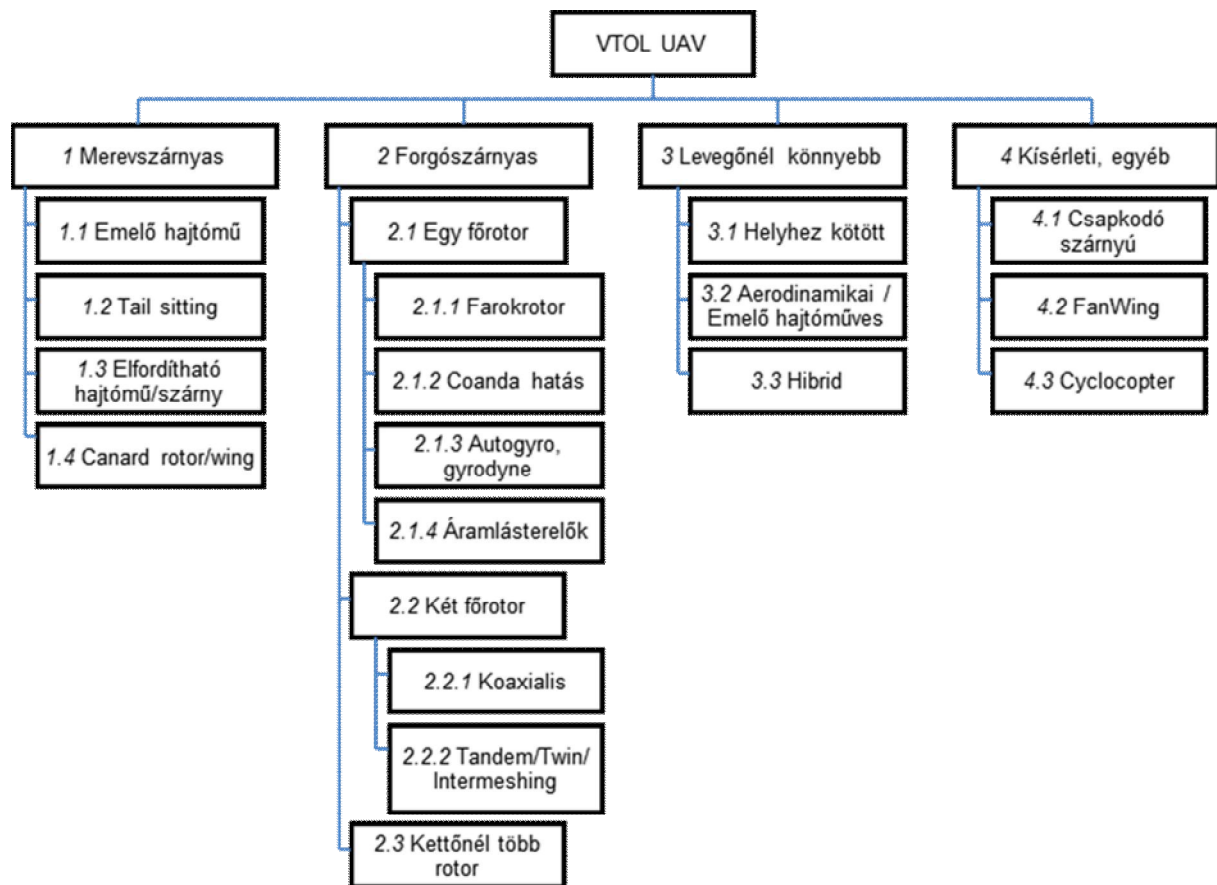
Például nagyon sok eszköz ugyanazt a hajtóművet használja függeszkedésre és vízszintes repülésre, elég ha csak a pilóta vezette eszközök közül például egy helikopterre, Harrier-re vagy egy Osprey-re gondolunk.

Azért, hogy ezek a merőben más konstrukciós megoldások valóban elkülönüljenek a jelen cikk egy új osztályozási szempontrendszer ismertet. Ennek a rendszernek az első szempontja az, hogy vízszintes repüléskor milyen szerkezet felelős a felhajtóerő előállításáért. Ez alapján négy fő kategória határozható meg:

1. Merevszárnyas: A „merevszárny” ebben az esetben azt jelenti, hogy vízszintes repüléskor - amikor a szárnyak termelik a felhajtóerőt - a repülőgép tengelyeihez képest a szárnyak helyzete nem változik. Egyéb repülési helyzetben viszont előfordulhat a szárny helyzetének a megváltoztatása. Mivel a merevszárnyas konstrukció önmagában általában nem alkalmas a helyből felszállásra, ezért az alosztályok az alapján lettek meghatározva, hogy milyen kiegészítéssel sikerült a függőleges fel- és leszállás képességét elérni.
2. Forgószárnyas: Ha forgószárny felelős a vízszintes repüléskor a felhajtóerőért, akkor szinte minden esetben ez felelős függeszkedéskor is a felhajtóerőért. Ezért ebben az osztályban az alosztályok az alapján lettek meghatározva, hogy milyen megoldás került alkalmazásra a forgószárny nyomatékának kiegyensúlyozására.
3. Levegőnél könnyebb: Ebbe az osztályba gyakorlatilag a léghajók tartoznak, ahol a felhajtóerő előállításáért valamilyen levegőnél könnyebb gáz a felelős. Ez esetben az alosztályok az alapján lettek felállítva, hogy a felhajtóerő nagyságát milyen megoldással lehet változtatni.
4. Kísérleti, egyéb: Ez az osztály jellemzően olyan megoldásokat tartalmaz, amelyek nem terjedtek el szélesebb körben, még akkor sem, ha egy-egy műhely már dolgozik konkrét megvalósításon, de tényleges (nem laboratóriumi) alkalmazhatóságuk egyelőre még nem bizonyított.

¹ Unmanned Aerial Vehicles, Vezető nélküli repülőeszköz

² VTOL: Vertical Take-Off and Landing, Függőlegesen fel- és leszálló



1. ábra. Helyből felszálló pilóta nélküli repülőgépek osztályozása

NÉHÁNY JELLEMZŐ MEGVALÓSÍTÁS

Merevszárnyas megvalósítások

Noha a merevszárnyas felépítés csak valamilyen egyéb kiegészítő megoldással alkalmas a helyből felszállásra, mégis bizonyos előnyeik miatt nagy valószínűséggel jelentős szerepük lesz a helyből felszálló vezetők nélküli eszközök piacán.

Ilyen előnyök például a nagyobb végsebesség, szolgálati csúcsmagasság és hatótávolság. Szemben a pilóta vezette repülő eszközökkel, ahol csak néhány letisztult konstrukció maradt „életben”, vezető nélküli esetben nagyon sok új vagy „újra elővett” megoldással találkozhatunk. Ezeket az alapján csoportosíthatjuk, hogy függőleges fel- és leszálláskor milyen módon állítják elő a felhajtóerőt.



2. ábra Merevszárnyas UAV típusok
Balról jobbra: Excalibur³, T-Wing⁴, EagleEye⁵,

Emelő hajtómű

Talán a legkézenfekvőbb megoldás az emelőhajtómű alkalmazása. Tisztán ilyen megoldással azonban ritkán találkozunk, mert a csak emelésre beépített hajtóművek vízszintes repüléskor holt terhet jelentenek, így a csökkentett hasznos teherrel kell „fizetni” a függőleges felszállás képességéért. Ezért inkább elterjedtebbek azok a megoldások ahol függeszkedésnél is a főhajtómű termeli a felhajtóerő jelentős részét (pl. elfordítható hajtómű vagy sugárfordító) és kisebb emelőhajtóművek kerülnek alkalmazásra egyrészt a főhajtómű emelőerejének kiegészítésére, illetve a kormányzás-aktív stabilitás megvalósítására. Tovább optimalizálandó a kiegészítő hajtóművek súlyát például az „Aurora Flight Sciences Corporation” által kifejlesztett „Excalibur” [4] eszközben a főhajtómű által termelt villamos energia hajtja a kiegészítő hajtóműveket, így egyfajta hibrid hajtást tudtak megvalósítani (2. ábra, bal oldali kép)

Tail sitting

Az egyik legegyszerűbb megoldás a merevszárnyas konstrukciók helyből felszállásra alkalmassá tételére a „tail sitting”, hiszen ez nem jár nagyon jelentős konstrukciós változtatással egy hagyományos merevszárnyas felépítéshez képest. Hátránya azonban, hogy a repülőgép törzsének orientációja nem azonos a vízszintes repüléskor, illetve függeszkedéskor ezért a szenzorok elhelyezése problémát okozhat. Egy „T-Wing” nevű kísérleti megoldást ismertet az [5] irodalom, illetve a prototípus fényképe látható 2. ábra középső képén.

Elfordítható hajtómű/szárny

Hasonlóan a pilóta vezette repülő eszközökhöz az elfordítható hajtómű (akár a szárnyal együtt) még a viszonylagos bonyolultságával együtt is ígéretes megoldásnak bizonyul. Hiszen ez az elrendezés viszonylag optimális repülési tulajdonságot (sebesség, csúcsmagasság, hatótávolság) kölcsönöz a repülő eszköznek. A „Bell” cég „Eagle Eye” [6] konstrukciója látható 2. ábra jobboldali képén.

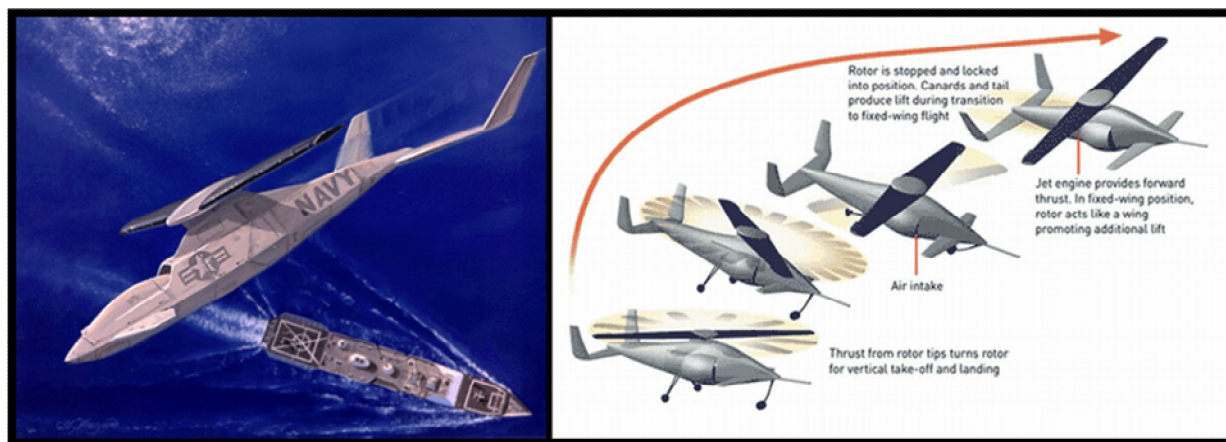
³ http://htka.hu/wp-content/uploads/2009/07/Excalibur-Armed-UAV_large.jpg

⁴ http://sydney.edu.au/engineering/aeromech/uav/twing/pics/vtol1_v1_web.jpg

⁵ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/VUAV_Eagle_Eye.jpg/800px-VUAV_Eagle_Eye.jpg

Canard rotor/wing

Viszonylag új megoldás a szárny és a forgó rotor funkcióinak összevonásából előálló felhajtóerő termelő szerkezet. Függeszkedéskor a szárnyak rotorként funkcionálnak, hajtásukról a szárnyvégeken kiáramló gázsugár gondoskodik, így nem keletkezik kompenzálandó nyomaték. Vízszintes repüléskor a „szárnyak” rögzítve vannak, és hagyományos módon termelnek felhajtóerőt. Az átmeneti állapotban a többi szárnyfelület (vízszintes vezérsík és „canard” állítja elő a felhajtóerőt). Egy ilyen megoldást találhat meg [7] irodalomban és egy elképzelt megvalósítás rajzát mutatja be a 3. ábra.



3. ábra. Canard rotor/wing UAV⁶

Forgószárnyas megvalósítások

Klasszikusan helyből felszálló konstrukció a legtöbb fogószárnyas repülő eszköz. Azonban míg a pilóta vezette repülő eszközöknél leginkább az egy- vagy kétrotoros konstrukciók terjedtek el, vezetől nélküli változatban többféle megoldás is fejlesztés alatt áll. Mivel a forgószárnyas elrendezés biztosítja a helyből felszállás képességét ezért az alosztályok kialakítása az alapján történt, hogy milyen megoldást alkalmaztak a tervezők a forgó rotor nyomatékának kiküszöbölésére.

⁶ <http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/05/31/094300.html>



4. ábra Egy főrotoros UAV típusok
Balról jobbra: Fire Scout⁷, GFS Project⁸, T-Hawk⁹,

Farokrotor

A klasszikus helikopter elrendezés (főrotor-farokrotor) igen elterjedt a vezető nélküli konstrukciókban is, hiszen rengeteg konstrukciós-üzemeltetési tapasztalat gyűlt már össze a pilóta vezette repülőeszközök kapcsán. Jelentős hátrányuk azonban, hogy a forgó lapátok kisméretű (alacsony) eszköz esetén nehezen helyezhetők el úgy, hogy ne jelentsenek veszélyt a kezelőkre. Ennek ellenére biztos, hogy jelentős szegmensét fogják adni a helyből felszálló vezető nélküli eszközöknek. Egy jellemző példa gyanánt a „Northrop Grumman” cég „Fire Scout” [8] egysége látható a 4. ábra bal oldali képen.

Coanda-hatás

Sokszor alkalmazzák csőventillátorok estén azt a megoldást, hogy az áramlás egy része a burkolaton kívül halad, és a burkolat megfelelő kiképzése esetén plusz felhajtóerőt termel. Ebbe az áramlásba terelőlapokat helyezve a nyomaték is kompenzálható. Ilyen elrendezésű a GFS Project [9] melynek fotója 4. ábra középső képen látható.

Autogyro/gyrodyne

Vezetőnélküli repülőeszközöknél még nem terjedtek ugyan el, de érdemes megemlíteni a nem hajtott forgószárnyas repülőeszközöket (autogyro) is. Előnyük az egyszerűségük, mivel a rotor nem hajtott, nincs szükség egyéb szerkezeti elemre a nyomaték kiegyenlítése végett. Hátrányuk, hogy kiegészítés nélkül csak STOL¹⁰ felszállásra alkalmasak bár lehetőség van a földön álló helyzetben felpörgetni a rotort majd a hajtást lekapcsolva csak a rotorokban tárolt energia segítségével felszállni.

A „gyrodyne” a hajtott forgó rotor mellett rendelkezik valamilyen vonóerőt előállító hajtóművel is, és mivel ezek oldalt szimmetrikusan vannak elhelyezve, egyben képesek a nyomaték kompenzálására is.

Mivel jelentős kutatások nem folynak egyik eszköz alkalmazhatóságával kapcsolatban sem ezért gyors elterjedésük nem várható.

⁷ <http://www.flightglobal.com/assets/getAsset.aspx?ItemID=28548>

⁸ <http://www.laesiworks.com/ifo/lib/GFS-pict/GFS-projects-03-LR.jpg>

⁹ <http://defense-update.com/images/ducted-fan-mav.jpg>

¹⁰ STOL: Short Take-off and Landing: Rövid fel- és leszállási úthossz

Áramlásterelők

Kisebb méretben megvalósítható és egyszerűbb megoldás egy forgó rotor (vagy általában csőventillátor) légáramába helyezett terelőlapokkal kompenzálni a rotor nyomatékát. Ez egyben a vektoros kormányzást is lehetővé teszi. További előnye, hogy csőventillátor alkalmazása esetén a forgó rész az operátor számára nehezen elérhető helyre építhető be, így egy meglehetősen biztonságos konstrukciót kapunk. Ilyen megoldást mutat be a Honeywell cég „RQ-16 T-Hawk”-néven [10] melynek fényképe 4. ábra jobb oldalán látható.

Két főrotor (koaxiális)

Pilóta vezette helikopterek esetén és eléggé elterjedt megoldás a koaxiális rotorok alkalmazása. Előnyük, hogy a nyomatékkompenzálás nem emészt fel külön energiát, hiszen például egy farokrotoros elrendezésnél elég jelentős energiát „fogyaszt” el a farokrotor a nélkül, hogy a helikopter emelésében vagy hajtásában részt venne.

Természetesen ezen megoldás egyik hátránya a viszonylagos bonyolultsága, de tekintve, hogy itt is jelentős tapasztalat halmozódott fel a pilóta vezette járművek tervezésekor és üzemeltetésekor, egész biztosan számítani lehet az elterjedésükre.



5. ábra. Két főrotoros UAV típusok
Balról jobbra: KOAX X-240¹¹, Sikorsky Cypher¹²

Az 5. ábra két különböző konstrukciót mutat be a koaxiális rotoros elrendezésre. A bal oldali képen a Swiss UAV AG [11] hagyományos rotoros megoldása látható, míg a jobb oldali képen Sikorsky Cypher [12] megoldása látható, mely egy csőben elhelyezett koaxiális rotoros elrendezés. Ez utóbbi előnye a biztonságosabb felépítés: a gyorsan forgó alkatrészek a kezelők számára nehezen elérhető helyen vannak.

Kettőnél több rotor

Nagyon népszerű a kettőnél több rotor alkalmazása, mivel ilyen esetekben a rotornak sem ciklikus, sem kollektív állásszög állíthatósággal nem kell rendelkeznie. A kormányzás az egyes motorok fordulatszámának változtatásával megoldható. Ez mind mechanikailag, mind elektronikailag az egyik legegyszerűbb VTOL UAV konstrukció. Hátránya azonban nagy

¹¹ <http://thecoolgadgets.com/wp-content/uploads/2010/09/KOAX-X-240-unmanned-mini-helicopter-swiss-uav-side-view-493x314.jpg>

¹² http://www.vectorsite.net/avplatfm_05.jpg

energiafelhasználás, a komolyabb hatótávolság és hosszú repülési idő egyelőre nem látszik elérhetőnek.



6. ábra. Több főrotoros UAV típusok
Balról jobbra: CyberQuad¹³, Hexacopter¹⁴

Bár a rotorok száma tulajdonképpen tetszőleges lehet, mégis a nyomatékkompenzáció miatt célszerű páros számú (páronként ellentétes irányba forgó) rotort alkalmazni. Ezért a legegyszerűbb elrendezés a négy rotoros, vagy másnéven Quadrotor [13] amely a 6. ábra bal oldalán látható.

A rotorok számát növelve a könnyen növelhető a hasznos terhelhetőség mértéke. Egy hat rotoros Hexacopter [14] elrendezés látható 6. ábra jobb oldali képén.

Levegőnél könnyebb megoldások

Talán a legegyszerűbb és legősimb helyből felszálló konstrukciók a levegőnél könnyebb eszközök. Vezetőnélküli változatban leginkább a levegőnél könnyebb gázzal töltött megoldás terjedt el csekély energiafogyasztása miatt. Óriási előnyük a jelentős repülési idő (napok-hetek) és az egyszerű és megbízható felépítés.

Ezen eszközök csoportját is tovább osztályozhatjuk az alapján, hogy a magasságváltoztatást milyen módon valósítják meg.



7. ábra. Levegőnél könnyebb UAV típusok
Balról jobbra: SkyStar 300¹⁵, Polar 400¹⁶, LEMV¹⁷

¹³ http://www.robotspodcast.com/podcast/uploaded_images/robotspodcast-cyberquad-quadrotor-uav.jpg

¹⁴ <http://www.mohacks.com/wp-content/uploads/2010/02/Flight-hexacopter-468x225.jpg>

Helyhez kötött

A kategórián belül is a legegyszerűbb konstrukció a helyhez kötött (vagy kipányvázott) levegőnél könnyebb repülő eszköz (aerostat). Mivel lényeges helyváltoztatásra nem képes ezért felhasználhatósága korlátozott, leginkább objektum és határvédelemben vagy átjátszóállomásként használható. Jelentős előnye viszont az egyszerűsége és a szinte korlátlan repülési ideje. Ilyen megoldás például az „Aeronautics” cég „Skystar” rendszere [15], illetve ez látható 7. ábra első képén.

Aerodinamikai/Emelő hajtóműves

Ezen kategóriába tartozó eszközök már képesek a helyváltoztatásra, rendelkeznek a vízszintes repüléshez szükséges hajtóművekkel. A felhajtóerőt továbbra is a levegőnél könnyebb gáz biztosítja lehetőség van azonban arra, hogy a hajtóművek „rásegítsenek” a felhajtóerő előállítására. A hajtóművek esetenként vektoros tolóerővel rendelkeznek így a felhajtóerő előállítása mellett a vektoros kormányzás is megvalósítható. Egy ilyen konstrukció a „Blackwater” cég Polar 400-as léghajója [16] és 7. ábra középső kép.

Bizonyos esetekben a léghajó valójában nem „levegőnél könnyebb”, a felhajtóerő némileg a súlyerő alatt marad, ezért a folyamatos repülés csak működő hajtóművekkel lehetséges.

Hibrid

Valójában ezek az eszközök nem „levegőnél könnyebb” kialakításúak, de tekintve, hogy a felhajtóerő nagyobb részét a levegőnél könnyebb gáz állítja elő, mégis inkább léghajónak számítanak. A hiányzó felhajtóerőt általában maga a léghajó burkolata állítja elő (emelőtest) vagy esetleg emelőhajtóművekkel biztosítják. A „Northrop Grumman” által megvalósított [17] „LEMV” nevű emelőtest alapú megvalósítást láthatjuk a 7. ábra jobb oldalán.

Kísérleti és egyéb típusok

Ebbe a kategóriába számos eszköz sorolható. Sok olyan koncepció, ami pilóta vezette kategóriában (és méretben) nehezen megvalósítható, az kisebb méretben életképes lehet. Terjedelmi okokból csak három altípus kerül megemlítésre, annak ellenére, hogy ebben a kategóriában már most is jelentős számú elgondolás, prototípus létezik vagy fog megjelenni a közeli jövőben.

¹⁵ http://www.aeronautics-sys.com/_uploads/extraimg/Skystar300a.JPG

¹⁶ http://4.bp.blogspot.com/_5seys6Shk6Y/SISGQPhIL_I/AAAAAAAAAPl/Ye8r-DpC1G8/s1600/Blackwater%2BPolar%2B400%2BAirship.JPG

¹⁷ http://www.as.northropgrumman.com/products/lemv/assets/lgm_LEMV1.jpg



8. ábra. Kísérleti UAV típusok
Balról jobbra: DelFly Micro¹⁸, FanWing¹⁹, Cyclocopter²⁰

Csapkodó szárnyú

Az egyik, talán legígéretesebb kísérleti konstrukció a csapkodó szárnyú megoldás. A természetben már bizonyította életképességét és könnyen lehet, hogy elsősorban a nagyon kis méretű (nano-UAV) konstrukciókban a legelterjedtebb megoldás lesz. Az egyik kísérleti megvalósítás a mindössze 3g tömegű „DelFly micro” [18] és 8. ábra első kép

Fanwing

Szintén ígéretes megoldásnak tűnik a „Fanwing” koncepció is. Segítségével ideális áramlási viszonyokat lehet teremteni a szárny körül a repülési sebességtől függetlenül, illetve ugyan azzal a szerkezettel előállítható a vízszintes repüléshez szükséges vonóerő is.

A FanWing Ltd. prototípusai már bizonyították működőképességüket [19] és a cég tovább dolgozik rendszerbe állítható típusok kifejlesztésén (8. ábra, középső kép).

Cyclocopter

Igen érdekes forgószárnyas konstrukció a „cyclocopter” melynek az egyik fő előnye, hogy a forgószárnyakon ébredő erő iránya és nagysága (a szárny tengelyére merőleges síkban) szinte korlátozás nélkül állítható. Így a felhajtóerő, a tolóerő és a vektoros kormányzáshoz szükséges erők egyetlen szerkezettel előállíthatók.

Elterjedését nehezítheti, hogy a nagyméretű forgó lapátmozgás biztonságos elhelyezése egyelőre még nem megoldott. Néhány kísérleti típus azonban már létezik, egy lehetséges megoldást ismertet a [20] irodalom, illetve egy ilyen látható a 8. ábra utolsó képén.

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásként megállapítható, hogy a vezető nélküli helyből felszálló eszközök konstrukciós palettája sokkal színesebb, mint a pilóta vezette hasonló eszközöké. Ennek egyik oka, hogy a kisebb méret, tömeg illetve a pilóta hiánya sokkal nagyobb szabadságot ad a tervezőknek, sok olyan konstrukció áll fejlesztés alatt és akár tűnik ígéretesnek, melyek ember vezette esetekben bonyolultságuk vagy áruk miatt már régen „félre lettek téve”.

Ez a rövid áttekintés és osztályozás segítséget nyújthat eligazodni a helyből felszállásra képes vezető nélküli repülőeszközök világában.

¹⁸ <http://www.delfly.nl/media/frontpage/Home%20DelFly%20micro/240.JPG>

¹⁹ <http://www.fanwing.com/Ground%20201024.jpg>

²⁰ http://cyclocopter.snu.ac.kr/image/uav1_1.jpg

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] P. Spanoudakis, "Market Overview of the Vertical Take-Off and Landing Vehicles." (Letöltve: 2010. november 10.)
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.4850&rep=rep1&type=pdf>.
- [2] Dr. Maziar Arjomandi, "CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES" (Letöltve: 2010. november 10.)
<http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/~marjom01/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2006/group9.pdf>.
- [3] Hirschberg Michael J., V/STOL. *Vertical and/or Short Take-Off and Landing*. (Letöltve: 2010. november 9.) <http://www.vstol.org>.
- [4] Aurora Flight Sciences Corporation, Excalibur. *Aurora*. (Letöltve: 2010. november 5.) <http://www.aurora.aero/TacticalSystems/Excalibur.aspx>.
- [5] Stone Hugh, T-Wing Aircraft Homepage (Letöltve: 2010. november 5.)
<http://sydney.edu.au/engineering/aeromech/uav/twing/>.
- [6] Bell Helicopter, Bell Eagle Eye UAS (Letöltve: 2010. november 5.)
<http://www.bellhelicopter.textron.com/en/aircraft/military/bellEagleEye.cfm>.
- [7] Lopez Ramon, X-50 DRAGONFLY POISED FOR TAKEOFF, *Aerospace America Online* (Letöltve: 2010. november 10.)
<http://www.aiaa.org/aerospace/Article.cfm?issuetocid=199&ArchiveIssueID=25>.
- [8] Northrop Grumman, MQ-8B Fire Scout. (Letöltve: 2010. november 5.)
http://www.as.northropgrumman.com/products/mq8bfirescout_navy/index.html.
- [9] Hatton Geoff, *GFS Projects*, (Letöltve: 2010. november 5.)
http://en.wikipedia.org/wiki/GFS_Projects.
- [10] Crane David, Backpackable UAV for Tactical Reconnaissance & Surveillance, *Defense Review*. (Letöltve: 2010. november 5.) <http://www.defensereview.com/micro-air-vehicle-backpackable-uav-for-tactical-reconnaissance-surveillance/>.
- [11] Swiss UAV AG., "KOAX-X240" (Letöltve: 2010. november 5.) http://www.swiss-uav.com/Swiss_UAV_Prod_KOAX_X240.pdf.
- [12] Wikipedia, Sikorsky Cypher (Letöltve: 2010. november 5.)
http://en.wikipedia.org/wiki/Sikorsky_Cypher.
- [13] Wikipedia, Quadrotor (Letöltve: 2010. november 15.)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Quadrotor>.
- [14] Buss Holger, HexaKopter (Letöltve: 2010. november 8.)
<http://www.mikrokopter.de/ucwiki/en/HexaKopter>.
- [15] Aeronautics, Aeronautics Defense System (Letöltve: 2012. november 13.)
<http://www.aeronautics-sys.com/>.
- [16] Colucci Frank, "Enduring Oversight", *Avionics Magazine*, USA, 2009. March, old.: 34-35. ISSN-1085-9284.
- [17] Northrop Grumman, Long Endurance Multi-Intelligence Vehicle (Letöltve: 2010. november 10.) <http://www.as.northropgrumman.com/products/lemv/index.html>.

- [18] Roos Wouter, *DelFly* (Letöltve: 2010. november 13.)
<http://www.delfly.nl/?site=DIII&menu=home&lang=en>.
- [19] FanWing inc., *FanWing* (Letöltve: 2010. november 12.) <http://www.fanwing.com/>.
- [20] Chul Yong Yun, "American Helicopter Society 60th Annual Forum." *A New VTOL UAV Cyclocopter with Cycloidal Blades System*. (Letöltve: 2010. november 10.)
http://aeroguy.snu.ac.kr/cyclocopter/paper/AHS_forum60.pdf.