

Komlósi István¹

MULTI-ROTOROS LÉGI JÁRMŰVEK ALKALMAZÁSA KATONAI ÉS NEM KATONAI FELADATOKBAN²

A katonai és civil szektorokban mind nagyobb és nagyobb igény mutatkozik robotokkal történő alkalmazásokra. A multi-rotoros légi járművek ezen robotok olyan csoportját alkotják, melyek kis méretükből és súlyukból adódó hordozhatóságuk, valamint extrém mobilitásuk révén univerzálisan használhatók megfigyelési feladatokban a katasztrófavédelem, nemzetbiztonság, környezetvédelem területeken, valamint számos egyéb lehetőség kínálkozik számukra tudományos missziók végrehajtásában, valamint kommunikációs és média szolgáltatások támogatására. A katonai alkalmazások között számos megfigyelési és kommunikációs feladatot el tudnak látni, elfogási és túszermentő akciókban való részvételük szintén lehetséges. A tanulmány célja beszámolni az ember nélküli multi-rotoros légi járművek jelen katonai és nem katonai alkalmazásairól, valamint felmérni a jövőben relevánsnak ígérkező alkalmazási lehetőségeket.

THE APPLICATION OF MULTI-ROTOR UAVS IN MILITARY AND CIVILLIAN MISSIONS

A significant increase in the need for the use of mobile robots in various military and civilian applications has been shown in the recent years. A group of the most widely used robots are the multi-rotor air vehicles. Based on their extreme mobility and portability which is due to their relatively small size and weight these devices can fundamentally support aerial surveillance applications in the fields of disaster prevention, environmental protection, homeland security and also they form an excellent basis for communication and media applications. In the military area all surveillance and mapping functions can be generally carried out by such devices and also their use in anti terrorist actions can be regarded. This paper aims at giving a general overview on the most current applications of multi-rotor air vehicles while an attempt is made to get an insight to some future applications that could have high relevance.

BEVEZETÉS

Az autonóm robotok az alkalmazások széles spektrumában foglalnak helyet, mely az ezen területen végbement ugrásszerű fejlődésnek köszönhető. A katonai és civil szektorok nemcsak befogadjává váltak a robotokkal támogatott alkalmazásoknak, hanem bizonyos veszélyesnek minősülő feladatok elvégzésében konkrét igények mutatkoznak robotok használatára. Ezen a téren a hadászat, a katasztrófavédelem, és az antiterrorista akciók robotikai alkalmazásai úttörőnek minősülnek. Az autonóm járművek a velük szemben támasztott szigorú elvárásoknak és követelményeknek esetenként extrém környezetben kell eleget tenniük (pl. katasztrófavédelmi alkalmazásokban), korszerű szenzoraiuknak és irányító rendszerüknek köszönhetően ezen járművek képesek önállóan, emberi beavatkozás nélkül véghezvinni komplett missziókat ilyen feltételek mellett is.

Az autonóm légi járművek (Unmanned Aerial Vehicle, a továbbiakban UAV) között egyre nagyobb figyelem irányul a multi-rotoros helikopterek felé. Alkalmazhatóságuk sokféleségének

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, komlosisti@gmail.com

² Lektorálta: Dr. Békési Bertold okl. mk. alez; egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszék, bekesi.bertold@uni-nke.hu

hátterében jórészt kis méretükből adódó hordozhatóságuk, valamint extrém mobilitásuk és manőverezhetőségük áll. Merev szárnyas társaikkal szemben előnyként mutatkozik meg azon képességük, hogy képesek sokáig egy pozícióban stabilan megmaradni, valamint képesek gyorsan és dinamikusan áthaladni két pozíció között minimális hosszúságú trajektórián, mely a helikopterek nemlineáris modellek szabadságfokainak viszonylag nagy számából következik.

A tanulmány célja általános áttekintést adni a multi-rotoros UAV-k, köztük különös tekintettel a quadrotor UAV-kra, melyek ezen csoport legismertebb képviselői, jelenlegi alkalmazásairól és várható jövőbeli alkalmazási lehetőségeiről katonai és nem katonai területeken. A közlemény felépítése a következő: a következő részben rövid ismertetem a gyakorlatban használt főbb UAV típusokat, röviden számot adva azok fejlődési háttéréről különös tekintettel a multi-rotoros UAV-kra, majd a jelen katonai és nem katonai alkalmazások elemzése következik. Ezek után az UAV rendszerek előnyeinek, illetve hátrányainak tárgyalása következik alternatíváikkal szemben, végül néhány valószínű jövőbeli alkalmazást említek. A munkát összegzés zárja.

FŐBB UAV TÍPUSOK ÉS FEJLŐDÉSI HÁTTERÜK

A jelen UAV alkalmazások többségére jellemző, hogy magán a járművön csak a lokális irányításhoz szükséges rendszer, illetve a kommunikációs rendszer található meg. Az UAV egy nagyobb irányítási rendszer (ún. Unmanned Aerial System, a továbbiakban UAS) részét képezi, melynek része maga az irányított jármű, az irányító rendszer, mely általában egy földi állomás, valamint a kettő között kapcsolatot biztosító kommunikációs hálózat. Célszerű ezen rendszert egységes egységként kezelni, mivel minden rendszerelem kritikus fontosságú a missziók végrehajtásában. A továbbiakban ezen a koncepciót követve, az UAV-t az UAS rendszer részeként, azzal együtt tárgyalom.

Az ember nélküli légi járművek négy nagy csoportba sorolhatók repülési magasság, repülési idő, repülési távolság, teherbírás, valamint a függőleges felszállás és leszállás képessége alapján. Ezek alapján a főbb UAV típusok rendre a következők: a micro, illetve mini UAV típusokra az alacsony repülési magasság, mely maximuma általában 300 méter [1], rövid repülési idő (maximum két óra) és kis teherbírás (maximum 30 kg) jellemző. Ilyen kis teherbírású, kis repülési idejű UAV pl. az md4-200 helikopter, mely a MicroDrones vállalat terméke [2].



1. ábra A MicroDrones md4-1000 helikopter

Forrás: http://www.cbsnews.com/8301-205_162-57575637/will-tv-news-helicopters-be-replaced-by-drones/

A harcászati gyakorlatban egyre nagyobb szerepet vállaló közepes repülési magasságú (kb. 15 km) és hosszú repülési idejű (kb. 24–48 óra), viszont nagy teherbírású (kb. 7000 kg) UAV-k az afganisztáni háborúból jól ismert Predator és Reaper, valamint a Talarion és Altair robotrepülők [1]. A nagy repülési magasságú (20 km) és hosszú repülési idejű UAV-k csoportjába tartozik a Global Hawk, illetve az Euro Hawk, valamint az RQ-170 Sentinel kémrepülő, melyek jelenleg jórészt megfigyelési, illetve kommunikációs feladatokat látnak el.



2. ábra A Global Hawk

Forrás: <http://htka.hu/2010/07/06/tanker-global-hawk/>

A függőleges felszállás és leszállás képességével rendelkező UAV-k pl. a Nano Hummingbird, illetve az MQ-8 FireScout, melyek robothelikopterek. Az általunk tárgyalt multi-rotoros helikopterek is ebbe a csoportba tartoznak. A jelenleg elterjedt típusok három, négy vagy nyolc rotorttal rendelkeznek.

A multi-rotoros helikopterek fejlődésének hátterében nagyrészt a modern irányításelméletben végbement előrehaladás áll. A quadrotor helikopter univerzális eszköz a modern irányításelmélet algoritmusainak kipróbálására, így az irányítási kérdéseket illetően is bőséges szakirodalom áll rendelkezésre [3], [4], [5]. A multi-rotoros helikopterek esetén alkalmazott közkezdvelt és jó tulajdonságokat mutató irányítási séma például az ún. visszalépéses irányítás [6], továbbá a mozgó horizontú prediktív irányítás (RHC) [7]. Léteznek kevert megoldások is, a [8] irodalom például bemutat egy megoldást, ahol a rotációs mozgás szabályozása RHC elvű, míg a translációs mozgást a robosztus irányítások elvén működő H_∞ szabályzó felügyeli. Eredményes alkalmazások születtek neurális hálózatok segítségével a modellreferenciás adaptív irányítás különböző fajtái [9], valamint az adaptív fuzzy irányítások [10].

Az UAV-k és köztük a multi-rotoros UAV-k fejlődéstörténetéről átfogó képet ad [11]. Mint sok hasonló esetben, a katonai szektor mutatott először nagyobb érdeklődést ezen eszközök iránt, így az első komolyabb fejlesztések is harcászati jellegűek voltak. Az UAV-k rohamosabb fejlődése a hidegháború alatt indult útnak, melyhez abban az időben elsősorban a kémrepülések szolgáltattak lehetőséget, komolyabb harcászati jelentőségre pedig az első Öböl-háború és az

afganisztáni háború alatt tettek szert, ahol már bombázási és egyéb hasonló jellegű műveletek hajtottak végre, mely akciók jórészt a Predator repülőgép nevéhez fűződnek. Napjaink UAV fejlesztéseinek háttérben már erősen közrejátszanak a civil szektor igényei is. Mivel bizonyos típusok, mint pl. a Global Hawk, nagy repülési magasságot képesek elérni, és felszerelhetők komplex mérőrendszerekkel, alkalmasak atmoszferikus mérések elvégzésére, valamint képesek megfigyelni nagy magasságból a hurrikánok kialakulásának folyamatát, ezáltal valós alternatíváivá válnak pl. a meteorológiai műholdaknak. Bár a legnagyobb felvásárló még mindig a katonai szektor, a nem katonai alkalmazásokra is alavető igény mutatkozik. A következő részben ezt tárgyalom.



3. ábra A Talarion UAV

Forrás: <http://xairforces.net/newsd.asp?newsid=783&newst=4#.UXlqnqWVUxo>

NEM KATONAI ALKALMAZÁSOK

Napjainkban a civil szektor multi-rotoros helikopter alkalmazásainak bevezető fázisát éljük, a bennük rejlő potenciál még koránt sincs teljesen kiaknázva. A quadrotor helikopterek egyik legnagyobb előnye a folyamatos légi megfigyelés lehetőségében rejlik, a civil és katonai szférában jórészt ezen képességét kihasználva alkalmazhatóak. Noha az alkalmazási területek között nem húzóóv éles határ sem a katonai, sem a civil oldalról, a feladatok hat nagyobb csoportba oszthatók. A tágabb értelemben vett alkalmazási területek a környezetvédelmi feladatok, katasztrófavédelmi és katasztrófa megelőzési feladatok, kommunikációs és média alkalmazások, nemzetbiztonsági és rendvédelmi alkalmazások, kritikus infrastruktúrák védelméhez kapcsolódó feladatok, valamint tudományos missziók, melyekről átfogó képet ad [1]. A következőkben ezen területek mindegyikét röviden elemzem.

A katasztrófavédelem területén, a katasztrófa megelőzéséhez, annak szakszerű kezeléséhez, szignifikáns segítséget nyújt a légi megfigyelés. Várható vulkánkitörések előtt felderítő repülések elvégzése és a vulkán kráterében a gázok kémiai elemzése lehetőséget teremt egy esetleges lakossági evakuáció időbeni lefolytatására. Földrengések, földcsuszamlások illetve lavinák, szökőár és árvíz események bekövetkezése után, valamint pusztító erejű viharok és hurrikánok után a túlélők és eltűnt személyek keresése elsődleges feladat. A quadkopterek mobilitásuk révén gyorsan és

nagy területen derítik fel a katasztrófa sújtotta helyszínt, így a túlélők megtalálásának esélye nagymértékben növekszik [12]. Ipari katasztrófák, nukleáris balesetek esetén a helyszín felderítése, a kontamináció mértékének megállapítása, szerkezetileg meggyengült és omladozó épületekben biztonságosan elvégezhető ilyen robotok segítségével, továbbá tüzeseteknél a tüzeset közben és után a tűzszín felderítéséhez hathatós segítséget nyújtanak a tűzoltóknak. Sebesültek és fuldoklók keresésében itt is hatékonyan alkalmazhatóak robotok, továbbá erdőtüzek terjedési irányának megállapításában is eredményt mutattak fel. Tömegbalesetek esetén, legyen az közúti vagy vasúti baleset, esetleg légi katasztrófa, az áldozatok megtalálása a repülőgép vagy vasúti szerelvény roncsai között, szintén hatékonyan és biztonságosabban elvégezhető.



4. ábra Egy md4-200 helikopter egy tüzesetnél

Forrás: <http://www.microdrones.com/company/media-relations/microdrones-press-releases.php>

A környezetvédelmi alkalmazások határterületet jelentenek a katasztrófavédelmi területtel. Tankerbalesetek esetén a légi megfigyelés az olajkiömlés mértékének megállapításában nyújt segítséget, míg légköri mérések alapján más ipari baleseteknél a légkörbe került szennyező anyag mértéke állapítható meg különböző magasságokban. Emellett az élővilágra veszélyes illegális tevékenységek pl. orvhalászat és orvvadászat is könnyebben felderíthetők folyamatos légi megfigyelés révén.

A kritikus infrastruktúrák védelmében szintén hasznos segítséget nyújtanak a folyamatos légi megfigyelést biztosító UAV-k. Jórészt az olaj- és gázvezetékek ellen történő támadások figyelhetőek meg ezáltal, illetve erőművek, transzformátorállomások és az energiahálózat kritikus pontjai monitorozhatóak folyamatosan [13].



5. ábra Kritikus infrastruktúrák monitorozása UAV-k segítségével

Forrás: <http://www.microdrones.com/company/media-relations/microdrones-press-releases.php>

A nemzetbiztonsági és rendvédelmi szerveknél már használatban vannak quadrokopter UAV-k. Alkalmazhatóak illegális tevékenységek megfigyelésében, helyszínelésben, üldözési és elfogási akciókban. Emellett nagyobb tömegmegmozdulások pl. tüntetések esetén a tömeg folyamatosan figyelhető, a provokátorok és rendbontók azonosíthatóak, indokolt esetben antiterrorista intézkedések foganatosíthatóak. A határrendészetnek a határvédelemben és illegális határátlépők detektálásában, a parti őrségnek pedig az illegális kalóztevékenységek felderítésében, és ezáltal a tengeri szállítmányozás biztonságosabbá tételében nyújtanak hathatós segítséget. Emellett a közúti forgalom folyamatos monitorozásával előre jelezhetőek a közúti dugók illetve torlódások, mely a forgalomrendészet munkáját könnyíti meg.

A quadrotor UAV-k kommunikációs átjátszó állomásként, illetve reléként is működhetnek, (melyet a katonai szektor is kihasznál), továbbá komplex mérőrendszereket képesek magukkal vinni egyfajta minilabor formájában. Számtalan tudományos misszió kivitelezhető ezáltal olyan környezetben, mely emberre nézve veszélyes (pl. vulkánok krátere). A légi megfigyelés az archeológiában is segítséget nyújt, melyről a [14] irodalom számol be részletesebben.

A média alkalmazások számtalan lehetőséget nyújtanak a megfelelő kamerákkal felszerelt quadkopterek számára. A légi fotózás és videózás politikai események, karneválok, sport események rögzítése, a filmipar számára új dimenziókat nyit meg, ezeket itt bővebben nem tárgyaljuk. Az UAV-k nem katonai alkalmazásának kérdéskörével a [18] irodalom foglalkozik, bemutatva az UAV alkalmazók elvárásait, és a rendszerekkel szemben támasztott speciális követelményeket.

KATONAI ALKALMAZÁSOK

Az UAV-k fejlődésében nagyrészt a katonai szektor által mutatott érdeklődés játszott elsődleges szerepet. Napjaink katonai UAV-s alkalmazásai jórészt a merevszárnyas robotrepülőket részesíti előnyben (Predator, Global Hawk), így a multi-rotoros UAV-knak jórészt kommunikációs és felderítő szerep jut, ugyanakkor ezen két feladatkörben is jelentős potenciál rejlik.

Mivel ezek az UAV-k kb. 300 méteres repülési magasságot is elérnek pl. sívatagi terepen megkönnyítik a tájékozódást. Szűk völgyekben, illetve katlanokban szintén kihasználható ezen a képességük mind tájékozódási, mind kommunikációs célból, mivel az UAV a megfelelő felszereléssel működhet rádiós átjátszó állomásként a katona és egy műhold között. Ezen eszközökkel a rádiós katonának nem kell magaslati pozíciót elfoglalnia a jobb vétel érdekében, ugyanakkor mivel napjaink harcászati megfontolásaiban egyre markánsabb szerepet tölt be a digitális katona, illetve hibrid hadsereg koncepció, a közeljövőben valószínűleg evidencia lesz, hogy minden katona rendelkezzen egy ilyen hordozható eszközzel. Nem utolsó sorban említendő, hogy az UAV GPS szolgáltatásával elérhető a differenciális GPS funkció, mely pontosabb tájékozódást tesz lehetővé.



6. ábra A Predator UAV bevetés közben

Forrás: <http://dronewarsuk.files.wordpress.com/2010/06/predator-firing-missile4.jpg>

Városi harcok esetén a térképezés, megfigyelés, háromdimenziós térinformatikai funkciók említhetők. Az ellenséges egységek időbeni detektálása, az ellenséges erők mozgásának megfigyelése elsődleges feladat, erre bizonyos mini és micro UAV (ún. harctéri UAV) típusok kiválóan alkalmazhatóak [15].

A speciális egységek részére a terrorizmus elleni harcban szintén jelentős segítséget nyújthatnak ezen eszközök, mind célszemélyek megfigyelésben, illetve elfogásában, mind pedig túsmentő akciókban.

AZ ALKALMAZHATÓSÁG KÉRDÉSEI

Az UAV alkalmazások mára valós alternatívái váltak az emberes misszióknak, mégis a különböző szektorok eltérő fogadtatásban részesítik ezen eszközök térhódítását. A folyamatos légi megfigyelés főleg a civil szférában alapvető személyiségi és adatbiztonsági jogokkal kapcsolatos kérdéseket vet fel, és emiatt esetenként negatív fogadtatásban részesül, emellett a jelen regularizációk szerint ember nélküli légi járműveket nem engednek be nem szegregált légtérbe. Ezzel szemben a tűzoltóság és a katasztrófavédelem valós igényt mutat az UAV alkalmazások felé, ugyanez a helyzet a



határrendészet és a parti őrség esetében is, a kritikus infrastruktúrák védelmében pedig az antiterrorista akciókhoz elengedhetetlen támogatást nyújt a légi megfigyelés.

A multi-rotor UAV-k hátrányaként említhetjük viszonylag rövid repülési idejüket, továbbá kis teherbírásukat, valamint kis súlyuk miatt érzékenyek a széllekedésekre és a turbulenciára, mely esetleges baleset forrása is lehet. Elmondhatjuk, hogy bár az időjárás erős kihatással van a működésükre, a műholdas alkalmazásokkal összevetve a folyamatos megfigyelés és az azonnali adatelérés lehetősége nagy előnyökkel kecsegtet. Az UAV-k lehetséges katonai alkalmazásának körülményeit, és feltételeit Szabolcsi vizsgálta [16][17], és meghatározta a katonai alkalmazók által a rendszerrel szemben támasztott műszaki-, és egyéb minőségi követelményeket.

VÁRHATÓ JÖVŐBENI ALKALMAZÁSOK

Várhatóan a civil szektorban a katasztrófavédelmi és rendvédelmi szervek munkájának állandó részét képezik majd a multi-rotoros autonóm légi járművek, a katonai alkalmazásokban pedig várhatóan újabb és újabb lehetőségek nyílnak bevetésükre. Városi harcokban, a terrorizmus elleni harcban, felderítő akciókban egyre nagyobb szükség lesz ezen eszközökre. A napjainkban oly elterjedt digitális katona koncepcióhoz híven igazodik, hogy minden katona felszerelésének részét képezze egy ilyen eszköz. Az UAV, mint egy őrszem funkciót betöltve monitorozhatja a katonák állapotát, azokról információt küldhet a parancsnokság felé, így ez a funkció stratégiai jelentőségre tehet szert.

Felmerülnek olyan egészségügyi lehetőségek, mely egyrészt a mentőszolgálat munkáját segítheti pl. tömegbalesetknél a túlélők monitorozásával, illetve karantén alatt álló fertőzött területeken, amennyiben egy korszerű laborral szerelik fel a járművet, a fertőzés terjedésének mértéke illetve iránya különböző mérések alapján megállapítható.

ÖSSZEZGÉS

Összegzésként elmondható, hogy bár a multi-rotoros autonóm légi járművek bevezető fázisát éljük, térhódításuk mind a civil, mind a katonai szektorban szignifikáns. Alkalmazhatóságuk sokfélesége és univerzalitása miatt, valamint elérhető áruknál fogva a közeljövőben ezen eszközök várhatóan releváns szerephez jutnak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Therese SKRZYPIETZ: Unmanned Aircraft Systems for Civillian Missions. BIGS Policy Paper No. 1, pp. 1-28, February 2012, url: http://www.bigs-potsdam.org/images/Policy%20Paper/BIGS_PolicyPaper-No_1_Civil-Use-of-UAS_Druckversion_%20sec.pdf. (2012.11.27)
- [2] Microdrones: url: <http://www.microdrones.com/products/products.php>. (2012.11.27)
- [3] A. ISIDORI: Nonlinear Control Systems. Springer-Verlag, New York, third edition, 1995, ISBN 978-3-540-19916-8
- [4] LANTOS, B., & MÁRTON, L.: Nonlinear control of vehicles and robots. London: Springer, 2011, ISBN 978-1-84996-122-6
- [5] KIMON P. VALAVANIS: Advances in Unmanned Aerial Vehicles. State of the Art and the Road to Autonomy, London: Springer 2007, ISBN: 978-1-4020-6113-4



-
- [6] R. SKJETNE, T. I. FOSSEN, and P. KOKOTOVIC: "Robust output maneuvering for a class of nonlinear systems" *Automatica*, vol. 40, no. 3, pp. 373–383, 2004.
- [7] Yoshiaki Kuwata, "Trajectory Planning for Unmanned Vehicles using Robust Receding Horizon Control", PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, p. 233, Feb. 2006.
- [8] Guilherme V. RAFFO, Manuel G. ORTEGA, Francisco R. RUBIO: An integral predictive/nonlinear H_{∞} control structure for a quadrotor helicopter. *Automatica* 46(1): pp. 29-39, 2010.
- [9] T. DIERKS and S. JAGANNATHAN: "Output feedback control of a quadrotor UAV using neural networks", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 21, Issue 1, pp. 50-66, 2010, ISSN: 1045-9227
- [10] C. COZA and C.J.B. MACNAB: A new robust adaptive-fuzzy control method applied to quadrotor helicopter stabilization, in *Proc. North American Fuzzy Information Processing Society Conference*, Montreal, Canada, 2006, pp. 454–458. ISBN: 1-4244-0363-4
- [11] Thomas P. EHRHARD: *Air Force UAVs: The Secret History*. A Mitchell Institute Press. July 2010, 2. Accessed 27 November 2012. http://www.afa.org/mitchell/reports/MS_UAV_0710.pdf.
- [12] DOHERTY, P., RUDOL, P. 2007. A UAV Search and Rescue Scenario with Human Body Detection and Geolocalization. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4830, edited by M.A. Orgun and J. Thornton, pp. 1-13, New York: Springer
- [13] Frank RATHLEV, Benedikt MEYER, Sven JUERSS: Innovative technologies for aerial survey of gas pipes. *Gas for Energy, Magazine for smart gas technologies, Infrastructure and Utilization* Issue 1 / 2012, pp.64-68
- [14] SEITZ, C. and ALTENBACH, H.: Project Archeve – The Quadcopter as the Archaeologist's Eye, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XXXVIII-1/C22, doi:10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-297-2011, 2011, pp. 297-302
- [15] PRIOR, Stephen D. and SHEN, Siu-Tsen and KARAMANOGLU, Mehmet and ODEDRA, Sid and ERBIL, Mehmet Ali and BARLOW, Chris and LEWIS, Darren: The future of battlefield micro air vehicle systems. *International Conference on Manufacturing and Engineering Systems. Proceedings*, 2009, pp. 374-379, ISSN 2152-1522.
- [16] SZABOLCSI, R.: Conceptual Design of the Unmanned Aerial Vehicle Systems Used for Military Applications, *Scientific Bulletin of "Henri Coanda" Air Force Academy*, No. 1/2009., ISSN 2067-0850, pp(61-68), Brasov, Romania.
- [17] SZABOLCSI, R.: Some Thoughts on the Conceptual Design of the Unmanned Aerial Systems Used for Military Applications, XVI. Magyar Repüléstudományi Napok CD-ROM kiadványa, ISBN 978-963-420-857-0, pp (1-8), BME, 2008. november 13-14, Budapest.
- [18] SZABOLCSI, R.: Conceptual Design of the Unmanned Aerial Vehicle Systems for Non-Military Applications, *Proceedings of the 11th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification, and Anomalies, VSDIA 2008*, pp(637-644), ISBN 978-963-313-011-7, 10-12 November, 2008, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.