

Makkay Imre¹

ROBOTREPÜLŐGÉPES MADÁRRIASZTÓ RENDSZER²

A „Repülésbiztonság növelése - madárriasztás robotrepülőgépekkel” kutatási program egy adott repülőtérről forgalmához illeszkedő felderítő/riasztó rendszer kidolgozását tűzte ki célul. A robotok fejlődése már lehetővé teszi „madár-méretű” légi jármű megépítését, amely – megfelelő „ruházatban”, az adott környezet legdominánsabb ragadozója képében - a repülőgépek útból elriasztja a madarakat. A fenyegető viselkedésű madár-imitátorok az adott térben csak a szükséges ideig tevékenykednek – csökkentve a fölösleges zaklatás és a megszokás lehetőségét. Jelen írásmű az általános követelményeket, a rendszer felépítését és az alkalmazás lehetséges változatait ismerteti. Az egyes elemek részletes bemutatását a kutatási fázisnak megfelelő ütemezéssel tervezzük.

BIRD-SCARING UAV SYSTEM

The "Increase Aviation Safety - Bird-scaring Robot Aircraft" research program is aimed to development intelligence/warning system - adopted to actual airport traffic. The robots evolved to allow "bird-sized" aircraft construction, which is -appropriate "dress" the most dominant predator of the environment in the guise of - deterring birds from the path of airplanes. The bird imitators operate in space only as long as necessary - reducing unnecessary harassment and the possibility of habit. This paper works to the general requirements, system layout and describes the possible options for the application. The detailed description of each element in the research phase, we plan an appropriate schedule.

BEVEZETÉS

A repülőgéppel ütköző madarak olyan súlyos sérülést (hajtómű leállást, vezérsíkok működésképtelenségét, kabintető törést) okozhatnak, amely a további repülést megnehezíti, sőt akár a gép lezuhanásához is vezethet. Számos technikai megoldás, rendszabály született a repülőterek környezetének „madármentes” üzemeltetésére. Az élettér, fészkelő hely, táplálékszerzés lehetőségének csökkentése az egyik természetes megközelítés. A repülőterek környékén elhelyezkedő nagy vízfelületek, szemétteltelepek vonzzák a madárcsapatokat. A földi rágcsálók számának csökkentésével a ragadozó madarak és a guruló utakat veszélyeztető földi ragadozók megjelenését kívánják csökkenteni.

Egy korábbi tanulmányban már körvonalaztuk a „repülőtérről madárütközés-veszélyt csökkentő rendszer” főbb elemeit és a megoldáshoz vezető eljárásokat. [1] Az eltelt időben jelentős munka folyt a megvalósítás érdekében. Az egyetemi „Repülésbiztonság növelése - madárriasztás robotrepülőgépekkel” kutatási program ehhez további elméleti munkákkal és kísérleti minták elkészítésével járul hozzá. Az egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszékének oktatói és hallgatói a szerteágazó, egyenként is nagy szakmai hozzáértést követelő rendszer elemeinek kidolgozásában és a kísérletek végrehajtásában vesznek részt.

¹ ny. okl. mk. ezds. egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, makkay.imre@uni-nke.hu

² Lektorálta: Palik Mátyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, palik.matyas@uni-nke.hu

A kisméretű, korszerű robotrepülőgépek – a tanszéki kísérleti laboratórium eszközein folytatott vizsgálatok alapján – alkalmasak (fokozott biztonsági rendszabályok betartása mellett) a repülőterek szigorú feltételeinek megfelelő üzemeltetésre. Munkánk egyik fő területe éppen a fedélzeti redundáns elemek követelményrendszerének kidolgozása, amely az eredmények függvényében kerül további szakmai cikkekben publikálásra.

ÜTKÖZÉSVESZÉLY A FÖLDÖN ÉS A LEVEGŐBEN

Élőlények, amelyek veszélyt jelenthetnek egymásra

Az ütközésekért az első számú felelős természetesen az EMBER, aki fejébe vette, hogy – bár semmilyen szerve erre nem jogosítja – repülni próbál, mint a madár. Az első ütközést - amiről már kép is készült – egy sólyom bánta, de az óta számos repülőgép és emberélet is e nem kívánt találkozások listáján szerepel.



1. kép Madárütközés 1916-ban³

A repülőgépek a nekifutás-, vagy a leszállást követő, nagy sebességű gurulás közben találkozhatnak olyan nagytetű állatokkal – nyulak, kutyák, őzek, szarvasok (egzotikus tájakon még érdekesebb élőlényekkel, mint zsiráf vagy elefánt) amelyek a futóművet működésképtelenné teszik. A repülőtereket védő kerítések ugyan ezt hivatottak megakadályozni mégis – hazánk legnagyobb légikikötőjében is – előfordulnak kóborló állatok.

Ha a gép a földi élőlényektől megmenekült az első néhány-száz méteres magasság – fölfelé és lefelé is – a pilóták és a repülőgép konstruktőrök munkáját minősítő próbakő lehet, ugyanis itt találkozhatnak leggyakrabban azokkal a madarakkal, akik a szezonális vonulásuk, vagy a napi élelemszerzésük céljából szintén ebben a térben tartózkodnak. A helyzetet nehezíti, hogy a felszálló repülőgépeknek még – a leszállóknak már – nincs elég sebességük és magasságuk, hogy egy hirtelen hajtómű tolóerő csökkenést korrigáljanak.

³ <http://graphics8.nytimes.com/images/2009/01/20/nyregion/21bird.cityroom.480.jpg>

A 2009. január 9-i Hudson folyóra kényszerleszálló utasszállító repülőgép – a pilóta gyakorlottságán kívül - annak is köszönheti a megmenekülését, hogy viszonylag magasan (3200 lábon) következett be a teljes hajtóműleállítás, ami a még teli tankkal repülő géppel is hosszas (~2') „vitorlázást” tett lehetővé. A hajtómű nélküli leszálláshoz legalább 35000 láb magasságot ír elő az A320 szabályzata. Itt ennek a tizedére kellett „repülőtéri” helyzetet találni és a folyó – bár a víz a betonhoz hasonlóan „kemény” – a hosszú kilebegtetéshez és minimális sebességű leérkezéshez jó választásnak bizonyult. Chesley „Sully” Sullenberger jól ismerte a pilóták egyik legfontosabb arany szabályát: „-*felszálláskor mindig gondoldj arra is, hova fogsz leszállni... ha leáll a motor -*”.

A világon számos szervezet foglalkozik az ütközések okainak és elkerülés lehetőségeinek vizsgálatával. A repülőterekre kötelező megelőző rendszabályokat, felszereléseket és ügyeleti szolgálati egységeket írnak elő – mindemellett a baleseti statisztikák nem javulnak [2] és a rendszeresen nyilvánosságra hozott, kiértékelt események alapján is látszik, hogy a problémára sürgősen megoldást kell találni. A célhoz – elkerülni a nem kívánt találkozást – két út vezet, de nem azonosak a feltételek:

Kitér az ember

Az „okosabb enged” lehetne akár a megoldás, de ebben az esetben mindez nem csak rajtunk múlik. Ugyan mi rendelkezünk számos olyan információval, amivel a madarak nem – tudjuk mikor és merre szeretnének repülni, milyen magasan, milyen sebességgel és azt is látjuk – egyre jobb radarjaink segítségével – hogy a tervezett útvonalunkon találkozhatunk-e nagyobb madárcsoporttal. A madárvonulásokat az egész világon különös figyelemmel kísérik – a természetet minél érintetlenebbül hagyni vágyók [3] ugyanúgy, mint a legfejlettebb technikai eszközöket használó légi közlekedés irányítói és pilótái. Az utóbbiak „érdeklődése” arra irányul, hogy az adott évszak, adott napjának szakában milyen esélyük van a találkozás elkerülésére – ezért szorgalmasan tanulmányozzák a vonulások térbeli és időbeli szokásait. [4][5] A pillanatnyi időjárás is jelentősen befolyásolhatja a vonulás útvonalát és ütemét – emiatt a radarképekkel aktualizált madár-ütközés veszélyt folyamatosan közlik az éppen úton lévőkkel. [6] A légi járművek vezetőinek – még ha időben kaptak is információt az előttük haladó madárrajról – csak korlátozott mértékű (-magasságú, -bedöntésű, -sugarú) manőverre lehet módjuk, hogy az ütközést elkerüljék. Az általános szabály, hogy a repülőgép emelkedni könnyebben tud, mint egy madár, ezért az elkerülést ilyen irányba célszerű megkezdeni.

Térjen ki a madár!

Megpróbáljuk különféle jelzésekkel – fény, hang, mozgó sziluettek – elriasztani az utunkba kerülőket. A levegőben a repülőgépek többsége – a nagy sebességkülönbség miatt – már nem tudja jelezni, hogy „húzódj félre, mert különben pórul jársz”. A madarak kiválóan megbirkóznak a fajtársaik dimenziójába tartozó légi járművek elkerülésével (többen tanúi voltak már a termekben köröző golyák „kommunikáció-készségének” amikor utat engednek a jóval ügyetlenebb vitorlázó repülőgépnek), de az egyre nagyobb sebességű és (helyesen) csökkenő zajú gázturbinákkal hajtott repülő eszközökkel szemben már kevés az esélyük.

„Madármentes” repülőtéri környezet:

- A környezeti feltételek nem könnyen és nem minden esetben biztosíthatók maradéktalanul (pl.: vízparthoz-, agrár területekhez-, nyitott hulladéklerakókhoz közeli repülőterek esetén).

- A túlzott „sterilizálás” - élőhelyek, fészkelő helyek elpusztítása, táplálékforrások kiiktatása esetenként igen körülményes eljárásokat és más – az élővilág szempontjából kifogásolható – hátrányokat is okozhat. Ugyanígy heves ellenállásba ütközik a mezőgazdasági művelt területek korlátozása a repülőterek körül.
- A repülőterek megközelítési útvonalán – 13 km-re a küszöb előtt – már fokozott ütközési veszélyzóna kezdődik ezért a madárriasztást is legalább itt el kell kezdeni [7] és folytatni a repülőtér fölött a más irányú pályák hasonlóan kiterjesztett irányain. A Liszt Ferenc repülőtér környezetében (2. kép) ez egy olyan 600 m-es magasságú „doboz” jelent, ami a pályák fölött is legalább 300 m magas. Ilyen nagy teret folyamatosan „tisztán tartani” igen komoly feladat és a ráfordított energia hatékonysága is megkérdőjelezhető.



2. kép Példa a Liszt Ferenc repülőtér madár felderítési-riasztási útvonalaira⁴

A megoldást a „kölcsonös légtérhasználat” jelentheti: amikor szükséges, a madarak hagyják szabadon a kritikus légtérteret – erre a saját életösztönük parancsával „szólítjuk fel” Őket – majd az igény elmúltával adjuk vissza a számukra létfontosságú életteret. Ez ugyan nagy odafigyelést és kifinomult technikát igényel, de célravezetőbb, mint „lebetonozni” a levegőt (is).

A „doboz” forgalomhoz igazított, időszakos kiürítése a helyi madarak számára egy idő után „rutinná válik” és nem is veszik zaklatásnak. (Egy vidéki repülőtéren élő parlagi sas párról mesélték, hogy rendszeresen a pálya közepén telepedtek le és a beérkező gépeknek pár métert „félrelépve” adtak utat. Ők soha nem hibáztak – de a pilóták adrenalin szintje bizonyára megemelkedet...)

Minden repülőtér más-más környezeti sajátosságokkal működik, ami nem csak a repülési profil és forgalom terén nyilvánul meg. A város-közelbi madár populációk és a tágas vidéki mezők, erdők madarai eltérően viselik a repüléssel járó mozgásokat, zajokat.

⁴ GoogleEarth felhasználásával a szerző szerkesztése

A „helyi madarak” megtanulják a szabályokat, alkalmazkodnak a feltételekhez, míg a vándormadarak mindig új környezetben a „törvényeket” nem ismerve konfliktusokat okozhatnak. A madarak lelkét, szokásait és a természet működését mi is tiszteletben kívánjuk tartani – éppen ez a megoldás alapja – de mindannyiunk épsége érdekében, rövid időre ŐK TÉRJENEK KI!

A ROBOTREPÜLŐGÉPES MADÁRRIASZTÁS TAKTIKÁJA

Madarak és robotok

A repülőterek közelében élő madarak – ugyanúgy, mint az átvonulók – közös jellemzője a táplálékszerzés, szaporodás és túlélés ösztöneikbe írt parancsa. A természetes tápláléklánc adott szemében, a veleszületett kód alapján keresi az alatta-, és próbálja elkerülni a fölötte lévőket minden madár. Ez az életösztön, amely erősebb és maradandóbb, mint az esetleges váratlan fény, vagy zaj, amit elég hamar kitanulnak – látjuk a városi madarakat, hogyan közlekednek az emberek, járművek között.

Jól működik a közvetlen ragadozó megjelenése, azonnal reagálnak a prédamadarak (egyik sem akar az étlapra kerülni). A hatás lehet szétrebbentő, vagy éppen csoportba tömörítő – ez függ a préda és a ragadozó fajtájától is. A gyors röptűek elől csoportosan menekülnek, míg a lassabb, vitorlázó elől inkább csak elbújnak, elhúzódnak. A rajban minden madár arra számít, hogy az megvédi a támadótól ezért – mint az apró halak – együtt menekülnek. Az üldöző ragadozó madár akár terelni tudja a madártömeget.



3. kép A vándorsólyom elől a seregélyeknek csak a csoport nyújthat (számtani) esélyt⁵

Ez a terelő, eltávolító filozófia az alapja a robotrepülőgépes madárriasztásnak is. A robotrepülőgéppel – amely ma már megtévesztő hasonlósággal tud a ragadozó madarak helyébe lépni – pontosan az elvárt irányba lehet a védett térből a madarakat kiterelni. Ez a céltudatos „takarítás” a légtér egy adott időzésben nagymértékben biztonságosabbá tudja tenni. A nagy forgalmat lebonyolító repülőterek esetében ez különösen fontos képesség, hiszen a „söprésre” csak percek állnak rendelkezésre.

⁵ <http://www.arkive.org/peregrine-falcon/falco-peregrinus/image-G43178.html>

Az idomított ragadozó madarakkal folytatott kísérletek nagyon biztatóak – a hatást illetően – azonban az eredmény közel sem áll arányban a befektetett energiával. Az élő egyedek nem képesek irányított tereléseket percre pontosan előírt forgatókönyv szerint – mintegy 165 km³ bármelyik szögletében – elvégezni. A kísérletek vitathatatlan érdeme, hogy megmutattak egy módszert, amellyel a levegő lakóinak jelezni tudjuk, hogy szabad utat kérünk, most mi szeretnénk ott repülni.

A robotrepülőgépek „öltöztet” a Magyarországon legjellemzőbb ragadozó madaraktól lehet „kölcsonözni”: Vörös vércse/*Falco tinnunculus*; Darázsölyv/*Pernis apivorus*; Vörös kánya/*Milvus mivus*; Kerecsensólyom/*Falco cherrug*; Barna héja/*Circus aeruginosus*; Kígyászölyv/*Circastus gallicus*; Barna kánya/*Milvus migrans*; Kabasólyom/*Falco subbuteo*; Vándorsólyom/*Falco peregrinus*; Halászsas/*Pandion halisetus*; Réti sas/*Haliaeetus albicilla*; Törpe sas/*Hieraaetus pennatus*; Parlagi sas/*Aquila heliaca*; Békászó sas/*Aquila pomarina*; Héja/*Accipiter gentilis*; Karvaly/*Accipiter nisus*; Kis sólyom/*Falco Columbarius*; Kék vércse/*Falco vespertinus*; Szirti sas/*Falco chrysaetos*; Egerészölyv/*Buteo buteo*. A kellő hatás érdekében mindenképpen a helyi populációt, annak szokásait jól ismerő ornitológusok segítségét kell kérni. Így ötvöződik a biológia az elektronikával, gépészettel, aerodinamikával és próbáljuk tudásunk legjavával megtalálni a mindenki számára elfogadható megoldást.

Robotok és repülők

A ragadozó madár alakja és viselkedése szükséges, de még nem elégséges a sikerhez. A már jelzett nagy tér bármelyik pontjában tevékenykedni képes, nagy megbízhatóságú, légijármű minősítésű (de vezetőt a fedélzetén nem hordozó) repülő eszközökről van szó, amelyek mozgását adott esetben nagy forgalom mellett kell irányítani. A robotrepülőgépek – civil légtérben – csak elkülönítéssel repülhetnek. Ennek határait és időbeli korlátait nagyon szigorúan előírják. A repülőterek többszintű irányító szolgálatainak a CTR⁶-en belül minden légi jármű helyzetét, mozgását pontosan ismerni és követni kell. A légi forgalom tervezhető, de – különösen az érkező – ütemezése csak jelentős „rátartásokkal”. Ennek oka, hogy a járművek indulása sem mindig menetrendszerű és a fogadó repülőtér forgalma is könnyen okozhat sok-sok perces eltolódást.

A közforgalmi repülőterekre szabványos megközelítési eljárások vonatkoznak, melyeket az AIP⁷-ben teszik közzé [8]. Ezek mutatják a különböző irányú pályákon közlekedő repülőgépek előírt repülési profilját. A madárriasztási feladatokat, az aktuális forgalmat megelőző – lehető legközelebbi – időrésekben célszerű végrehajtani. Mivel az időrések az egymást követő fel és leszálló gépek közötti minimális távolság érdekében kerülnek kialakításra, a pontos kezdés és befejezés az adott pálya forgalmától függ.

A madárriasztást végző robotrepülők alapvetően előre koreografált „takarítási” profilt repülnek, de lehetnek különleges, „ad hoc” feladatok is, például kisebb csoportok, de akár egy-egy madár célirányos kiterelése, vagy a védett tér felé tartó madárvonulás irányának megváltoztatása. Azt is meg kell akadályozni, hogy a vonuló madarak a védett zónában válasszanak pihenő-, étkező helyet maguknak

A „rutin” feladatok megtervezéséhez a helyi madarak szokásait jól ismerő szakemberek véle-

⁶ CTR – Aerodrome Control Zone (repülőtéri irányítói körzet)

⁷ AIP – Aeronautical Information Publication (Légiforgalmi Tájékoztató Kiadvány)

ményét is ki kell kérni. A profilok változhatnak a napszaknak, évszaknak megfelelően. Az eredményeket folyamatosan naplózva ki lehet dolgozni a helyre és időszakokra legoptimálisabb eljárásokat. Az események rögzítésére, a hatékonyság ellenőrzésére érzékelő rendszer kiépítése szükséges. A kritikus pontokon telepített akusztikai, optikai-, infra-, mikrohullámú érzékelők és őrzővizsgálást végző légi hordozókon működő felderítő eszközök jelzik a madáraktivitást az irányító torony és a madárriasztó szolgálat számára.

Azt, hogy mikor és hol repülhet robotrepülőgép madárriasztási feladattal a CTR légtérben egyértelműen a forgalomért felelős repülésirányító szolgálat határozza meg. A madárriasztó alegység számára kiadja az adott feladatra (profil, térrész és időtartam) vonatkozó a repülési engedélyt és folyamatosan követi – kihelyezett indikátorokon – a robotrepülőgépek tevékenységét.

A robotrepülőgépek előkészítését és közvetlen irányítását az erre felkészített szakszolgálat hajtja végre. A szolgálat gyűjti, értékeli a felderítő szegmens által szolgáltatott adatokat és kidolgozza a következő riasztási feladatokra vonatkozó javaslatait.

A ROBOTREPÜLŐGÉPES MADÁRRIASZTÁS TECHNIKÁJA

Felderítő-, ellenőrző alrendszer



4. kép Az aktuális madárforgalom felderítése – még hagyományos eszközökkel⁸

A madárriasztás kevésbé látványos, de mégis legfontosabb része a madarak pillanatnyi helyzetének, mozgásának felmérése. A NOTAM⁹-ok általános – jórészt évszakra vonatkozó – madárinformációkkal szolgálnak. Az irányító torony legtöbbször a futópálya látható tartományáról tud vizuálisan pl.: távcsővel informálódni (4. kép).

⁸ <http://www.flickr.com/photos/jitze1942/3133822075/sizes/m/in/photostream/>

⁹ NOTAM - Notice To Airmen (Bármely légiforgalmi berendezés, szolgálat, eljárás létesítéséről, állapotáról, változásáról vagy veszély fennállásáról szóló értesítés, amelynek idejében való ismerete elengedhetetlenül szükséges a repülésben érdekelt személyzet részére. Az értesítés szétosztása távközlési eszközökkel történik.)

Azt, hogy mi történik a be és kivezető 10 -15 km-es irányon csak a speciális madár-érzékelő radarokkal [9][10][11][12] lehet látni.

Az egyetemi kutatási program egyik fontos eleme a madarak jelenlétét, mozgását érzékelő felderítő-, ellenőrző alrendszer elvi felépítésének kidolgozása és ezzel kapcsolatos - a koncepció igazolását szolgáló – kísérletek végrehajtása. A kutatások eredményeit szakmai fórumokon ismertetjük, szakcikkekben publikáljuk.

Madárriasztás végző alrendszer

A madár formáját és repülési képességeit utánozó, rádió távirányítású repülőmodellekkel már több sikeres kísérlet folyt – bizonyítva a stratégia életképességét – de nem haladta meg a kezelő által még követhető kb. másfél km-es hatótávolságot. [13][14] Amint azt korábban már jeleztük, a leszálló gépeknél az igazán kritikus szakasz úgy 13 km-re a küszöb előtt, a siklópálya 600 m alatti tartományában kezdődik - a felszállók ezt a magasságot jóval rövidebb távolságon elérik.

Az egyetemi kutatócsoport – együttműködve külső oktatási és fejlesztési szervezetekkel – a látótávolságon kívül repülő, fokozott megbízhatósági követelményeknek eleget tevő robotrepülőgép rendszertervén és kísérleti mintáján dolgozik. Az eddigi eredmények biztatóak, a szakmai munka a cikk írásának időpontjában is folytatódik.

Földi irányító alrendszer

Feladata a folyamatos kapcsolattartás az ATC¹⁰-vel, és annak igénye szerint a felderítő és a riasztó alrendszerek működtetése (a bevetési profilok megtervezése, beprogramozása, az indítás és visszaérkezés biztosítása, az adatok kiértékelése és továbbítása). A technikai felszereltségnek biztosítania kell az irányító alrendszer folyamatos üzemét, a szünetmentes villamos áramellátást, a tartalékok aktivizálhatóságát.

Az irányító személyzet szakszolgálati jogosítással kell, hogy rendelkezzen. Ennek követelményeit – harmonizáltan a jelenlegi és bevezetésre tervezett hatósági előírásokkal – szakértők bevonásával végzett kutatómunkával kívánjuk kidolgozni. A földi irányító alrendszerre vonatkozó műszaki és személyi követelmények – az egyetemi kutatócsoport közreműködésével – a munka haladásának ütemében kerülnek publikálásra.

ZÁRÓ GONDOLATOK

A „robotrepülőgépes madárriasztó rendszer” az eddigi eljárásoknál hatékonyabb, biztonságosabb és eredményét tekintve gazdaságosabb megoldást kínál a világszerte jelentkező repülőgép-madár ütközések számának csökkentésére. A növekvő légi forgalom és a sikeres természetvédelmi rendszabályok eredményeként megsokasodott madárpopulációk meg kell, hogy férjenek egymással közös légtérben úgy, hogy az a lehető legkevesebb fájdalommal járjon minden résztvevő számára.

A kutatási program célja a legkorszerűbb elektronikai eszközök, robotok alkalmazásával elérni, hogy a természetes nyelven közölt – HELYET KÉRÜNK – eljusson a címzettekhez úgy,

¹⁰ ATC – Air Traffic Control (Légiforgalmi irányítás)

hogy közben sem életük, sem testi épségük nem kerül veszélybe.

Az írásmű célja a figyelemfelkeltés és tájékoztatás – nem titkolva, hogy számítunk a kutatási program iránt érdeklődők, abban részt venni kívánók jelentkezésére.



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 Légitűeszközök alkalmazásának Légitűeszköz-
biztonsági aspektusai**

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Makkay_I-Pokoradi_L-Vanya_L.pdf
- [2] <http://wildlife-mitigation.tc.faa.gov/wildlife/gallery.aspx#0>
- [3] <http://www.partnersinflight.org/>
- [4] <http://www.usahas.com/bam/>
- [5] <https://www.notams.faa.gov/common/birdtam.html>
- [6] <http://www.detect-inc.com/merlin.html>
- [7] <http://fera.defra.gov.uk/wildlife/birdManagement/offAirfieldMonitoring.cfm>
- [8] http://ais.hungarocontrol.hu/eaip_hungary_2012-04-05/
- [9] <http://www.detect-inc.com/merlin.html>
- [10] <http://www.vogelradar.nl/>
- [11] <http://fera.defra.gov.uk/wildlife/birdManagement/birdRadar.cfm>
- [12] <http://www.accipiterradar.com/page/bird-strike-prevention>
- [13] <http://www.birdraptor.com/>
- [14] <http://www.greenx.nl/home.html>