

Makkay Imre

ÜTKÖZÉSEK ELKERÜLÉSE A KISGÉPES ÉS A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLÉSBEN

A légiközlekedésben a „Látni és látszani” – a résztvevők azonosítása, helyzete, mozgási iránya, sebessége – a legfontosabb információ, amely a zavartalan forgalomirányítást biztosítja. A primer és szekunder radarok mellett a nemzetközi légiforgalomban már rendszeresített ADS-B és az egyre növekvő számú FLARM és OGN-TRACKER berendezések jelenthetik a kisgépes és pilóta nélküli repülések számára a műszaki megoldást egymás észlelésére és az ütközések elkerülésére. Jelen írásműben – az általános ismertetésen túl – a technikai lehetőségekről, azok hazai továbbfejlesztéséről is szót ejtünk.

Kulcsszavak: látni és látszani, ütközés elkerülés, kisgépes/pilóta nélküli repülés, ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER

BEVEZETÉS

Míg az utak, folyók behatárolják a rajtuk közlekedők helyzetét, a légtér közel „végtelen” szabadságot jelent a repülő eszközök számára. Ez egyben meg is nehezíti a légi járművek vezetőinek és a légifogalom irányítóinak helyzetét, hiszen az előírt útvonal, a „kötött pálya” csak a modern navigációs műszerekkel tartható – néhány tíz-száz méter – pontosan. Az utas és teherszállító légi járatok ezeket a virtuális országutakat használják a nagy távolságok megtételekor. A kisebb méretű, rövidebb hatótávolságú repülőgépek is repülhetnek a műszeres repülés szabályai szerint (IFR – Instrument Flight Rule) – ez komoly fedélzeti elektronikai eszközöket és felkészült pilótákat igényel, de így a földi irányítás számára csak az útvonalon repülő légi járművek forgalmának „rendőrlámpa” szerű szabályozása a feladat.

A nagyobb kihívást a látva repülés szabályai (VFR – Visual Flight Rule) alapján közlekedők jelentik, amelyek fedélzetén a mágneses iránytű, barometrikus magasság és légsebesség mérőn kívül egy 1:500 000 léptékű légiforgalmi térkép, valamint egy (perc pontosságú) óra a minimális navigációs felszerelés. A levegő-levegő, illetve levegő-föld rádióösszeköttetést a „repülősáv” (118,000–136,975 MHz frekvenciatartományban 25 kHz-es, vagy 8,33 kHz-es csatornaosztású) készülékekkel lehet biztosítani.

Az útvonalválasztás a légi jármű vezetőjének a lehetősége/felelőssége és a többiekétől való biztonságos távolság megtartása is feltételezi a LÁTÁS-t – azaz egymás észlelését. Ennek sikere nagymértékben függ a felderítendő objektum méretétől, színétől, távolságától, illetve mozgási irányától és sebességétől. Az utóbbi jelentős lehet – a merevszárnyú repülőgépek a levegőben maradás érdekében az „átesési sebességet” meghaladó sebességgel kell, hogy repüljenek – amit tetézhetsz, ha össze-tartó, illetve szembe repülő légi járművek vezetőinek látására kell az ütközés elkerülését bízni.

Súlyosbítja a helyzetet, a magyarországi légtér szerkezet és a szabályozók, melyek lehetővé teszik, hogy bizonyos légi járművek a nem ellenőrzött légtérben bejelentés (repülési terv) nélkül, rádióösszeköttetést nem létesítve – csak „szemel láthatóan” közlekedjenek. Az ütközések koc-

kázatát növeli, hogy a ezekben a légterekben a motoros, vitorlázó, siklóernyős, sárkányos résztvevők mellett az utóbbi időben megjelentek „bátor” drónos résztvevők is [1]. Az utóbbiak különösen a kis méretük, váratlan manővereik miatt jelenthetnek kihívást a „hagyományos” repülőgépekhez szokott pilóták számára.

A pilóta nélküli légi járművek egyre nagyobb hatótávolságra képesek, ugyanakkor az azonosító/helyzetjelentő/ütközést elkerülő rendszerük hiánya miatt erre csak elkülönített légtérben van lehetőségük. Még itt is szükség van a folyamatos követésükre, kapcsolattartásra – például előre nem tervezett mentő-, rendőrségi-, katonai repülés miatt – az eseti légtér visszavonása, gyors kiürítése érdekében. A rövidesen érvénybe lépő tiltó/korlátozó intézkedéseken túl az ő „látásuk és láttatásuk” érdekében is határozott lépéseket kell tenni.

A továbbiakban a kisképes és a pilóta nélküli repülésben alkalmazható eszközök és eljárások bemutatásával az ütközések veszélyét csökkentő kutatás-fejlesztések és beruházások fontosságára kívánjuk a szakemberek és az ez iránt érdeklődő olvasók figyelmét irányítani.

LÁTNÍ ÉS LÁTSZANI – EZ ITT A KÉRDÉS

Nem túlzás a Shakespeare-i drámaiság, ha a közelmúlt repülő eseményeit elemezzük, melyek visszavezethetők – az emberi gondatlanság, felelőtlenség, szabályszegés klasszikus példáin túl – az organikus tényezőkre, ami az ember érzékszerveinek korlátos képességeit takarja. Az emberi szem/agy nem képes egy bizonyos határon túli nagysebességű változások, mozgások követésére és ennek megfelelő reakciókra. Ami elegendő az emberek természetes mozgása, kapcsolatai (pl.: egy bokszmérkőzés) közben, az a gépek által kiprovokált sebességekkel nem tud versenyezni, mint ahogy nem összemérhető a madarak látásával, reflexeivel sem. Ők az életük minden percében a LÁTVÁ REPÜLÉS kihívásait élik meg – irreális az elvárás, hogy a látogatóba érkezett ember velük megmérkőzzön. A vitorlázó repülésben gyakori a madarakkal való együtt termelés. Sok esetben számolnak be arról, hogy a madarak térnek ki az ütközést elkerülendő gyors manőverrel a „tökéletlen” légi jármű elől.

A környezet és abban közlekedő „szomszédok” látása a VFR repülés alapja. Az elemi navigációban a látott kép és a térképen ábrázolt felszínrajz alapján azonosít a légijármű vezetője. Ha rosszak a látási körülmények – ködös, párás idő, sötétedés zavarja a látást – akkor a helyszámító eljárás segíthet. Ez a felkészülés során kiszámolt útirány, magasság, sebesség és a fordulópontok között eltelt idő tartásán alapuló módszer már az IFR felé vezető első lépés. Ideálisan mindkettőt párhuzamosan, egymás megerősítésére használják.

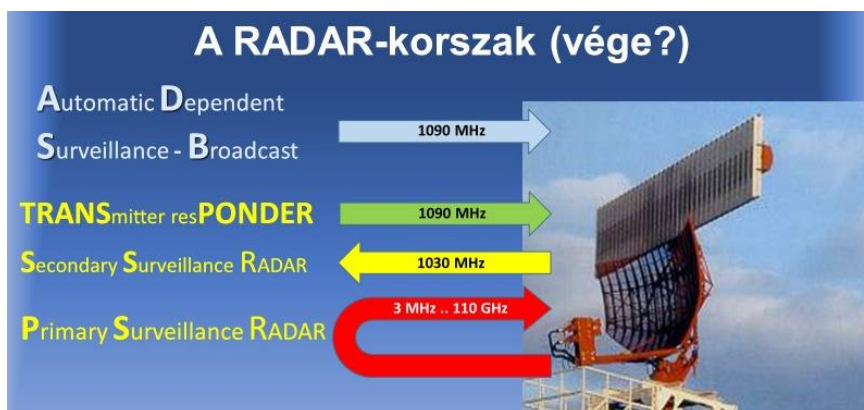
Az ütközésveszélyt növeli, hogy a látás alapján végzett navigáció pontossága, megbízhatósága messze alatta marad a műszerekkel támogatott eljárásoknak – ugyanakkor azok meghibásodása esetén a térkép és iránytű a „menekülő út”, amit ezért minden repülőgépvezető a keze ügyében tart. Eltévedés esetén külső segítség az irányító/tájékoztató szolgálattól érkezik, ehhez a repülőgép is hozzájárul transzponderével és rádiókapcsolatot biztosító eszközeivel. Ha ezekkel nem rendelkezik, vagy meghibásodás történt, akkor a „láthatatlan repülőgép” csak magára számíthat.

A „látni és látszani” a polgári repülés minden eszköze, résztvevője számára létfontosságú. Azoknak is kell adni lehetőséget, amelyek felépítésüknél, méretüknél fogva nem, vagy csak korlátozott

méretű és teljesítményű segédberendezéseket képesek magukkal vinni. A primer radarok a reflektált rádióhullámok irányát, intenzitását, időbeli lefutását mérik – amelyek csak a megfelelő méretű és elektromos vezetőképességű felületekről képesek kellő mennyiségben visszaverődni. A „színaluminium” Cessnák, Blanikok jól felderíthetők, de a részben, vagy egészében műanyag építésű modern motoros és vitorlázó repülőgépekről, a sárkányrepülőkről, siklóernyősökről alig jön értékelhető visszavert jel. A drónok felderítése is nehéz, ezért – a magas biztonsági kihívások miatt – az utóbbi években intenzív fejlesztések kezdődtek. A korábban a repülőterek madármozgásának indikálására kifejlesztett radarokat, a földi objektumvédelemben használt személy-, jármű felderítő radarokat próbálják adaptálni a kisépítés drónok indikálására.

ADS-B¹

A szekunder radarok a kisugárzott kérdező impulzusokra válaszoló fedélzeti (A/C/S módusú) transzponderek jelét érzékelik. A 200 W teljesítményű, ~ 1 kg tömegű transzponder a motoros repülőgépeken általános, míg a korlátozott energiahordozó miatt a vitorlázó repülőgépeken, drónokon nem jellemző felszerelés.



Az ADS-B a radarok felváltására készül – a polgári légiközlekedésben [2]

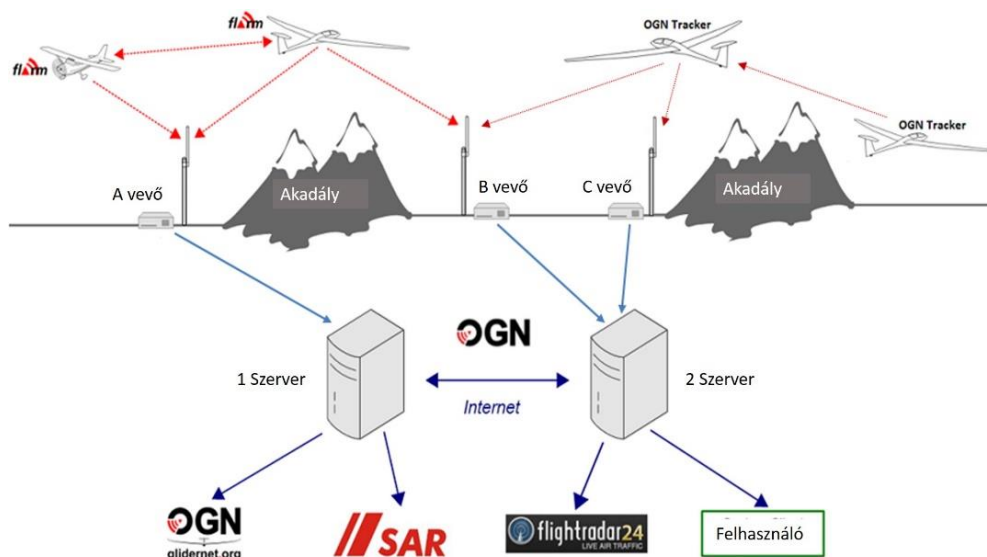
Az ADS-B külső kérdező jel nélkül önállóan jelenti a helyzetet, repülési paramétereket, útvonallal kapcsolatos információkat. Az ADS-B a földi megfigyelők számára jelent kényelmet – a drága primer és szekunder radarok nélkül is lehet a légi járműveket követni. Az adás frekvenciája megegyezik az A/C/S módusú transzponderekkel (1090 MHz). ADS-B adó is 200 W teljesítményű – az első berendezések az S-módusú transzponderből lettek átalakítva – ezért többnyire csak motoros repülőgépen, nagyméretű UAV-n üzemeltethető. Az ADS-B adásokat a méltán népszerű FlightRadar [3][3] közösségi oldalon, vagy saját ADS-B vevővel [4] is sikerrel lehet megfigyelni. A nagyteljesítményű adásnak, jó terjedési viszonyoknak, jó antenna és vevőberendezésnek köszönhetően nem ritka a 3–400 km-ről érkező jel. (Ez egy átlagos primer rádiólokátor képességével összemérhető hatótávolság!)

A motor nélküli, vagy energiaellátásban korlátozott lehetőségű kisebb pilóta nélküli légi járművek számára ideális megoldás lehet az Open Glider Network (OGN), melyben a FLARM, POWER-FLARM, OGN-TRACKER, földi vevőberendezések és az internet kapcsolattal felépített OGN-hálózat működik.

¹ ADS-B – Automatic dependent surveillance – broadcast (automatikus helyzetjelentő rendszer)

FLARM²

Az OGN alapvető eleme (ötletadója) a FLARM, amely eredeti funkciójában a vitorlázó repülőgépek fedélzetén ütközés-veszélyt jelző rendszerként működött. A FLARM gyorsan elterjedt (2004 óta több mint 30 000 példányt helyeztek üzembe) és a kisépés repülés, valamint a pilóta nélküli légi járművek is egyre többet használnak – különösen a sok (nem ritkán 100) repülőgép részvételével zajló versenyeken.



1. ábra FLARM és OGN TRACKER az OGN-hálózatban [5]

A FLARM fedélzeti adó/vevő a 868 MHz-es – dedikáltan a kis hatótávolságú távvezérlők (garázsajtó, kapunyitó, riasztó ki/be kapcsoló) céljára fenntartott, nem védett – frekvenciasávban működik. A levegőben néhány kilométeres körzetben egyidőben repülő légi járművek azonosítójukat, a saját helyzetüket/magasságukat kisugározva egyben a szomszédos adásokat is veszik és kiszámolják, hogy van-e közöttük összetartó irányon/magasságon repülő gép. Ha igen, akkor grafikus kijelzőn annak irányát/távolságát/magasságát – hangjelzéssel együtt – megjelenítve a pilóták kitérő manővert tudnak végrehajtani. A maximum 25 mW kimenő teljesítményű adást a fedélzeti berendezéssel 2–5 km távolságról lehet venni. Ez éppen elegendő, hiszen az ütközés veszélyre ezen belül van értelme felkészülni.

Az OGN „felfedezése”, hogy a modern szoftverrádiók érzékenysége és „intelligenciája” már biztosítja a FLARM adások vételét akár 20–50 km távolságról is. A földi vevőállomások – nagyméretű antennákkal, érzékeny vevőkkel – hálózatba kötve akár összefüggő légterből is képesek a FLARM adások vételére.

A technikai lehetőséget megragadva gyorsan kiépült az internet alapú hálózatra dolgozó vevőállomások rendszere – számuk már meghaladta a 7000-t. A „hozádek” a FLARM-al felszerelt repülőgépek útvonalának internetes hálózaton való követése, ami a versenyek „nézettségét” és a légi események gyors leereagálását is nagymértékben javítja. A nyilvánvaló előnyök ellenére a FLARM -tulajdonosok egy része ragaszkodik a FLARM eredeti funkciójához és a földi megfigyelés kizárását kérte – ezt az új FLARM szoftverek lehetővé teszik. Alaphelyzetben a FLARM-

² FLARM – FLight-AlaRM, repülőgépek összeütközésének veszélyére figyelmeztető rendszer

val felszerelt repülőgép egy „_”-al (alulvonással) kezdődő (minden nap újra generálódó) sorszámmal jelenik meg az OGN hálózatban. Ha a repülőgép vezetője úgy dönt, akkor megadhat további adatokat: ICAO kódját, regisztrálhatja a FLARM ID alapján. Amennyiben elzárkózik a nyilvános megjelenéstől, akkor a követést letilthatja „no tracking” beállítással a FLARM készülékén. Ebben az esetben a földi OGN hálózat szerverei – következésképpen a nyilvános hálózat elemei – nem tudják az adatokat tárolni és értelmezni. Ezzel kizárják magukat a SAR – szolgáltatásból. Ajánlott az ilyen „szégyellős” felhasználóknak az OGN-regisztráció, ahol a „nem akarom, hogy kövesse-nek” megjegyzést kell csak hozzátenni. Ebben az esetben a szervereknél tárolva lesznek a repülési adataik, amiket szükség esetén a kereső szolgálatok megkaphatnak.

OGN-TRACKER³

Az olyan légijárműveken, ahol FLARM (ára, mérete miatt) nem áll rendelkezésre („old-timer” vitorlázó repülőgépek, siklóernyők, sárkányrepülők, pilóta nélküli repülőgépek) az OGN-TRACKER jelentheti az alternatívát. Lengyel fejlesztők 2014-ben mutatták be először a prototípust – azóta megjelent az építését, programozását segítő „Cheap Do-It-Yourself OGN tracker⁴” fejezet az OGN honlapján. [6] Az OGN-TRACKER 25 USD-ból megépíthető, míg a FLARM/PowerFLARM 2000 USD körüli összegbe kerül.

Az OGN-TRACKER helyzet-adatokat sugároz és képes a szomszédos OGN-TRACKER-ek adását venni és továbbítani (a saját adásainak szüneteiben). Ez akkor lehet nagyon hasznos, ha a másik adó jelét – például a domborzati viszonyok miatt – „egyenesben” nem tudná a vevőberendezés megkapni. Az OGN-TRACKER nem a FLARM protokollt használja, nem is tudja azt „relézni”, de a földi OGN-vevőberendezésekkel mindkettő dekódolható.



2. ábra Az OGN-TRACKER alapelemei (rádió modul, GPS vevő, mikrokontroller) [7]

Az OGN-TRACKER jeleit (egyelőre) csak a földi OGN hálózat tudja megjeleníteni ugyanakkor egy rendkívül kis költséggel és emellett hatékonyan működő „FLARM-radar” rendszer kiépülésére ad lehetőséget. Ez nem más, mint az OGN hálózat (Glidemet.org) által már most is sikeresen működtetett „Spot the gliders” [8][9][10][11] megjelenítési felületek. Mindegyik az OGN hálózatba beküldött adatokból dolgozik, de azt a felhasználók saját ízlésüknek megfelelő térképes

³ OGN-TRACKER – az OGN hálózat számára kifejlesztett, követést biztosító jeladó

⁴ Olcsón építsd meg magadnak OGN tracker

hátterrel ábrázolják. A FLARM-radar rendszer a már most is létező OGN hálózat földi elemei mellett a fedélzeten ADS-B-t, OGN-TRACKER-t (vagy követést engedélyező FLARM-ot) használó résztvevőkből állhat. Mivel a megjelenítés bárki számára elérhető – mobil internettel a légi járművek fedélzetén is – a légi irányítás (ATC – Air Traffic Control) és az egészen kis repülőterek (libalegelők) is valós légihelyzet információkhoz jutnak. Az elmúlt időszak „NEM látni és NEM látszani” okokra visszavezethető légi eseményei indokolják az ilyen követő berendezések sürgető felszerelését a kisképes repülés minden résztvevőjének a fedélzetére. A kisméretű, kis fogyasztású jeladó a légi járművek 3D mozgását jeleníti meg – néhány tízezer forintos költséggel.

POCKET TOWER⁵

A közforgalmi repülésben egyre népszerűbb REMOTE TOWER⁶ az elektronikus úton megszerzett és ábrázolt légihelyzet információkat kezeli – nem feltétlenül a repülőtér környezetében települve. A primer – és egyre inkább az autonóm szekunder (ADS-B) – adatok nagytávolságú átvitele és 3D megjelenítése ma már nem okoz műszaki nehézséget. A „távoli torony”-ban helyet foglaló irányító személyzet az érzékelő rendszernek köszönhetően ugyanazt, sőt a „szemmel láthatónál” – például infrával – gazdagabb képet kaphat.

A fentiekben tárgyalt önálló helyzetjelentő rendszer (ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER) adatai alapján – ugyanúgy, mint a REMOTE TOWER-ben – a légi járművek 3D helyzete, mozgása ábrázolható. A kisrepülőterek minimális erőfeszítés és anyagi megterhelés árán „POCKET TOWER”-t hozhatnak létre, amely a helyi forgalom kezelésére, a közeli tájékoztatására és a távoli megfigyelésére is alkalmas. A POCKET TOWER felszereltsége: internet kapcsolattal rendelkező számítógép, a repülőtér közelében telepített, ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER adások vételére alkalmas vevőberendezések.

Az olaszországi BIOFLY [12] kutatóintézetben kifejlesztett „mobil toronyban” a megjelenítés a repülőtér környezetét bemutató és a légi járművek helyzetét követő 3D virtuális térben történik, ahol az irányító személyzet szabadon választhatja meg a nézőpontját – így alkalmazkodni tud a forgalomhoz, annak igényeihez.

A BioFly „mobil torony” koncepciója inspiráló lehet hazai repülőtereink, légtereink biztonságát szívükön viselő kutató-fejlesztő szakmai közösségek számára. Az irányító, tájékoztató személyzetnek LÁTNi, a légi járműveknek pedig (a földön és levegőben) LÁTSZANI kell! Ehhez ma már minden technikai feltétel adott: a repülő eszközökre autonóm helyzetadó (ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER) a forgalom irányítóinak vizuális légihelyzet megjelenítő szükséges.

Az utóbbira egy (akár a zsebben elférő) példa az Android-os operációs rendszereken futó OGN VIEWER [14] program, amely (internet kapcsolattal) az OGN hálózatba bekerült repülő eszközök helyzetét, magasságát, föld feletti- és függőleges sebességét (ha engedélyezte, akkor lajstromszámát is) megjeleníti. A számértékek mellett a szimbólumok színe is jelzi a magasságot – pirostól (földön lévő) a zöldig terjedő színskálán.

⁵ POCKET TOWER – „zseb (irányító) torony” a kis repülőterek fogalmának irányítására

⁶ REMOTE TOWER – a repülőtértől távol elhelyezkedő (irányító) torony



A BioFly „mobil torony” munkahelye[13]

A POCKET TOWER eszközökkel a pilóta nélküli légi járművek repülései a „külvilág számára” is transzparens módon nyomon követhetők. Az autonóm helyzetadó (ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER) jele az OGN hálózaton keresztül bárki számára hozzáférhető, így a hordozó UAV, DRONE, RPV stb. is „láthatóvá válik”. Ennek az alkalmazók egyre növekvő igénye fog utat nyitni, akik minél szélesebb körben kívánnak pilóta nélküli repülő eszközöket működtetni. Jelenleg ennek legnagyobb akadálya, hogy a „látni és látszani” feltételből az egyik sem teljesül. A helyzet csak akkor javulhat, ha **a repülés minden résztvevője hordoz autonóm helyzetjelentő eszközt** és egymás jelenlétéről, repülési irányáról tájékozódhat. A légiforgalom és pilóta nélküli légi járművek irányítói a földön, míg a repülőgépek személyzete a levegőben tud tenni az ütközés elkerülése érdekében. Az ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER csak informál, figyelmeztet – az elkerülő manővert (egyelőre) embernek kell végrehajtani.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az általános-, kisképes és a hozzá felnőni készülő pilóta nélküli repülés legnagyobb kihívását a levegőben való ütközés elkerülése jelenti. A mai technológiák segíthetnek a „látva repülés” emberi korlátait átlépni, ha erre a lehetőségre felhívjuk a figyelmet – amiért jelen írásmű is készült.

A hazai „demokratikus” légtérhasználat a növekvő forgalom és annak új résztvevői mellett nem tartható biztonságos szinten. Számos ütközéses baleset elkerülhető lett volna, ha a résztvevők tudnak egymás jelenlétéről, szándékáról. A cikkben felsorolt technikai eszközök általános használatával jelentősen javul a „látás és a láthatóság” a résztvevők számára. Az emberi-, anyagi veszteségek töredékébe kerülő beruházással – például egyszerű OGN-TRACKER-ek kötelező használatával – nagyságrendekkel nőne a biztonság, csökkenne az ütközésveszély úgy a pilótás, mint a pilóta nélküli repülésben.

Az utóbbi terület kimunkálásában aktívan részt vesz a NKE kutató csoportja – külön figyelmet fordítva az állami repülőterek légtérében folytatott pilótanélküli repülések biztonsági feltételeinek kidolgozására. A kutatómunka során felépített mintarendszerben szerepet szánunk a jelen cikkben szereplő műszaki megoldásoknak is.

A GINOP 2.3.2-15- 2016-00007 „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Köszolgálati Egyetemen – VOLARE” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutatás a fenti projekt „UAS ENVIRON” nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Makkay Imre: FPV repülés – felkiáltó jelekkel. Repüléstudományi Közlemények Különszám 3013.2. (e-dok.) url: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-29-Makkay_Imre.pdf (2017. 03. 01.)
- [2] saját szerkesztésű ábra
- [3] Flightradar 24 Live Air Traffic. url: <https://www.flightradar24.com/60,15/6> (2017. 03. 01.)
- [4] RTL 1090 software for ADS-B dongles. url: <http://rtl1090.com/> (2017. 03. 01.)
- [5] Open Glider Network. url: <http://wiki.glidernet.org/start> - átszerkesztve
- [6] Cheap Do-It-Yourself OGN tracker. url: <http://wiki.glidernet.org/ogn-tracker-diy> (2017. 03. 01.)
- [7] Core tracker element. url: http://openglidernet.wdfiles.com/local--files/ogn-tracker-diy/STM32F103C8T6_RFM69W_VK16U6.jpg (2017. 03. 01.)
- [8] Live Glidernet. url: <http://live.glidernet.org/#c=8.53345,52.80737&z=3> (2017. 03. 01.)
- [9] Ktrax. url: <http://ktrax.kisstech.ch/ktrax/> (2017. 03. 01.)
- [10] BishFlarm. url: <http://www.bishflarm.co.uk/> (2017. 03. 01.)
- [11] GliderTracker. url: <http://glidertracker.de/#lat=1105585&lon=6428048&z=5> (2017. 03. 01.)
- [12] BioFly Innovacione in Movimento. url: <http://www.biofly.it/> (2017. 03. 01.)
- [13] PTS. (Portable Tower Station) url: <http://www.biofly.it/airport3.asp> (2017. 03. 01.)
- [14] Konstantin Gründger: OGN Viever. url: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.meisterschueler.ognviewer> (2017. 03. 01.)

COLLISION AVOIDANCE FOR GA AND UAV FLIGHT

In aviation, the "see and be seen" - the identity of the participants, position, movement direction, speed - the most important information to ensure the smooth flow of traffic management. In addition to the primary and secondary radars and ADS-B and FLARM a growing number of OGN-TRACKER devices can report a different technical solution to detect and avoid collisions. This paper intends – in addition to the general description – talk about technical opportunities on the domestic developments.

Keywords: *to see and be seen, collision avoidance, small aircraft / unmanned flight, ADS-B, FLARM, OGN-TRACKER*

Dr. Makkay Imre, CSc
nyugalmazott egyetemi tanár
drmi48@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3513-1310

Dr. Makkay, Imre, CSc
professor emeritus
drmi48@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3513-1310



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-04-0378_Makkay_Imre.pdf