

Kavas László¹ – Óvári Gyula² – Rozovicsné Fehér Krisztina³

A GAZDASÁGOS ÉS KÖRNYEZETKÍMÉLŐ REPÜLÉS FELTÉTELEI MEGTEREMTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI A REPÜLŐTEREKEN⁴

Tapasztalatok szerint forgalmas repülőtereken a légi járművek, a repülésre feltöltött üzemanyaguk 2–4%-át a felszálló pálya eléréséig, majd a leszállásukat követően az állóhelyre történő eljutáshoz, a megállásokkal, várakozásokkal tarkított gurulás közben használják fel. Ez nem csak a nagytömegű, főlegesen felhasznált üzemanyag ára miatt kedvezőtlen, de az eközben működő hajtómű(vek)üzemeltetési költsége, amortizációja is magas, illetve számottevő az okozott környezetszennyezés. Ennek megszüntetésére több műszaki megoldás is lehetséges, melyek megfelelő adaptációja akár a hazai repülőtereken is megfontolható.

POSSIBILITIES OF ESTABLISHING CONDITIONS AT AERODROMES FOR COST-EFFECTIVE AND ENVIRONMENTAL-FRIENDLY FLIGHTS

According to experience, at busy aerodromes aircraft use up 2–4% of their fuel provided for the flight until they reach the runway, and after landing while taxiing to their parking areas, meanwhile stopping and holding several times. This is unfavourable not just because of the price of the large quantity of fuel wasted, but also because of the high operating costs and depreciation of the engines working during these processes, and because of the sufficient environmental pollution caused. To eliminate these unfavourable phenomena there are several technical solutions, adaptation of which might be considered at our domestic aerodromes as well.

1. BEVEZETÉS

Jogilag a repülés, a repülőgép induló repülőtér felszállópályán történő megindulásától a célrepülőtér e pályáján történő kigurulás végéig tart. Ugyanakkor a repülésre feltöltött tüzelőanyag felhasználása megkezdődik már az állóhelyen történő hajtóműindításkor, folytatódik a felszállópályáig történő gurulás közben, illetve a leszállást követően az állóhelyre történő visszagurulásakor a hajtómű(vek) leállításáig. A folyamatosan növekvő üzemanyagárak és az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások a konstruktőröket, repülőársaságokat, valamint a polgári és katonai repülőterek üzemeltetőit a repülőgép működése minden fázisának e szempontok szerinti alapos vizsgálatára és átértékelésére kényszerítették. Ennek során az alábbiakat (is) megállapították [15]:

- a légitársaságok közvetlen üzemeltetési költségeiben jelenleg már 30–40%-os összetevő az üzemanyagár;
- nagy forgalmú repülőtereken - különösen rövid távú járatok esetében - egyetlen repülőúton, közvetlen a teleszkópikus utas folyosótól történő kitolást követő hajtómű indítás, a felszállás előtti, valamint a leszállást követő, guruló utakon, működő hajtómű(ve)k el történő haladás (forgalmas repülőtereken és napszakokban az ezt megszakító tetemes

¹ alezredes, egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, kavas.laszlo@uni-nke.hu

² közalkalmazott, egyetemi tanár, NKE Katonai Repülő Tanszék, ovari.gyula@uni-nke.com

³ közalkalmazott, mérnök-tanár, NKE Katonai Repülő Tanszék, rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu

⁴ Lektorálta: Dr. Szilvássy László alez., egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, szilvassy.laszlo@uni-nke.hu

idejű megállások, várakozások) során az üzemanyag-felhasználás elérheti az egész repülőúthoz szükséges mennyiség 4%-át. Csak e célra, például a frankfurti légikikötőben, az átlagosan napi kerozin felhasználás ~44 tonna;

- a repülőtéri utakon történő haladást biztosító működő hajtóművek számottevő járulékos tüzelőanyag fogyasztásán kívül – a por, szennyeződés, idegen tárgy beszívása miatt – kopásuk, elhasználódásuk is nagyobb, de önmagába az üzemidő felhasználásuk is növeli(k) az üzemköltséget;
- kedvezőtlen az is, hogy esetenként a hajtóművek akár alapjáratú üzemmódjában leadott teljesítménye is több, mint ami a repülőtéri utakon előírt gurulási sebesség fenntartásához szükséges, így a kerekek folyamatos, vagy szakaszos fékezése is szükséges;
- a hajtóművek károsanyag- és zajkibocsátása jelentősen terheli a környezetet, miközben a repülőtereknek és légitársaságoknak egyre szigorúbb környezetvédelmi előírásoknak kell megfelelniük és hiányosságok esetén folyamatosan szigorodó bírságokra számíthatnak;

A felsorolt problémák hatékony megoldására több vállalat és légitársaság is dolgozott ki hatékony – a repülőtéren történő guruláskor, a repüléshez használatos hajtóművek részleges, vagy teljes kiváltását lehetővé tevő – eljárást, illetve hoztak létre ehhez szükséges eszközöket.

2. SZEMÉLYZET NÉLKÜL MŰKÖDŐ TOLÓ-VONTATÓ (PUSH-BACK) GÉPJÁRMŰVEK KITERJESZTETT HASZNÁLATA

A repülőgép működő hajtóműveinek guruláshoz történő felhasználását kiváltandó a német AIRBUS, a LUFTHANSA LEOS az izraeli Israel Aerospace Industries (IAI) vállalattal együttműködve kidolgozott módszer szerint [15], a napi repülések kiszolgálásakor, korábban csak a repülőgépek utas-folyosó mellől való kitolására használatos standard **toló-vontató** (un. **push-back**) gépjárművek (1. a. ábra) folyamatosan működtetve kivontatják a légitársaságot a felszállópálya elejéig, a starthelyig (1. b. ábra). A hajtóművek indítására csak a gurulás utolsó perceiben kerül sor, a szükséges melegítés és a repülés előtti előírt ellenőrzések végrehajtására.










a.

b.

1. ábra A TLD toló-vontató gépjárművek tolatás és vontatás közben [1][15]

A **TaxiBot** rendszernek nevezett eljárásban látszólag semmilyen, új ötlet sincs. Figyelembe véve azonban, hogy a repülőgéppel összekapcsolt push-back gépjármű vezetését a tolatás és gurulás során a repülőgépvezető fülkében ülő pilóta végzi, majd a légi járműről lekapcsolva, a vontató eszköz a központi diszpécser szolgálat utasításai alapján – a repülőtéri úthálózatba épített indukciós vezetékek, illetve GPS segítségével – automatikusan közlekedik következő feladatának színhelyére, mindenképpen figyelemreméltó új kiszolgálási módszernek tekinthető. Különösen arra tekintettel, hogy mérések szerint forgalmas, nagy közforgalmú repülőtereken egy Boeing 747-es vagy az Airbus A320 közel egy tonna kerozint (~1250 liter) használ fel a hajtómű(vek) indítástól a felszállás megkezdéséig tartó átlagosan 17 perc alatt [9][14][15]. Ennyi idő alatt a TaxiBot alkalmazásával 85%-kal csökkenthető a kerozin fogyasztás (értelemszerűen ugyan ilyen mértékben a CO₂ kibocsátás is), a zajterhelést pedig 50%-kal lesz kevesebb. Eközben a vontató saját üzemanyag-fogyasztása átlagosan 25–30 litert gázolaj. Természetesen a repülőgépek mozgatására – azok felszálló tömegétől függően (600 tonnáig) – a push-back eszközöknek is számos változata áll rendelkezésre 100–1000 kW motor teljesítménnyel (1. táblázat). A kisebb motorteljesítményű gépjárművek alkalmazása, illetve az alacsonyabb tömegű repülőgépek mozgatása természetesen arányosan kevesebb gázolaj és kerozin fogyasztást eredményez [9].

TÍPUS	A mozgatható repülőgép max. tömege [kg]	A vontató motorteljesítménye [kW/LE]	Kerékmeghajtás
 AST-3 L 140	160 000	100/140	4x2
 AST-3 F 210	220 000	155/210	4x4
 AST-2 R 210	300 000	155/210	4x2
 AST-2 X 490	300 000	300/490	4x4
 AST-1 X 490	600 000	300/490	4x4
 AST-1 X 680	600 000	500/680	4x4
 AST-1 X 1360	600 000	1000/1360	6x6

1. táblázat Toló-vontató (Push-back) járművek összehasonlítása⁵

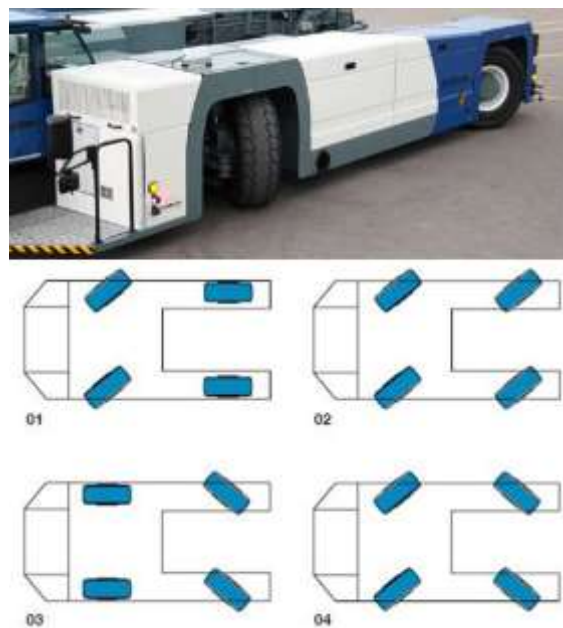
A repülőgépvezető bevonása a push-back jármű vezetésébe azért érdemel kiemelt figyelmet, mert a csatlakoztatás bonyolult manőver. Ennek során a nagytömegű gépjárművet érdemi ütközés nélkül, gyakorlatilag milliméteres pontossággal kell az álló repülőgép orrfutóművéhez kormányozni úgy, hogy annak kerekeit megbízhatóan rögzíteni – majd több konstrukciónál ezt követően – meg is lehessen emelni (2. ábra).

⁵ Saját szerkesztés az [1] alapján.



2. ábra Orrfutómű kerékbecfogás, rögzítés és emelés⁶

E feladat végrehajtásakor a pontos manőverezést, a jármű kerekeinek – fedélzeti számítógép által koordináltan vezérelhető – több különböző kombinációban történő speciális kitérítetősé- gével biztosítják (3. ábra, 01–04 pozíciók). Ez a toló-vontató eszköz kezelőjétől önmagában is speciális felkészültséget és gyakorlatot igényel.



3. ábra A toló-vontató jármű kerékelfordítási lehetőségei⁷

⁶ Saját az [1][9][14] alapján.

⁷ Saját a [9] alapján.

A vezető részére jármű pontos irányítását további praktikus megoldások is segítik (4. ábra).



4. ábra A megfelelő kilátás biztosítása a toló-vontató gépjármű kezelőjének⁸

A minden irányba jó kilátást – ahol szükséges – hidraulikusan emelhető vezetőfülke, benne, a vele együtt emelkedő ülés és az azzal egy blokkban, ergonomikusan kialakított kormány, kezelőszervek, valamint vezérlőpanel (4. b. ábra), az aktuális haladási irányba történő, 180°-os elforgathatósága is javítja (4.a. ábra). A kiemelés és elfordítás hatására a látótér növekedését a 4. c. és 4. e. ábrák szemléltetik, melyet megfelelő számú, célszerűen elhelyezett tükör tovább javíthat (4.d. ábra).

A repülőgép hajózószemélyzete számára a puch-back jármű avatott irányítása alapos, szakszerű felkészítést és gyakorlást igényel, melyhez speciális eszköz alkalmazása is célszerű (5. ábra).

⁸ Saját szerkesztés a [9][14] alapján.



5. ábra A TLD toló-vontató gépjármű irányításának gyakorlása a repülőgépvezetőfülkéből [14]

Az előzőekben felsorolt kedvező sajátosságok mellett, a push-back eszközök kiterjesztett felhasználása néhány nem elhanyagolható negatívummal is bír. Ezek közül néhány:

- a jelenlegi gyakorlatban, még a hagyományos alkalmazásra, – kizárólag az utasfolyosó mellől történő kitolásra – sem áll mindig rendelkezésre a kívánt időben megfelelő számú push-back eszköz, ami esetenként a járatok késését is okozza;
- a toló-vontató jármű üzemanyag fogyasztása (környeztkárosítása) ugyan rendszerint valóban nagyságrenddel alacsonyabb az általa mozgatott repülőgépénél, de üzemeltetési és beszerzési költségei számottevők. (Utóbbira példaként: egy B-737 és A-320 mozgatására is alkalmas, TLD gyártmányú, dízel meghajtású TMX-150 típus vételára használtan ~100 000 EUR.);
- a polgári légi járművek többsége ugyan konstrukciósan alkalmas az orrfutóművének fogva történő repülőtéren mozgatásra, de ez a módszer a korábbinál lényegesen hosszabb vontatási távokon alkalmazva mindenképpen a futóműszárak megnövekedett igénybevétele okoz.

A közelmúltban az IAI és TLD megállapodást írt alá, mely szerint az Air France a párizsi Charles de Gaulle repülőtéren teszteli, majd 2015 végéig értékeli is a TaxiBot rendszert széles törzsű repülőgépekre. A Boeing és az Airbus is támogatást nyújtott a projekthez. Az IAI becslése szerint TaxiBot bevezetése és alkalmazása több száz millió dolláros megtakarítást eredményezhet az izraeli légitársaságoknak [9].

3. GURULÁS VILLANYMOTOROS MEGHAJTÁSÁVAL

3.1. A WheelTug® elektromos orrfutó meghajtó rendszer

Elsőként 2005-ben az Air Canada tesztelte sikeresen Boeing 767-es repülőgépén a WheelTug® elektromos orrfutó kerék meghajtó rendszerét [15]. 2010-ben már a cseh Travel Service egy Boeing 737NG típusú utasszállító repülőgépre is építettek ilyet (6. ábra).



6. ábra A WheelTug® szerelés közben és rögzítve egy Boeing-737 orrfutó kerekén [1][14]

A repülőgépvezető fülkéből irányíthatja az orrfutómű kerek(ek)et és fokozatmentesen szabályozhatja a haladási sebességet ($v_{\max} = 20 \text{ km/h}$ -ig). Az előre és hátramenetet egyaránt biztosító indukciós villanymotorokat a repülőgép gázturbinás segédhajtóműve (APU – Auxiliary Power Unit) látja el elektromos árammal. A felépített rendszer össztömege 136 kg, a motor elhelyezése és működése nem zavarja a kerékfeket.

A gyártó (optimista) gazdaságossági számításai szerint a WheelTug rendszer alkalmazásával évente, repülőgépenként akár ~500 000 USD is megtakarítható (a push-back egyszeri használati díját 50–150 USD, a ki és begurulás átlagos 200–210 literes kerozin szükséglete árát, 150–170 USD-os elmaradt kiadásként figyelembe véve). Kedvező az is, hogy függetlenül a push-back járművekre való esetenkénti várakozástól, az ebből adódó járatkésések díja (birsága) is megszűnik. Repülőgép üzemeltetői oldalról az éves költségcsökkenést „csak” ~200 000 USD-ra prognosztizálják, számításba véve, hogy a rendszer beépítése által, 136 kg megnövekedett felszálló tömeget járulékos tüzelőanyag fogyasztás árán kell folyamatosan – repülés közben is – hordozni.

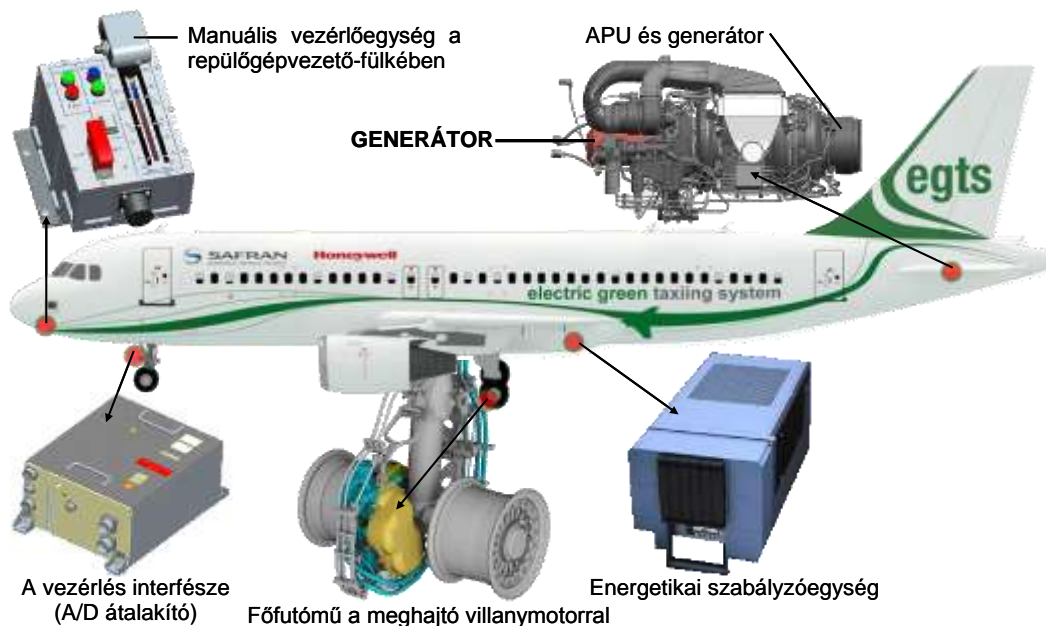
Kedvező, hogy a WheelTug rendszer legtöbb légitársaságra utólag, konstrukciós módosítás nélkül felszerelhető. Ebből (is) adódóan több légitársaság (EIAI, Israir, Jet Airways, Onur Air) több mint 230 készletre opcionális, 100-ra tényleges vételi szándékot jelentett be.

Kedvezőtlen és egyelőre megoldatlan probléma, hogy – a repülőgép-építés alapvető konstrukciós követelményeinek megfelelően – az orrfutóműre a repülőgép tömegének 7–10 %-a jut. Ez, egy ~73 tonna felszálló tömegű (pl. A-320) repülőgépnél mindössze 5–7 tonnát jelent, ami a leszállást követően akkor válhat igazán problematikusá, amikor 44 tonna alá csökken a leszálló tömeg, mivel a – villanymotorral meghajtott – orrfutókerék terhelése annyira lecsökken, hogy megcsúszhat a pályán. Ilyenkor rajta ébredő nyomaték ~6000 Nm-ig is növekedhet, ami lényegesen meghaladja az engedélyezett 3500 Nm-t. E terhelés a pálya valamilyen talajjegyenetlen-

ségén való áthaladáskor is elérheti az 5800 Nm-t. Guruláskor a meghajtott kerék alacsony részterhelése miatt, csúszós és/vagy már minimális emelkedésű pályán akár haladásképtelenné is válhat a repülőgép.

3.2. Főfutómű kerekek meghajtása villanymotorral (Electric Green Taxiing System–EGTS)

A WheelTug előzőekben megismert kedvezőtlen sajátosságát kívánja kiküszöbölni a Honeywell és a Safran cégek együttműködésben kimunkált Electric Green Taxiing System (EGTS) elnevezésű rendszer (7. ábra). Ennek lényege, hogy a villanymotoros meghajtást a főfutóművekre telepítik (referencia modell az AIRBUS A-320) [1][4][5][6][10][11][12].



7. ábra Az Electric Green Taxiing System /EGTS/) főbb szerkezeti elemei [13]

A villanymotorok táplálása – a WheelTug-gal egyező módon – a repülőgép segédhajtóművére (APU) épített generátorról történik, ahol az energiafelhasználást a legkorszerűbb elektronika szabályozza. A főfutóművek elektromos meghajtása guruláskor a ~20 km/h utazósebességre 20 másodperc, a 40 km/h maximális sebességre 90 másodperc alatt képesek felgyorsítani a légi járművet. Természetesen a haladást (előre, hátra) és az elfordulást oldalra fokozatmentesen, egyszerűen és pontosan vezérelhetik a repülőgépvezetők [13]. A megvalósult változat mellett vizsgálják az is, hogy az ebben a formájában ~100 kg tömegű rendszer kedvezőbb műszaki megoldást kínál-e, ha futószáranként egy-egy motorral csak egyik, vagy mindkét kereket hajtják meg, illetve milyen előnyökkel jár, ha minden kerékre külön motort építenek?

Az üzemanyag felhasználás és környezetszennyezés csökkentésén kívül, az EGTS rendszer további előnye, hogy

- úgy javítja a repülőtéri forgalom dinamikáját, hogy közben teljesen szükségtelenné teszi a toló-vontató gépjárművek használatát és forgalmát, ezzel egyidejűleg csökkentve az orrfutómű javítási karbantartási igényeit is, mivel fele lesz a lökészerű terhelése;
- szinte bármely meglévő repülőgépre érdemi konstrukciós módosítás nélkül, utólag is felszerelhető (2016-tól várható is szélesebb körű bevezetése).

3.3. Repülőgép mozgatása a repülőtéren az orrfutóműre csatolt, külső elektromos vontató kocsival (Mototok® rendszer)

A Mototok rendszerű, orrfutóműre csatlakozható önjáró, akkumulátoros toló-vontató eszközzel [7.] (8. ábra) az előző megoldásoknál bemutatott hiányosságok közül több is kiküszöbölhető:

- működéséhez nem szükséges semmilyen belsőégésű motor (de szükség szerint akkumulátora működésközben a repülőgép APU-járól is utántölthető!);
- saját tömegével is terheli a repülőgép orr-részét, így az nem csúszik meg;
- felszállás előtt leválasztják a repülőgépről, így repülés közben nem terheli azt.



8. ábra Mototok Twin akkumulátoros önjáró toló-vontató jármű [8]

Az 1700 kg sajáttömegű jármű kerékmeghajtó motorjait 4 db zselés, 200 Ah-ás akkumulátor táplálja 48 V-os feszültséggel, maximálisan 15 óra működési időt biztosítva. Olyan, maximálisan 50 000 kg tömegű légi jármű mozgatására alkalmas, amelyen az orrfutóműre jutó terhelés nem haladja meg a 6000 kg-ot. A járművel maximálisan 6 km/h sebesség érhető el, (ami lényegesen elmarad a guruláshoz elvárt 20 km/h-tól!) így intenzív repülési üzemnap során a hajtóművel történő gurulás kiváltására korlátozottan, de műszaki kiszolgáláskor – akár zárttéri precíziós – mozgásokra is maradéktalanul alkalmas. Irányítása vezetékes, vagy rádiós távirányító egységgel biztosítható, akár a repülőgépvezető fülkéből is. A jármű 10 másodperc alatt képes a repülőgéphez csatlakozni, bele értve az orrkerék felső és hátsó rögzítését, majd emelését is. A push-back rendszernél megismert módon – a bázis repülőtérén belül automatikusa vezérelve – autonóm közlekedésre is alkalmassá tehető. (A gyártó kínálatában természetesen kisebb terhelhetőségű – és így kisebb saját tömegű! – modellek is találhatóak [8].)



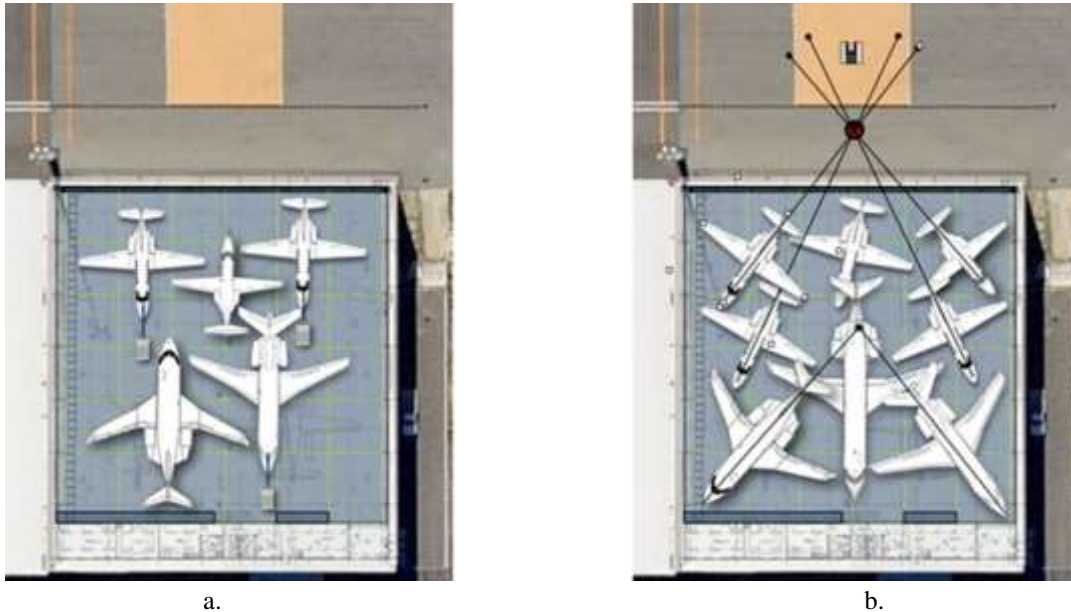
9. ábra Helikopter mozgatása Mototok rendszerrel[7]



10. ábra Mototok vontatás vontatóvillával [8]

A Mototok akkumulátoros, önjáró vontatója egyaránt alkalmas helikopterek (9. ábra), illetve terhelhetőségének megfelelő, bármilyen repülőeszköz hagyományos, vontatóvillával történő vontatására is (10. ábra).

Az akkumulátoros önjáró toló-vontató járművekkel – precíziós irányíthatóságuk és kis sebességeken is nagy motorteljesítményük (nyomatékuk) eredményeként – adott alapterületre (pl. hangárba) akár 50%-kal is több légi jármű helyezhető el biztonságosan (11. b. ábra), mint bármilyen más eszközzel és/vagy módszerrel (11. a. ábra)



11. ábra Mototok rendszerű precíziós mozgatóval a hangárkapacitás növelése [8]

Vélhetően ennek is következménye, hogy a Mototok akkumulátoros járműveit számos gyártó, javító bázis és üzemeltető széles körben alkalmazza (pl. Airbus Group and Airbus Defence & Space, Boeing, Bombardier, British Airways, Embraer, Pilatus, Thomson Airways, Iberia, Dassault-Falcon, Duncan Aviation és a Jet Aviation stb.).

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A magyar katonai repülés jelenlegi alacsony intenzitása mellett, rövid időn belül, az előzőekben áttekintett energia és környezetkímélő megoldásoknak és eszközöknek - az utolsóként bemutatott Mototok kivételével - kevés az érdemi, gazdaságossági indokkal is alátámasztható alkalmazási valószínűsége. Az üzemanyagárak további emelkedése és/vagy a környezetvédelmi előírások folyamatos szigorodása (vele a kiróható bírságok növekedése!), a repülőtereink esetlegesen vegyes, polgári-katonai használata azonban ezt is átértékelheti, akár néhány éven belül is. Mindenképpen indokoltnak tekinthető a repülések végrehajtásához és kiszolgálásához kapcsolódó műszaki tevékenységek olyan szempontú áttekintése, mely meghatározza a bemutatott eljárások közül a leginkább számításba vehető(k) bevezetésének gazdaságossági peremfeltételeit.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dubois, Thierry: WheelTug, Safran-Honeywell and IAI Offer Three Rival Solutions for Airline Engine-off Taxiing AVIATION NEWS 2014. 02. 11. (e-dok.) url: <http://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2014-02-11/wheeltug-safran-honeywell-and-iai-offer-three-rival-solutions-airline-engine-taxiing>
- [2] IEEE Transportation Electrification (Thomas F. Johnson): Electric Green Taxiing System (EGTS) for Aircraft (e-dok.) url: <http://electricvehicle.ieee.org/2014/03/05/electric-green-taxiing-system-egts-for-aircraft> (2015.02.15)
- [3] Clean Sky project wins Innovation Award 2011. 11. 07. (e-dok.) url: <http://www.cleansky.eu/content/news/clean-sky-project-wins-innovation-award> (2015.02.15)
- [4] EGTS™ MEDIA Center URL (gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.greentaxiing.com/media.html> (2015.02.15)
- [5] Introducing EGTS™, the Future of Aircraft Taxiing EGTS Overview System Features (gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.greentaxiing.com/overview.html> (2015.02.15)
- [6] An innovation the airline World is turning to (e-dok.) url: <http://www.greentaxiing.com/resources/EGTS-leaflet-Russian.pdf> (2015.02.15)
- [7] Mototok easy moving (gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.mototok.com/> (2015.02.15)
- [8] Mototok easy moving TWIN-Series 6500 AC-AD (gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.mototok.com/model-twin-6500-ac-ad.phpn-series-6500-ac-ad> (2015.02.15)
- [9] Tova Cohen TEL AVIV 2014. 11. 03. Israel Aerospace towing system approved for Boeing 737 (e-dok.) url: <http://www.reuters.com/article/2014/11/03/us-israel-aerospace-taxibot-iduskbn0in0tu20141103> (2015.02.15)
- [10] EGTS, THE ELECTRIC GREEN TAXIING SYSTEM (SAFRAN gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.safran.cn/spip.php?rubrique152&lang=en> (2015.02.15)
- [11] EGTS (SAFRAN gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <http://www.safranmbd.com/systems-equipment-178/electric-green-taxiing-system/> (2015.02.15)
- [12] Electric Green Taxiing System Increasing Aircraft Efficiency With a Reduced Environmental Impact (Honeywell gyári tájékoztató) (e-dok.) url: <https://aerospace.honeywell.com/~media/Brochures/etaxi-brochure.ashx> (2015.02.15)
- [13] Óvári Gyula Dr.: Gázok és villamosság mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok III. rész HADITECHNIKA 2014/4. p. 2-6. (2015.02.15)
- [14] Наземную технику – под контроль! AVIAGLOBUS 2013. 11. 05. (e-dok.) url: <http://aviaglobus.ru/2013/11/05/3486/> (2015.02.15)
- [15] Самолет едет, двигатели стоят AVIAGLOBUS 2013. 01. 05. (e-dok.) url: <http://aviaglobus.ru/2013/01/05/5144/> (2015.02.15)

Bera József¹

LÉGI KÖZLEKEDÉS ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEINEK ELEMZÉSE²

A modern környezetvédelem problémája, hogy olyan környezeti hatásokat kell kezelnie, melyek forrása egyéni és társadalmi értelemben is alapvető emberi igény elégíti ki. Ilyen kibocsátó forrás a légi közlekedés is, ami a kockázatok miatt a repülésbiztonság folyamatos fejlesztését eredményezte. A repülésbiztonság középpontjában a veszélymentes állapot fenntartása érdekében a balesetek elkerülése és a váratlan repülőesemények kockázati kezelése áll, ami a környezeti hatásokra és következményeire már kevésbé terjed ki. Ennek oka, hogy a repülésbiztonság elsődleges szerepe miatt a környezetvédelem nem jelenthet közvetlen, vagy önálló beavatkozást a légi közlekedési folyamatokba. Ez a tény rámutat arra, hogy a környezeti hatások és a repülésbiztonság összehangolt vizsgálatára az eddigieknél nagyobb hangsúlyt kell helyezni. A környezetbiztonsági elemzésekhez ezért olyan átfogó modellezési elv kialakítása szükséges, ami lefedi a légi közlekedési folyamatot, a környezet igénybevételét és a környezetvédelmi veszély csökkentését. A tanulmány a környezeti hatások és a repülésbiztonság új szabályozási elvét mutatja be.

ANALYSIS OF CONNECTION OF AIR TRANSPORT AND ENVIRONMENTAL SAFETY

The problem of the modern environmental protection is that it has to manage environmental effects, whose resources are basic human needs according to the person and the society. Such kind of resource is the air transport too, which result the uninterrupted developing of the flight safety by reason of the risks. In the center of the flight safety is the avoidance of the accidents and risk management of sudden flight events, but it covers less the environmental impact and its results. The reason for this is that the environmental protection doesn't mean direct intervention to the process of air transport because of main role of the flight safety. This fact points out that there should be a stronger emphasis on the harmonized research of the environmental impacts and the flight safety. That's why we need to develop a comprehensive modeling principle to the analysis of the environmental safety which covers the process of the air transport, the requisitioning of the environment and the lowering of the environmental dangers. This essay presents a new regulatory principle of the environmental impact and the flight safety.

KÖRNYEZETHASZNÁLAT ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG

Amennyiben elfogadjuk, hogy a körülöttünk lévő világ folyamatosan változik, a környezetvédelemnek is állandó megújuláson kell átesnie. Ebből következik, hogy a légi közlekedést is megújult, modern környezetvédelem eszközeivel lehet eredményesen befolyásolni. A környezetbiztonság területén a modern környezetvédelem környezethasználati folyamatokba való szerves beépítése és a kapcsolt környezettechnika alkalmazása jelenthet előrelépést [1]. Ennek feltételeit azonban meg kell teremteni, amihez tudományos ismereteken alapuló stratégia kidolgozása szükséges.

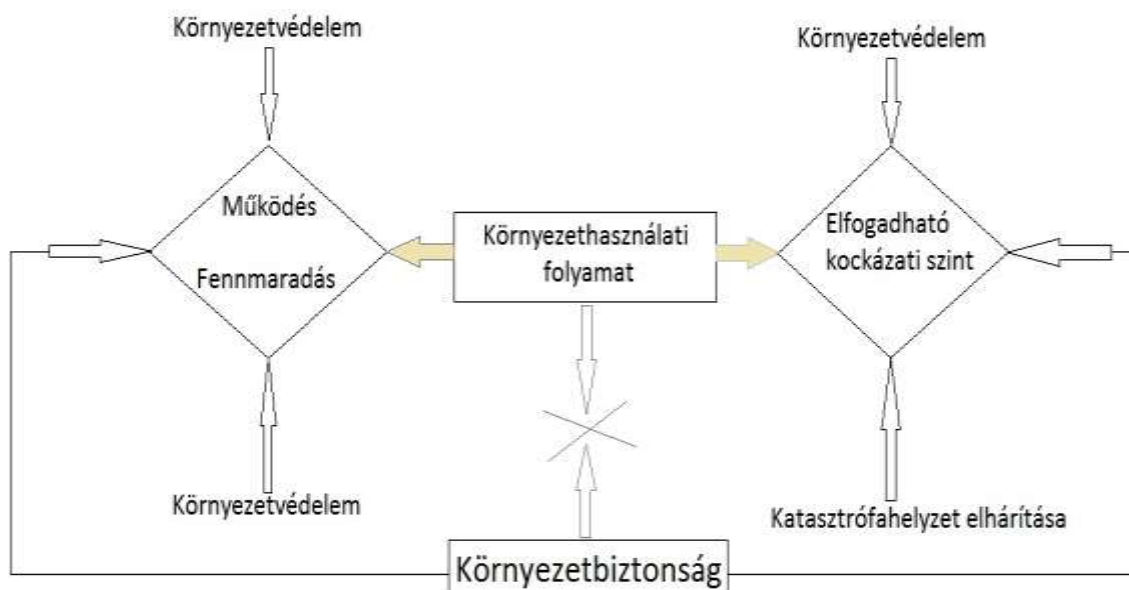
A veszélymentes vagy bántódásmentes állapot megvalósításához nélkülözhetetlen egyfajta „környezethasználat” – „környezetvédelem” – „környezettechnika” – „környezetbiztonság”

¹ PhD hallgató, Óbudai Egyetem, bera.jozsef@prosysmod.hu

² Lektorálta: Prof. Dr. Pokorádi László, egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

kapcsolati háló kialakítása. A környezetvédelmi szempontú veszély hiánya, azaz a veszélymentes állapot lesz a környezetbiztonság [2].

Természetesen törekedni kell arra, hogy ez az állapot ne csak pillanatnyi legyen, hanem véglegesen vagy tartósan fennálljon. Ennek útján jutunk el a modern környezeti biztonsághoz, ami a környezet használata és védelme közötti összhang megteremtésével lesz egyenértékű. A modern környezeti biztonságnak ugyanakkor tartalmaznia kell a környezetvédelmi érdekből való beavatkozás módszereit és jellemzőit azokkal a lehetőségekkel és korlátokkal, melyeket a használati folyamat még megenged. A környezetbiztonság és környezethasználati folyamatok közötti összefüggést az eddigiekben elmondottak alapján szerző saját szemlélete alapján az 1. ábra mutatja be.



1. ábra Környezetbiztonság és környezethasználati folyamatok összefüggése³

A környezetbiztonság és a környezethasználat között fennálló probléma megoldásához szükséges a kompromisszumos helyzet [2] kialakítása, ennek érdekében elengedhetetlen az olyan döntések meghozatala, melyek bizonytalanságot és kockázatot generálnak a repülésbiztonság oldalán. E tekintetben a környezethasználati folyamat és a környezetbiztonság közvetlen kapcsolatát kerülni kell, ahogy ez az 1. ábrán is látható. Lényeges szempont, hogy a környezeti hatások mértéke eredményesen csökkenjen, miközben a beavatkozások miatt a repülésbiztonság és a környezeti kockázat ne növekedjen.

Több szerző is rámutatott arra a tényre, hogy a légi közlekedésben bekövetkező negatív folyamatok – ami lehet nem várt esemény, vagy beavatkozás – kezelése csak a légi közlekedési folyamatok szabályozásával lehetséges [4][7]. Ebből a szabályozási szemléletből következik, hogy környezetvédelmi eredményt csak olyan, az egyéb működési és fennmaradási feltételekre is kiterjedő összehangolt beavatkozások összessége eredményezhet, ami a környezetvédelem mellett a repülésbiztonság oldalán is pozitív eredményhez vezet. Megoldásra váró probléma

³ forrás: szerző által készített ábra.



tehát a modern környezetvédelem, valamint a működés és a fennmaradás komplex rendszerének biztonság tudományba való beillesztése.

Figyelemmel az eddigiekben elmondottakra, szükséges a modern környezetbiztonság feltételrendszerének kialakítása, ezáltal biztosítva, hogy ne csak a katasztrófa helyzetek elhárításával érjük el a veszélymentes állapotot, hanem a megelőző környezetvédelem kerüljön előtérbe, amikor preventív intézkedésekkel megelőzzük és meggátoljuk a veszélyhelyzetek és a tartós környezetterhelés kialakulását a lehetőség fázisában. Ezért kap hangsúlyt az *1. ábrán* a környezethasználati folyamat és a környezetbiztonság közötti direkt és/vagy indirekt kapcsolat megszüntetése.

Az *1. ábrán* vázolt kapcsolati hálóból következik, hogy a környezetvédelem nem lehet olyan szintű korlátozás, ami a funkcionális működést akadályozza vagy ellehetetleníti. Rögzíteni kell azonban, hogy a helyes környezetvédelem a két irányban megvalósuló szabályozás eszközeit alkalmazza azáltal, hogy a kibocsátási oldalra és az észlelési oldalra egyaránt kiterjed. Mindez felveti azt az igényt, hogy a környezetvédelemben a problémamegoldáshoz olyan kompromisszumok sorozatát dolgozzuk ki, ami egyaránt érvényes a környezethasználatra és a környezetterhelés elleni védelemre. A kompromisszumos helyzet kialakítása és fenntartása ugyanakkor szükségsszerűvé teszi a komplex környezetvédelmi helyzetek megismerését és kutatását.

KÖRNYEZETBIZTONSÁG ÉS BIZONYTALANSÁG

A légi közlekedés szempontjából meghatározó azoknak a beavatkozási pontoknak az ismerete, melyek közvetlen segítséget adnak ahhoz, hogy mikor és milyen mértékben kerüljön sor környezetbiztonsági okokból beavatkozásra.

A környezetterhelési adatok egyrészt megalapozzák, másrészt indokolttá is teszik a környezetbiztonsági oldaláról meghozott döntéseket, ugyanakkor a repülésbiztonságot és a rendszerműködést is szem előtt tartva, a különböző érdekek ütközését is mérlegelni kell a döntési folyamatok során. Ez a szempontrendszer a környezetbiztonság és a bizonytalanság együttes elemzését követeli meg, hiszen amikor a repülésre irányadó környezetvédelmi előírás

- többletköltséget okoz;
- esetleg a repülési feladat végrehajtását nehezíti;
- a repülési feladat végrehajtásában jelentős korlátozást jelent;
- egyes esetekben egyéb repülésbiztonsági előírással ütközik

a végrehajtással érintett személyek a repülési feladatot és annak biztonságos végrehajtását sorolják a környezetvédelemmel összefüggő kérdések elé.

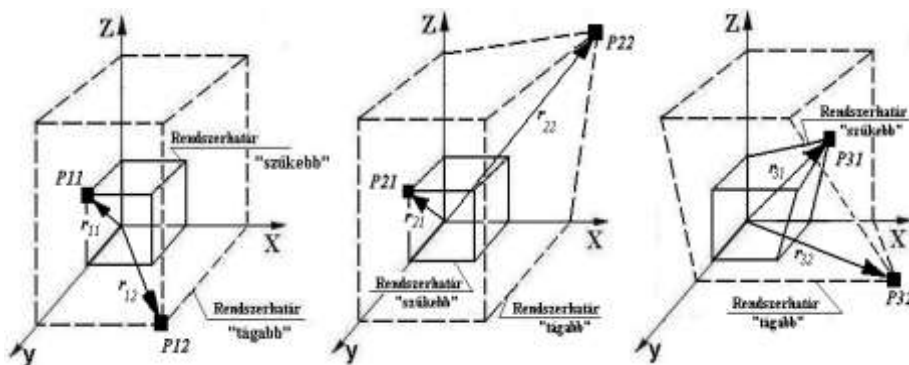
A beavatkozási ponton számtalan esetben emberi döntésen vagy döntések sorozatán alapul a folyamat, ezáltal az információk megléte vagy hiánya, az információáramlás és az adatok együttes kezelése a végrehajtásért felelős személyeknél kiemelt szerepet kap. Összességében a környezetbiztonság műszaki értelemben függ a képességtől, humán oldalon a rendelkezésre álló környezetterhelési adatok értelmezésétől. Meghatározó ebben a folyamatban a környezetbiztonság jellemzőinek helyes kezelése és az instacioner jelleg miatt a bizonytalanságból adódó hibalehetőség kiszűrése.

A biztonságot ugyanakkor nem lehet egyetlen mérőszámmal jellemezni. Mivel többféle veszélyes helyzet van, nem lehet egyféle biztonságról beszélni, ebből eredően a környezetbiztonság is egy többváltozós rendszert alkot. Kérdés, hogy a környezeti hatásokkal fémjelzett állapotot adott időpontban a repüléssel kapcsolatban mikor és mekkora terhelésnél lehet veszélyes állapotnak minősíteni? Ha választ szeretnénk kapni erre a kérdésre, akkor meg kell oldani egy újabb problémát is, miszerint a környezetvédelmet, például a zaj elleni védelmet hol és milyen módon lehet a légi irányítás rendszerébe integrálni?

Ezért új megközelítésben tartjuk szükségesnek vizsgálni a repülési zajterhelés problémáját, a bekövetkezési alapú szabályozást helyezzük előtérbe, miáltal a veszély- és kockázatelemzés lesz a repülési eljárások környezetvédelmi értékelésének sarokpontja.

A környezetvédelmi rendszer leírása a környezeti hatások vizsgálatára, a rendszerelemek tulajdonságaira és a környezet jellemzői miatt folyamatosan változó rendszerhatárookra, azaz időfüggő rendszerre terjed ki [3]. Ez nagyfokú és időben változó bizonytalanságot eredményez, ami kihatással van a környezetbiztonságra is. A környezetvédelmi rendszer, illetve a rendszerműködés szempontjából figyelembe vett rendszerkörnyezet ebben a megfogalmazásban nem azonos a környezetvédelmi vagy környezetbiztonsági szempontból lehatárolt környezettel. A rendszerkörnyezetet a rendszert övező tér olyan elemei alkotják, melyek leírása a hatások alapján, állapot tényezővel lehetséges.

A rendszer értelmezésénél figyelemmel kell lenni egyrészt a rendszer állapotára, másrészt a rendszer – rendszerhatárok – rendszerkörnyezet kapcsolatára, illetve annak változásaira, amit a környezeti háttérterhelésre vonatkozó példák is alátámasztanak. Célkitűzés tehát az olyan összefüggések keresése és felállítása, melyek egységesen és dinamikusan követik a rendszer és környezete kapcsolatában bekövetkező változásokat, amire a rendszerhatárok vizsgálatán keresztül nyílik lehetőség. A környezetvédelmi rendszer felépítését a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Környezetvédelmi rendszer és rendszerhatárok felépítése⁴

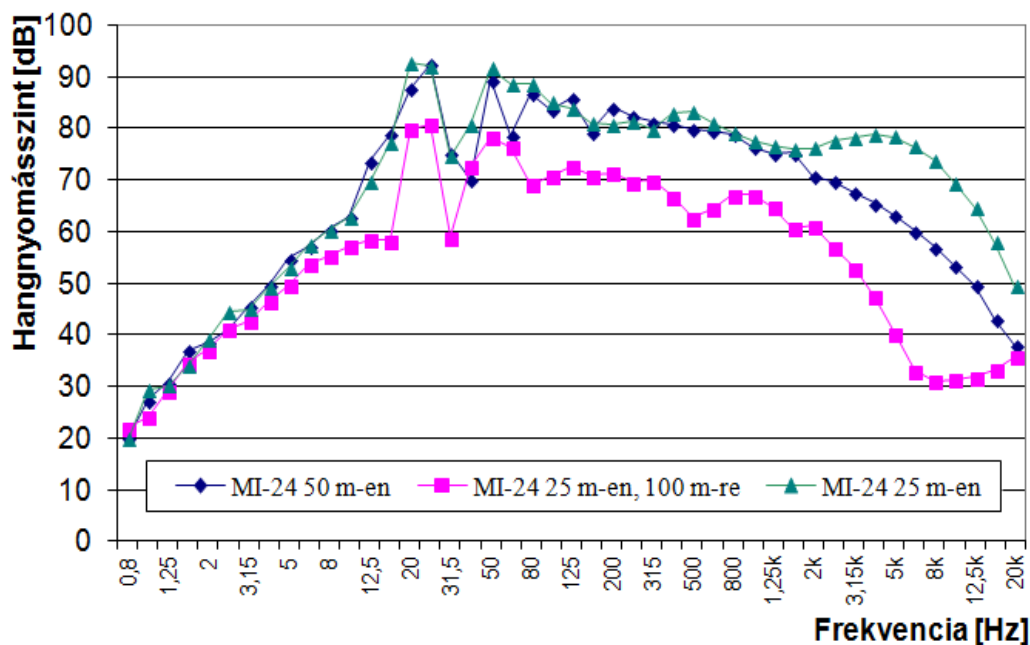
A megfelelő környezeti állapot biztosítása érdekében olyan rendszerjellemzők alkalmazása szükséges, melyek a változások becslésére és prognosztizálására is alkalmasak, megfelelő adatot szolgáltatnak a környezeti bizonytalanság leírására. Egyfajta megoldás, amikor az átlagértékekhez rendelt követelményszinteket a bizonytalan rendszer bemeneti tényezőihez rendelt valószínűség-

⁴ forrás: szerző által készített ábra.

eloszlások alapján, tulajdonképpen véletlenszerűen kiválasztott értékekkel írjuk le, és ezzel adjuk meg a környezetvédelmi rendszer lehetséges válaszainak valószínűségi jellemzőit.

Emellett jelentős szerepet kap a rendszer működésének figyelése, az állapot-változás nyomon követése, azaz a környezetvédelmi törődés. A legtöbb esetben ugyanis a környezeti bizonytalanság szempontjából meghatározó a rendszerelemek működése, a paraméterekhez kapcsolt időkoordináta. Ez kiegészül az adott időpontban rögzített térbeli helyzettel. Összefoglalva, a környezetvédelmi rendszer viselkedését a rendszer idő- és helykoordinátái alapján tartom célszerűnek vizsgálni, mert ezáltal lehet a környezeti bizonytalanságot csökkenteni.

Egy repülési feladat végrehajtásában bekövetkező, nem tervezett módosítás környezeti hatását szemléletesen mutatják a 3. ábrán látható hangnyomásszint értékek. A bemutatott zajszintek rögzítésére egy kijelölt terhelési pont felett végrehajtott helikopteres átrepülés során került sor, a vizsgálat idején a mérési pont és a zajforrás közötti távolságot változtattuk.



3. ábra Hangnyomásszint-frekvencia függvény eltérő repülési távolságok esetében⁵

A légi közlekedéssel és a légi jármű üzemeltetéssel kapcsolatos zajhelyzet kezelésére a fejlesztések és korszerű légi járművek létrehozásával, valamint a repülési manőverekbe való beavatkozással, az üzemeltetési és a légi forgalmi folyamatokba való beavatkozás útján van lehetőség [8]. A 3. ábrán bemutatott hangnyomásszint-frekvencia függvény a légi jármű üzemeltetés folyamatába való beavatkozás eredményére mutat példát. Egy ilyen adatsor alátámaszthatja például a környezetterhelés érdekében meghozott döntést, az adatok rendelkezésre állása segítheti az előzetes elhatározást is, melyben a bizonytalanság és a repülésbiztonsággal összefüggő kockázatra is figyelemmel kell lenni.

A bizonytalanság értelmezésekor POKORÁDI rögzíti, hogy a bizonytalanság mellett feltétlen figyelembe kell venni a kockázat fogalmát is, mely értelmezésével és különböző becslési mód-

⁵ forrás: szerző saját mérései alapján.

jaival is foglalkozik [6]. A kockázat tudományos vizsgálatára Pokorádi által rögzített megközelítésben jellemző, hogy közös vonásként jelenik meg a kockázat és a bizonytalanság összekapcsolása. Megfogalmazásában „a kockázat egy nemkívánatos esemény bekövetkezésének objektív bizonytalansága”.

A várható környezeti hatás és a hatás megváltozásának jelenségében rejlő bizonytalanság miatt a légi közlekedéssel kapcsolatban is számos kockázatosnak ítélt esemény bekövetkezésével számolhatunk. Amikor az esemény következménye megfigyelhető és mérhető, a várhatóan kialakuló környezeti hatás becslését korábban vagy referencia körülmények mellett rögzített adatok segítik, akkor objektív következményről beszélünk. Másik véglet, amikor a döntéshozó személy ismereteitől vagy értékrendszerétől, illetve az adott helyzettől függ a következmény értéke, ekkor szubjektív következményről beszélünk. A környezeti hatás szubjektív megítélését erősen torzíthatja az átlagértékek alkalmazása, mivel a tényleges, pillanatnyi vagy egy-egy rövidebb eseményhez kötött terhelési érték hiánya nem ad a valós helyzet megértéséhez elegendő információt. Ez a tény ahhoz vezet, hogy az eseményt kockázatosnak ítélje meg a döntéshozó.

KÖRNYEZETI HATÁS, ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG ALAPELVE

A légi közlekedés alaphelyzetben olyan rendszert alkot, amit mindaddig, amíg a repülési tevékenységet vesszük górcső alá, viszonylagos pontossággal tudunk meghatározni. A probléma és a bizonytalanság akkor kezdődik, amikor a környezeti hatások miatti rendszerhatárok ciklikusan, folyamatosan vagy időszakonként eltérő mértékben változnak, vagyis a környezetből érkező, értékükben és időben is változó jelek hatására elveszik az egyértelmű rendszerhatár (lásd 2. ábra). Mit értünk a rendszerhatárból eredő bizonytalanságon?

A választ az alábbi felsorolással foglaljuk össze:

- a megfelelő, a tényleges környezeti hatásra jellemző adatokat használjuk fel a rendszerhatárok meghatározásához, ezek hiánya torz rendszerhatárt eredményezhet;
- az előírt határértékeknek hol, milyen területen és milyen időpontokban kell teljesülni, e nélkül nem lehetséges a rendszerhatár kijelölése;
- rögzíteni kell, hogy milyen szempontból határozzuk meg a környezetvédelmi követelményeket, az értékelési szintek mekkora szerepet kapnak az értékelésben, mit tekintünk védendőnek a környezeti hatással szemben;
- lokális vagy összefüggéseiben nagyobb kiterjedésű hatásról beszélünk;
- mekkora és milyen jellegű a környezet állapotában bekövetkező változás mértéke.

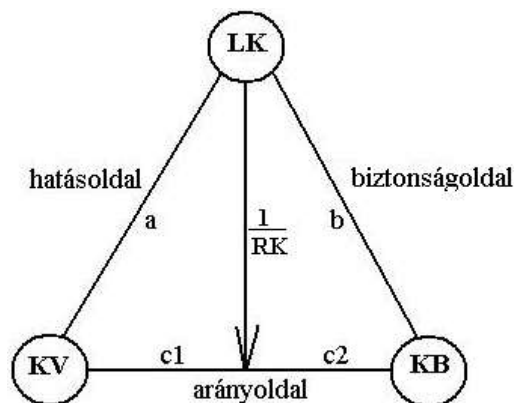
Fenti felsorolás alapján a rendszer és a környezet kapcsolatának fontos jellemzője, hogy a gerjesztő paraméterek bizonytalansága térben és időben is változó tényező, az adatok száma és pontossági foka így nagy jelentőséggel bír. Következmény, hogy a repülőtér és a légi forgalom magában hordozza a rendszerhatárok környezet jellemzőitől függő módosulását, a rendszergerjesztést önmagában nincs értelme vizsgálni. A környezet jellemzőitől függ a környezeti hatás, változik a kimutathatósági szint, ezzel a rendszerhatár.

A környezetvédelem és a környezetbiztonság összehangolt kezelése a repülésbiztonság, illetve a környezeti hatással járó folyamatok fenntartása szempontjából nem jelenthet korlátlan vagy

egyoldalú beavatkozást a légi közlekedési folyamatokba. A rendszerműködés és a környezeti hatások kezelése olyan szabályozást igényel, ami figyelembe veszi valamennyi, a működéssel és egyéb biztonsági feltétellel összefüggő tényező szerepét.

A szabályozás szerepének ismertetéséhez a környezeti hatás és környezetbiztonság alapelvét az alábbiakban rögzítjük.

A légi közlekedés (LK), a lokális környezetvédelem (KV) és a környezetbiztonság (KB), mint három alaptényezőt a közöttük fennálló kapcsolat miatt egyenlő oldalú háromszög sarokpontjaként célszerű rögzíteni. Közöttük a háromszög oldalai, mint hatásoldal, biztonságoldal és arányoldal adnak kapcsolatot, amit a 4. ábra szemléltet.



4. ábra Légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje

Az egyenlő oldalú háromszög felvételével az *LK* sarokpontból az alapra húzott magassági egyenes az $\frac{1}{RK}$ értékével azonos, a repülési korlátozások mértékéből adódik, és értelemszerűen felel a *KV-KB* sarokpontok közötti oldalt, ami legyen ebben az esetben a *c1* és *c2* részre osztott arányoldal.

Az *LK* csúcspontból húzott merőlegest $\frac{1}{RK}$ -vel, azaz a repülési korlátozások "reciprok" értékével jelöltük. Ennek oka, hogy a repülési korlátozások növekedésével a légiközlekedés lehetőségei csökkennek, azaz kevesebb vagy korlátozottabb lesz a repülés.

Ezzel együtt a metszéspont arányoldalon való mozgatása – a *KV* sarokponthoz közelítve, illetve a *KB* sarokponttól távolodva és fordítva – a *c1* és *c2* változtatásával lesz egyenértékű, ami egyben láthatóvá teszi az *LK-KV-KB* alaptényezők között fennálló arányokat is.

A háromszög *KV-LK* oldala a repülési tevékenységből eredő mért vagy észlelt hatásokkal összefüggő hatásoldalt jelenti, kiterjedése értelemszerűen az adott hatás nagyságát jellemzi. A háromszög *KB-LK* oldala a repülési tevékenységgel összefüggő környezetbiztonság mértékével azonos. A *KV-LK* és *KB-LK* oldalak hossza alapesetben – mivel kiindulásként egyenlő oldalú háromszöget vettem fel – egyenlők és megegyeznek a *c1* és *c2* összegével, vagyis az arányoldal hosszával. A *KV-LK* hatásoldal így a környezeti hatás kiterjedését, a *KB-LK* biztonságoldal a környezetbiztonság mértékét jelenti.



Célkitűzés, hogy a környezeti hatások úgy csökkenjenek, hogy a repülést korlátozó tényezők ne növekedjenek jelentősen, vagyis az $\frac{1}{RK}$ érték lehetőség szerint változatlan maradjon, de ne csökkenjen. Ezzel a környezetbiztonság oldala növekszik.

Ahhoz, hogy ez a feltétel teljesüljön, az „a” egyenes hossza csak olyan módon változhat, hogy a hatásháromszög „b” oldala növekszik, az $\frac{1}{RK}$ hossza pedig vagy változatlan marad, vagy szintén nagyobb lesz. Tehát a hatásoldal csökkenése az $\frac{1}{RK}$ változatlanul tartása és a „b” jelű biztonságoldal növelése mellett a repülésbiztonsági helyzet javulásával egyenértékű.

Ez a feltétel is magában hordozza a környezetvédelmi, túlzott esetben a környezetbiztonsági probléma megoldásához szükséges kompromisszumhelyzet kialakítását és fenntartását, amit a repülésbiztonság alapfeltételeként határoztunk meg. *Kompromisszum feltétel* [2] alapján: a környezethasználat és a környezet igénybevétele között fennálló kompromisszumos egyensúly, ami a környezeti hatás alapján, de a műszaki folyamat fenntartásával meghozott döntéseken és döntési sorozatokon alapul. Ezáltal a légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje a környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból szükséges kompromisszum feltétel teljesülését tükröző állapottényező lesz.

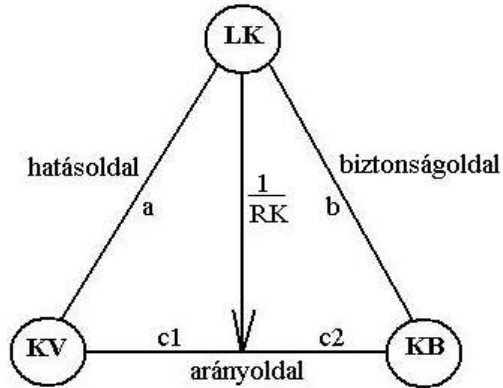
Amennyiben a háromszög alapoldala, ami ebben az esetben az arányoldal, és az $\frac{1}{RK}$ alkotta metszéspont a *KV* sarokpont felé mozdul el, az „a” jelű *KV-LK* hatásoldal kiterjedése csökken, azaz a környezeti hatás is kisebb lesz. Ebben az esetben a „b” jelű *KB-LK* biztonságoldal növekedésével környezetbiztonság szempontjából kedvezőbb helyzet alakul ki. Ennek feltétele az $\frac{1}{RK}$ változatlanul tartása, illetve az, hogy a repülési korlátozások ne növekedjenek jelentős mértékben.

Amennyiben az arányoldal és az $\frac{1}{RK}$ alkotta metszéspont az *RK* érték változatlanul tartása mellett a *KB* sarokpont felé mozdul el, a *KV-LK* oldal kiterjedése növekszik, azaz a környezeti hatás is nagyobb értékű lesz. Ebben az esetben a *KB-LK* biztonságoldal kiterjedése csökken, vagyis a környezetbiztonsági helyzet romlik. Ebből is látható, hogy a környezeti hatás változásai összefüggésben vannak a környezetbiztonsággal. Mivel a környezetbiztonság megtartása a cél, az 5. ábrán szemléltetett, a „légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög” modell alapján belátható, hogy a környezeti hatások növekedése a környezetbiztonság romlásához vezet, de hasonló az eredménye változatlan vagy csökkenő környezeti hatások mellett a repülési korlátozások negatív értelmű változásának, az $\frac{1}{RK}$ érték csökkenésének is.

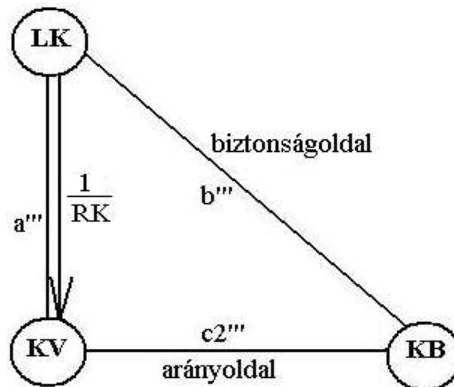
A környezetbiztonsági hatásháromszög modellt tekintve a kompromisszum feltétel megalapozottságát támasztja alá, hogy légi közlekedés környezetbiztonsági modelljét szükséges kiterjeszteni az alábbiakra is:

- megvalósíthatóság;
- bizonytalanság.

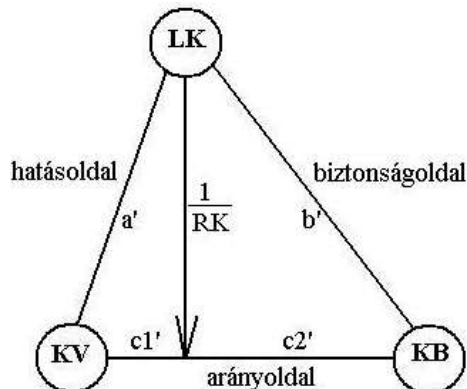
A környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból kedvező és kedvezőtlen, illetve a legkedvezőbb és az arányos helyzetet a 6., 7., 8. és 9. ábrákon szemléltetjük.



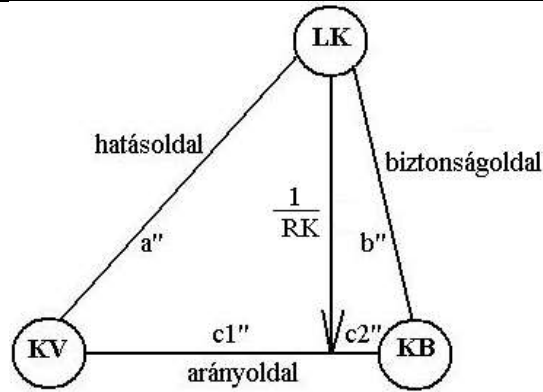
6. ábra Kompromisszum feltétel teljesülését tükröző környezetbiztonsági hatásháromszög modell



7. ábra Legkedvezőbb helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell



8. ábra Kedvező helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell



9. ábra Kedvezőtlen helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell

Mivel célkitűzés, hogy a repülési műveletek fenntartása és végrehajthatósága fennmaradjon – vagyis az egyenlő oldalú háromszög magassági vonala ne legyen kisebb –, ezáltal a *KV-LK* sarokpontok közötti hatásoldal minél kisebb legyen, a *KV* sarokpontot kell az arányoldalon kijelölt metszésponthoz közelíteni úgy, hogy a *KB* sarokpont helyzete ne változzon. Ezzel a környezeti hatás csökkentése nem jár a folyamatba való olyan mértékű és jellegű beavatkozással, ami más szempontból a repülésre nézve gátló tényezőt jelent, vagy akár a repülésbiztonság veszélyeztetését jelentené. A repülési feladatok jellege, így az $\frac{1}{RK}$ közelítése az 1 értékhez ugyanakkor a *KV-LK* hatásoldal szempontjából is előnyös lehet, amikor a repülési feladat ellátása egy másik zajos tevékenység helyettesítése miatt szükséges.

Tehát megállapítható, hogy csak a *KV-KB* arányoldal *c1* szakaszának változtatása, vagyis az *RB* és az arányoldal alkotta metszéspontból adódó, a *KV* és a *KB* sarokpontokkal alkotott részoldalak arányában bekövetkező változás jelenthet megoldást a légiközlekedés környezetvédelmi helyzetének javítására. A 6., 7., 8. és 9. ábrán bemutatott eltérő helyzeteket az 1. táblázatban foglaljuk össze.

Ábra	Hatásoldal	Arányoldal	Minősítés
6.	$a = b$	$c1 = c2$	Kompromisszum feltétel
7.	$a''' = \frac{1}{RK} < b'''$	$c1''' = 0, c2''' \gg 0$	Kedvezőbb helyzet
8.	$a' < b'$	$c1' < c2'$	Kedvező helyzet
9.	$a'' > b''$	$c1'' > c2''$	Kedvezőtlen helyzet

1. táblázat Környezetbiztonsági hatásháromszög értelmezése

Ahhoz, hogy a *c1* és *c2* oldalpárok kedvező aránya kialakuljon, természetesen több szempontot is figyelembe kell venni, melyek a környezetterhelésre hatással vannak. A 7. ábra szerinti helyzet egy szélsőséges állapotot tükröz, előfordulási gyakorisága kicsi.

A környezetbiztonsági háromszög modell számára nem elégséges a [5] alapján az (1) összefüggéssel meghatározott átlagolt hangnyomásszint érték. Olyan jellemző alkalmazását tartjuk szükségesnek, ami a ténylegesen fellépő környezeti hatással hozható közvetlen összefüggésbe a bekövetkezési lehetőségekre és valószínűségekre is tekintettel.

$$L_{AM, re} = 10 \cdot \lg \frac{\tau_{ref}}{T_M} \cdot M \cdot 10^{0,1 \cdot L_{AX}} \text{ [dB]} \quad (1)$$

ahol:

$L_{AM, re}$ – repülésből származó mértékadó A-hangnyomásszint [dB];

τ_{ref} – referencia érték, 1 s;

T_M – megítélési idő [s];

M – mértékadó repülési műveletek száma;

L'_{AX} – átlagos repülési zajeseményszint [dB].

A (1) összefüggés alapján több fontos megállapítást is tehetünk, melyek figyelembevételére a légi forgalom miatt kialakuló környezeti hatás értékelésénél és a légi forgalom változásában kiemelt szerepet kap. Az alkalmazott T_M megítélési idő értéke nappal 16 óra, éjjel 8 óra átlagos környezetterhelést ad, így a zajterhelés értéke elsősorban a mértékadó műveletszám, vagyis a forgalom változásaitól függ. Az alkalmazott összefüggés meghatározó eleme tehát a megítélési időben rögzített légi forgalom.

Másik fontos tényező az átlagos repülési zajeseményszint, ami a zajforrás mellett a környezet állapotától – például hangterjedési viszonyok – és a védelmet igénylő területtől is függ. Mért érték, a becsléshez és az értékeléshez alkalmazott (1) összefüggés meghatározó adata. A zajeseményszint érték tehát a kibocsátó forrást és a környezetet együttesen jellemzi, vagyis közös adat. Elsődlegesen befolyásolja a környezetterhelést okozó forrás és a környezete között fennálló viszonyt. Nem függ az M mértékadó műveletszámtól, és minden esetben a szubjektív módon észlelt, a hangtérben kialakuló hangnyomás változását, a zavarást mutatja.

Mindebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a repülési zaj megítélésében a ténylegesen észlelt zajesemény-szinteknek nagyobb jelentősége van, mint az egyenértékkel kifejezett zajterhelésnek.

KÖVETKEZTETÉSEK

A környezetterhelés csökkentését célzó beavatkozások olyan szabályozást igényelnek, melyek figyelembe veszik valamennyi, a működéssel és egyéb biztonsági feltétellel, például repülésbiztonsággal összefüggő tényező szerepét. A szabályozást a folyamat egészére ki kell terjeszteni.

A légi közlekedés – ezen belül a légi jármű üzemeltetés és a légi közlekedési létesítmények működtetése – abban az esetben felel meg teljes körűen a környezetbiztonság vonatkozásában megfogalmazott szempontoknak, amennyiben

- a környezeti hatásokkal kapcsolatos beavatkozások megvalósíthatósága, valamint a
- a környezeti hatások kezelése és a beavatkozások eredményének bizonytalansága

a repülésbiztonsággal szoros összefüggésben a vizsgálatok körébe kerül. Ezek a szempontok az alábbi alapfeltétel rögzítését igénylik:

- a repülésbiztonság környezetbiztonsági alapfeltétele, hogy a légi közlekedéssel kapcsolatos környezeti igénybevételek kezelése a használati folyamatok és a kialakuló hatások közötti kompromisszumhelyzet kialakításával és szűk határok közötti fenntartásával történjen.

A kompromisszumhelyzet áttekintéséhez és fenntartásához egy új módszer alkalmazását javasoljuk, melynek eredménye a környezetbiztonsági háromszög modell.

A bemutatott elvek alkalmazásával a légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje a környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból szükséges kompromisszum feltétel teljesülését tükröző állapottenyező lesz.

A környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból kedvező és kedvezőtlen, illetve a legkedvezőbb és az arányos helyzeteket vizsgálatára, az esetleges változások levezetésére és nyomon követésére környezetbiztonsági háromszög modell megfelelő eszköz lehet. Alkalmazása mellett a folyamatok figyelemmel kísérhetők, mivel lehetővé teszi egy-egy döntés eredményeként kialakuló megváltozott helyzet kiértékelését a hatásoldal – biztonságoldal – arányoldal kiterjedésén keresztül.

A légi közlekedéssel összefüggő környezeti igénybevétel, ezen belül a repülési zaj modellezésének átgondolását is igényli a környezetbiztonsági háromszög modell alkalmazása olyan módon, hogy a környezeti hatásban ne kizárólag a forgalom rendelkezzen dominanciával. Ehelyett megfontolásra javasoljuk azt a megközelítést, ami az előírt repülési eljárásokhoz tartozó zajszinteket helyezi középpontba, ezáltal a zavaró hatás a bekövetkező legnagyobb zajszintekre is kiterjedő bekövetkezési valószínűségekkel lesz jellemezhető.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARÓTFI ISTVÁN (ed.) Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, 981 p.
- [2] BERA JÓZSEF - POKORÁDI LÁSZLÓ Műszaki folyamatok hatása a környezetbiztonságra, In: Bitay Enikő (szerk.) Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XIX: Nemzetközi Tudományos Konferencia, 480 p. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2014.03.20-2014.03.21. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 57-60.
- [3] BERA JÓZSEF Kockázatkezelés a környezetvédelmi tervezés folyamatában, In: Bitay Enikő (szerk.) Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVII. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2012.03.22-2012.03.23. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 35-38.
- [4] KAVAS LÁSZLÓ - ÓVÁRI GYULA A XXI. század helikopterfejlesztésének néhány fontosabb irányzata, Repüléstudományi Közlemények XXV. évfolyam 2013.1. szám, Szolnok, 2013, pp. 210-222.
- [5] MSZ 13-183-3:1992 (1992) *A közlekedési zaj mérése. Repülési zaj*, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 6 p.
- [6] POKORÁDI LÁSZLÓ Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008, 242 p.
- [7] ROHÁCS JÓZSEF - HORVÁTH ZSOLT A repülésbiztonság problémája és fejlesztési elvei, Repüléstudományi Közlemények XXV. évfolyam, 2013.3. szám, Szolnok, 2013, pp. 39-55.
- [8] SZABÓ JÓZSEF (ed.) Repülési Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991, I. kötet 623 p., II. kötet 603 p.

Kavas László¹ – Óvári Gyula² – Rozovicsné Fehér Krisztina³

SOLAR IMPULSE⁴

A környezetszennyező fosszilis üzemanyag perspektivikus alkalmazhatóságának lehetősége azért is korlátozott, mivel belőle az elkövetkező években egyre kevesebb mennyiség termelhető ki, így ára is folyamatosan növekszik. Emiatt, célszerű a figyelmet az alternatív energiahordozókra fordítani. Ezt tette néhány svájci szakember is, akik több éves munkával megalkottak egy olyan repülőgépet, amelynek a teljes szárnyfelületét napelemek borítják. Ennek eredményeként a napsugárzás energiáját begyűjtve nem csak nappali, hanem megfelelő hányadát tárolva, éjszakai repülésre is alkalmassá tették az elektromos hajtóművekkel felszerelt légi járművet. Először egy szomszédos országba, ezt követően egy másik kontinensre repültek át vele, majd ebben az évben tervezik a Solar Impulse-nak nevezett repülőgépükkel a Föld körülrepülését.

SOLAR IMPULSE

The perspective use of environmentally pollutant fossil fuels is also limited because less and less can be exploited in the next years and due to it its price will be continuously higher and higher. Considering this, it is worth paying more and more attention to alternative energy sources. This was the cause that some Swiss aviation specialist, working for several years on the project, created an aircraft with fully solar cells covered wing surface. The result was an aircraft, which with its electric engines, collecting and partly storing the solar energy, capable of flying day and night. At first they flew to a neighbouring country and later to another continent. This year they attempt of flying around the globe with their electric powered aircraft called Solar Impulse.

A Földünkön kitermelhető fosszilis eredetű üzemanyagok mennyisége egyre csökken, ezzel együtt fokozatosan drágul is. Ez arra indította a felhasználókat, – köztük a polgári és katonai repülések felelős irányítóit is – hogy kutassák a hagyományos üzemanyagok alternatív energiahordozókkal történő kiváltási lehetőségeit. A repülőgépek meghajtásának egyik kézenfekvő megoldásaként kínálkozott a napenergia hasznosítása, melyre már az 1970-es években is történtek biztató kísérletek.

NAPELEMEKRŐL

A napelem (vagy foto villamos elem) olyan szilárdtest eszköz, amely az elektromágneses sugárzást (foton befogást) közvetlenül villamos energiává alakítja. Az energiaátalakítás alapja, hogy a sugárzás elnyelődésekor mozgásképes töltött részecskék jönnek létre, amiket az eszközben az elektrokémiai potenciálok, illetve az elektron kilépési munkák különbözőségéből származó elektromos tér rendezett mozgásra kényszerít, így elektromos áram jön létre. Ez a jelenség bármilyen, megfelelő fény spektrummal rendelkező fényforrás esetén is lezajlik, nem szükséges kizárólagosan napfény [1].

1 alezredes, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, kavas.laszlo@uni-nke.hu

2 közalkalmazott, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, ovari.gyula@uni-nke.hu

3 közalkalmazott, mérnök tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, rozovicsne.fehér.krisztina@uni-nke.hu

4 Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, egyetemi tanár, drmi48@gmail.com

Gyártási technológiájuk alapján két nagy csoportba sorolhatóak, kristályos és vékonyrétegű napelemekre. A kristályosoknak tovább két alcsoportja létezik: a mono- és a polikristályos technológiával előállított cellák (1. ábra). Mindkét alcsoport alapeleme a szilícium félvezető réteg. Eltérés közöttük a gyártásukon kívül az, hogy a napsugarakat, - azok beesési szögétől függően - másként hasznosítják (forró égőben a monokristályos modulok kicsit jobban teljesítenek, míg északon a polikristályos változat hatékonyabb [2]). Mivel az egykristályos cellák, nagyobb teljesítményt képesek leadni így a Solar Impulse repülőgépeknél is ezt használják.



1. ábra Mono- és polikristályos napelemek⁵

Napelemek a Solar Impulse repülőgépben

Minden napelemet, a Solar Impulse repülőgépekbe történő beépítés előtt háromszor ellenőriznek. Egy panel elkészítéséhez (2. ábra) először 300 db cellát kötnek össze, ügyelve a polaritásukra. Műgyantát kennek az üvegfólia alá, és erre fektetik az összekötött cellákból álló réteget. Az így kapott több rétegből álló lemezt egy formába helyezik, majd 7 óra időtartamra 95°-ra kemencébe helyezik.



2. ábra Napelem panelek összeállítása⁶

Nagyon fontos, hogy összeszerelés alatt semmilyen szennyeződés (haj vagy akár por, stb.) nem érheti a napelem panelokat. (Ezekből egyetlen elkészítése 10–15 órát igényel, a Solar Impulse-

⁵ kép forrása: http://napelem.net/napelemes_rendszer/monokristalyos_polikristalyos_napelem.php

⁶ kép forrása: <http://www.solarimpulse.com/timeline/view/6544#.VNHqDtJMwns>

hoz 48 darabot gyártottak). A cellák között hézagokat hagynak, amelyeket vékony fóliával fednek be, így a napelemek dilatációja okozta alakváltozás egymás károsítása nélkül történik. A fóliák egyben rugalmasak is, hiszen kompenzálniuk kell repülés közben a szárny megengedett aeroelasztikus deformációja (hajlítás, csavarás) során bekövetkező alakváltozásokat. Ezen kívül átlátszóak is, hogy a napelemekhez minimális veszteséggel jusson el a szárnyat érő fény.

SOLAR IMPULSE REPÜLŐGÉPEK

Svájcban közel tíz év leforgása alatt két repülőgépet építettek. Az első, Solar Impulse nevű prototípus lajstromjele HB-SIA, míg a másodiké, a Solar Impulse 2-é HB-SIB.

Solar Impulse (HB-SIA) technikai adatai

Az indító prototípus (3. ábra) fejlesztése 2006-ban kezdődött és egészen 2009-ig tartott. Vele az első nappali felszállást 2010. április 7-én, míg az éjszakait 2010. július 7-én hajtották végre.

A HB-SIA 1,3 m³ térfogatú, túlnyomás nélküli pilótafülkéjében egy fő foglalhat helyet. Szárnya alatti gondolákban helyezték el az (lítium-polimer) akkumulátorokat. Ezeket a szárny és a vízszintes irányfelületek felső, ~200 m²-es felületén elhelyezett 11 628 db napelem tölti fel energiával. Négy elektromos motorjának teljesítménye egyenként 7,5 kW, melyek átlagosan 70 km/h-s sebesség elérését teszik lehetővé. A repülőgép hossza 28,85 m, a magassága 6,4 m, a szárnyfesztávolsága 63,4 m (összehasonlításképpen Airbus A340-es sorozat szárnyfesztávolságai 60,3–63,45 m).



3. ábra Solar Impulse repülőgép⁷

A repülőgép törzskialakítása konvencionális rácsszerkezet, ahol a négy hosszirányú szén-szálcső keresztmetszetű övrudat, az oldallapok mentén egyenlőszárú háromszög formában elhelyezett rácscrudak kötik össze (4. ábra).

⁷ kép forrása: <http://www.solarimpulse.com/timeline/view/4468#.VM9nidJMwns>

A négyszög keresztmetszetű, szénszál erősítésű kompozit főtartóra, 50 cm-ként, hasonló anyagú 120 db bordát rögzítettek. A szárny szendvics szerkezetű, méhsejt (hexagonális cellás) töltőanyaggal, alját könnyű, rugalmas filmréteggel vonták be.



4. ábra Solar Impulse repülőgép sárkányszerkezete⁸

A szárnyak alatt négy, a törzzsel azonos szerkezeti kialakítású gondolában helyezték el a légcsavarokat meghajtó villanymotorokat, és az energiát tároló 70 db lítium-polimer akkumulátort, valamint az akkumulátorok töltöttségét és hőmérsékletét ellenőrző irányító rendszert. Ugyancsak ide építettek be gondolánként 2–2 MPPT (Maximum Power Point Trackers) nevű szabályzó egységet, melyek elektromos áramkörként optimalizálják a villamos energia felvételét a napelemekből, és szabályozza az akkumulátorok töltését. Nagy repülési magasságokon (~8500 m) és/vagy éjszakai repüléskor a környezeti alacsony hőmérséklettől a gondolában lévő berendezéseket hőszigetelő réteg védi. Az elektromos motorok kétlapátos, 3,5 m átmérőjű légcsavarokat hajtanak meg, percenként 400 fordulattal.

A napelemeket alkotó 145 mikron vastagságú monokristályos szilícium cellák, kellően könnyűek és jó hatásfokkal hasznosítják a napsugárzást. A hozzájuk kapcsolódó akkumulátorok még mindig nehezek - a repülőgép tömegének ~25 %-a – emiatt szükségessé vált a repülőgép további részeinek tömegcsökkentése. (Ld. még KÖVETKEZTETÉS 2.!)

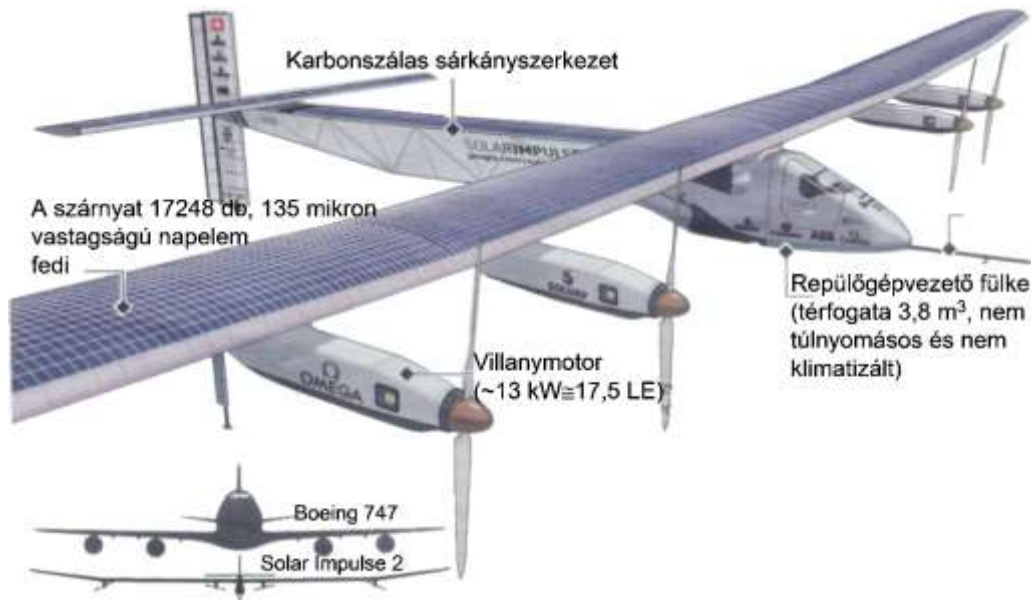
A Solar Impulse repülőgépen elhelyezett központi fedélzeti számítógép begyűjti, majd elemzi a repülőgép és a repülés aktuális paramétereit, információkat ad a pilótának, telemetriai kapcsolatot tart fenn a földi, műszaki személyzettel, optimális teljesítmény leadásra állítja a motorokat, miközben ellenőrzi az akkumulátorok töltöttségét is.

Tervezői és építői ezzel a repülőgéppel kívánják demonstrálni, hogy csak a Nap energiáját felhasználva is lehetséges repülni nappal és éjszaka.

⁸ kép forrása: <http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/hb-sia/#.VNicqeZMwnt>

Solar Impulse 2 (HB-SIB) technikai adatai

A Solar Impulse 2 repülőgép (5. ábra) építését 2011-ben kezdték és két évre volt szükség a befejezéshez. 2014. június 2-án emelkedett először a levegőbe. Megalkotásában 50 mérnök és technikus, 80 technológiai partner, több mint 100 tanácsadó és beszállító vett részt [3].



5. ábra Solar Impulse 2 repülőgép⁹

A sárkányszerkezet és a teherviselő rendszer kialakítása megegyezik az első prototípusával. Meghatározó szerkezeti anyaga a szénszál erősítésű kompozit, a szárny méhsejt töltőanyagú szendvics kialakítású, amely kis tömegű és erős szerkezetet biztosít a repülőgépnek. A sárkány üres szerkezeti tömege tizede, egy azonos geometriai jellemzőkkel bíró vitorlázó repülőgépnél. A külső felületét borító szénszál kompozitanyag fajlagos tömege kevesebb, mint az ugyanakkora külső paraméterekkel rendelkező, nyomtatókhöz is használatos papírlapnak (25 g/m^2).

A 71,9 m-re növelt fesztávolságú szárny (meghaladja a Boeing-747-ét!) szükséges aero-dinamikai formáját és szilárdságát, – elődjéhez hasonlóan – a főtartóra 0,5 m-ként rögzített, 140 db szénszál bordszél biztosítja. A felső szárnyfelületet itt is napelemek, míg alsót könnyű, rugalmas filmréteg borítja.

A nagyobb felületű szárnyon, illetve a törzsön és a vízszintes, valamint függőleges vezérsíkon több, 17 248 darab, 135 mikron vastagságú napelemet lehetett elhelyezni, összesen $269,5 \text{ m}^2$ felületen (6. ábra). Ez, a hőszigetelt hajtómű gondolatokban elhelyezett, 633 kg tömegű lítium-polimer akkumulátorok töltésén kívül nagyobb teljesítményű elektromos motorok ($4 \times 13 \text{ kW} \approx 4 \times 17,5 \text{ LE}$) alkalmazását is lehetővé tette. (Összehasonlításképpen a repülőgép össztömege 2300 kg). Az elektromos motorok kefék és érzékelő nélküliek, 4 méter átmérőjű, a kétlapátos légszárakat percnként 525 fordulattal forgatják.

Az elkészült Solar Impulse 2 repülőgép néhány repülési és műszaki adata: [4]

- a megengedett maximális bedöntés értéke: 5°

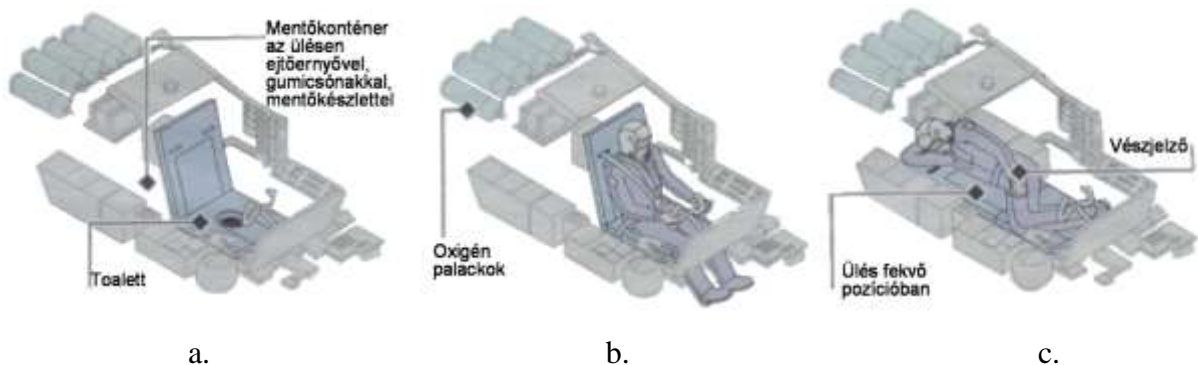
⁹ kép forrása: Getty Images

- felszállási sebesség: 35 km/h;
- nekifutási úthossz kevesebb mint 150 m;
- maximális utazási magasság (napközben): 8500 m;
- minimális sebesség a tengerszinten: 35 km/h;
- maximális sebesség a tengerszinten: 90 km/h;
- minimális sebesség 8500 m-en: 57 km/h;
- maximális sebesség 8500 m-en: 140 km/h;
- szerkezeti tömeg: 2300 kg;
- akkumulátorok össztömege: 633 kg.



6. ábra Napelemek elhelyezkedése a Solar Impulse 2 repülőgépen¹⁰

Az éjszakai repülésnek, a jelenleg ismert legkorszerűbb akkumulátorok alkalmazása mellett is súlyos ára van. Az előd típusnál nagyobb térfogatú (3,8 m³), együléses repülőgépvezető fülkében – a szükséges energia tartalék hiányában – túlnyomás és kondicionálás kialakítása, a hosszú távú repülések megkönnyítésére robotpilóta beépítése számításba sem jöhetett.



7. ábra Pilótaülés átalakíthatósága¹¹

¹⁰ kép forrása: <http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/solar-impulse-2/#.VNiGIuZMwns>

¹¹ kép forrása: http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/human-challenges/?utm_source=site&utm_medium=thumbnail&utm_content=rtw&utm_campaign=human-challenges#.VNNIhNJMwns



A fülke belső hőmérsékletét (a kis és nagy repülési magasság, nappali-éjszakai repülés okán $\Delta t_{\text{környezeti}} \cong 35\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$! is lehet) hőszigeteléssel kívánják elfogadható szinten tartani (5. ábra). A huzamos idejű repülés során fellépő biológiai szükségletek kielégítésére az ülésrészt toalettet építettek be, a repülőgép kormányozhatatlanná válás és kényszer-leszállás esetére annak háttámlájára mentőkonténerrel helyezték el (7.a. ábra). Az utóbbi az ejtőernyőn kívül a szokásos mentő és túlélő készletet tartalmazza. Napközben a 3000–8500 m-es repülési magasságban a légzés előírt élettani feltételeit oxigénpalackok biztosítják (7.b. ábra).

Az egyszemélyes fülkében a lassú, hosszú időtartamú repülés során neuralgikus elem a repülőgépvezető pihentetésének (altatásának) megoldása, melyet a robotpilóta hiánya is nehezít. A kormányvezérlés valamennyi csatornáján nagy statikus stabilitású Solar Impulse 2 esetében a modell és szimulátor kísérletek 20 perces összefüggő, biztonságos alvás, relaxálás lehetőségét valószínűsítették repülés közben az egyszerűen fekvőhelyé átalakítható ülésen (7.c. ábra). Ilyenkor a repülést felügyelő rendszer az előírásostól eltérő repülési jellemzők (sebesség, magasság, dőlés, bólintás stb.) esetén – a szokásos fény és hangjeleken kívül – a repülőgépvezető csuklójára rögzített vibrációs jelzőn keresztül is azonnal figyelmeztet.

A lerövidített, szakaszos pihenések optimális hasznosítására, ébren a koncentráció fokozására, speciális felkészítés során önhipnózist és különböző relaxálási technikákat sajátítottak el a pilóták (Bertrand Piccard, André Borschberg). Természetesen a Föld körüli repülés előtt és alatt is folyamatosan tanácsokkal látják el a pilótát az orvosok és a műszaki, valamint repülési szakemberek. A Nestlé Health Science például ajánlást adott ki a pilóta számára egy napi étel- és italbevitelre repülés közben, mely szerint 2,5 kg étel, 2,5 kg víz és 1 l sportital elfogyasztása célszerű.

A Solar Impulse repülőgép, – mint egy, a napenergia által hajtott új repülőgép konstrukció – megfelelő működtetése, a Föld biztonságos körbepérése szükségessé tette egy komplett felkészítési és üzemeltetési rendszer kimunkálását is. Ehhez a Mission Control Center (rövidítve: MCC) munkatársai minden lehetséges eshetőséget szimulálnak, ami előfordulhat a repülés folyamán, és

- külön repülési szimulátor fejlesztettek ki a Solar Impulse pilótáinak, amelyben gyakorolni lehetett a hosszú időtartamú repüléseket illetve a szükséges vészhelyzeti eljárásokat.
- kidolgozták a folyamatos segítségnyújtás módszereit és rendszerét, mely magába foglalja az időjárás figyelemmel kísérését, belépési engedélyek és leszállási engedélyek beszerzését az ellenőrzött légterekbe, illetve nemzetközi repülőtereken, valamint a repülőgép és a földi központ folyamatos műholdas adatkapcsolati rendszerét.

A Solar Impulse repülőgépek repülési programjainak jelentősebb állomásai

2010. április 7.: A Solar Impulse prototípus először emelkedik el a földtől, és 87 percet tölt a levegőben, miközben 1000 méteres repülési magasságot ér el.

2010. július 7-8.: A világon elsőként a Solar Impulse prototípus repül megszakítás nélkül 26 órát kizárólag napenergia felhasználásával, amely így magában foglalja az első éjszakai fázist is.

2010. szeptember 21–22.: Svájcot átszelve Genfben és Zürichben is landolt a repülőgép, hogy bemutassák az érdeklődőknek.



2011. május 13.: 13 órányi repülőút után leszállt a Solar Impulse Brüsszelben. Ez volt a repülőgép első nemzetközi útja.

2011. június 14.: A Solar Impulse Párizsban szállt le, mert különleges vendégként részt vett a Párizs-Le Bourget-i Nemzetközi Légügyi és Űr Kiállításon, június 20–26. között. Ez volt az első találkozás a nagyközönséggel és a szakemberekkel.

2012-ben teljesítette a Solar Impulse az Észak-Afrikai küldetést, amely során több mint 6000 km-et repült Svájcból Marokkóba és vissza. Ez volt az első interkontinentális repülése:

- május 25-én Payerne-ben szállt fel, és Madridban szállt le;
- június 6-án Rabatban landolt, majd egy hét pihenő után indult újra útnak;
- június 13-án elérte Ouarzazate-t, de nem bírt leszállni a nagy szembeszél miatt, így visszafordult Rabat-ba;
- június 22-én már sikerrel teljesítette a Rabat-Ouarzazate távot;
- június 28-án elindult a visszaútra, és leszállt Rabatban;
- július 7-én Madridban szállt le;
- július 17-én Toulouse-ban landolt;
- július 24-én visszatért a Solar Impulse Payerne-be, és ezzel befejezte Észak-Afrikai útját.

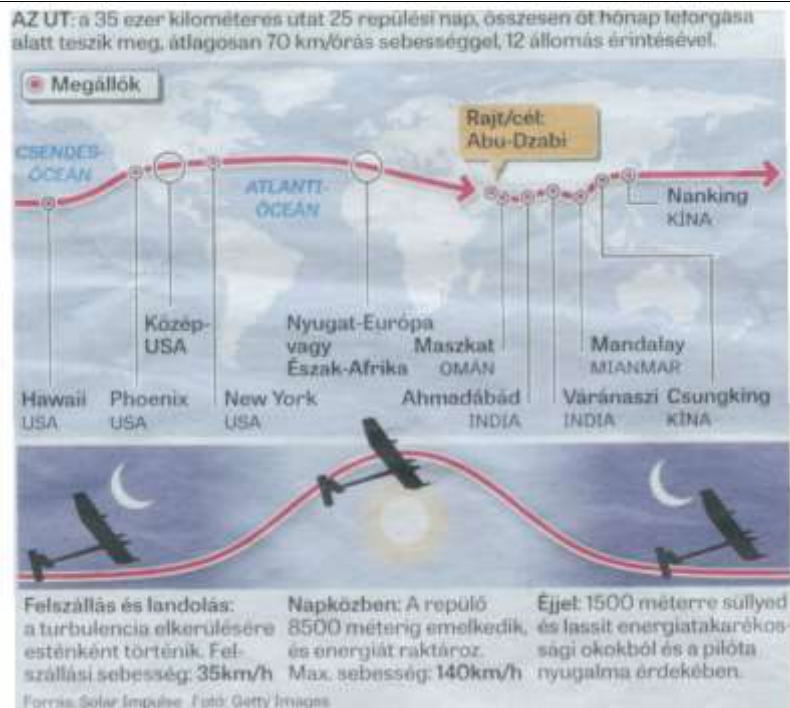
2013-ban újabb utazást terveztek a Solar Impulse-szal. Az Amerikai Egyesült Államokat szeltek keresztül nyugatról keleti irányba. Minden városban, ahol leszállt a repülőgép bemutatót tartottak a megújuló energiákból nemcsak tanulóknak, hanem politikusoknak és üzletembereknek is. Az alábbi útvonalon haladtak:

- 1. szakasz: május 3–4.: San Francisco – Phoenix;
- 2. szakasz: május 22–23.: Phoenix – Dallas;
- 3. szakasz: június 3–4.: Dallas – St. Louis;
- 4. szakasz: június 14–15.: St. Louis – Washington DC;
- 5. szakasz: július 6.: Washington DC – New York.

2014. június 2.: A Solar Impulse 2 repülőgép először emelkedett a levegőbe, 2 óra 17 perces repülés során, 1670 m-es repülési magasságot ért el.

A Föld körül

Január 20-án tartott sajtókonferencián bejelentették, hogy március 1-jén fog a Solar Impulse 2 felszállni az Egyesült Arab Emírátsokból, Abu Dhabi-ból, és ide is tér vissza Föld körüli útjáról július végén, augusztus elején. A 8. ábrán mutatja be a repülés tervezett útvonalát, illetve a kiválasztott leszálló, pihenő helyeket. Itt az is látható, hogy két helyszín (város), – az egyik az Amerikai Egyesült Államok közepén, a másik Dél-Európában vagy Észak-Afrikában – még bizonytalan. A későbbiekben derül ki, hogy e zónákban - az időjárástól és a geopolitikai helyzettől függően – hol lesz lehetőség leszállni.



8. ábra A Föld körüli repülés landolási helyei¹²

A ~35000 km-es út tényleges repülési ideje várhatóan ~500 órát vesz igénybe.

Ez év január 6-án érkezett meg a repülőgép Abu-Dhabi-ba, ahol először összeszerelték, majd február 4-én megkezdték a földi tesztjeit (9. ábra). Terv szerint március 1-én, indul Föld körüli útjára, de addig még sok tennivalójuk van a szakembereknek, pilótának.



9. ábra Solar Impulse 2 Abu-Dhabi-ban¹³

A tervezés során elemezték a technikai (anyagi és rendszer) okból bekövetkező baleseti kockázatot, mely kevesebbnek bizonyult nemzetközi szinten, mint a még elfogadhatónak tekintett 50%-nál.

¹² kép forrása: Kálmán Gábor: A nap erejéből a föld körül METRO ZÖLD 2015. 02. 12. p.11.

¹³ kép forrása: <http://www.solarimpulse.com/timeline/view/7736#.VNNFvNJMwns>

Következtetés

1. A repülés sikeres végrehajtása minden bizonnyal jelentős impulzust ad a légiközlekedésben az alternatív energiák felhasználása, ezen belül is az elektromos meghajtás kutatásának.

2. Ami már a Solar Impulse 2 földkörüli repülés, – bármilyen kimenetelű befejezése – előtt is belátható: a villamos meghajtás térhódításának napjainkban legnagyobb gátja az energia megfelelő hatásfokú tárolása, valamint az erre szolgáló eszközök (akkumulátorok) hosszú idejű, körülményes feltölthetősége. Az akkumulátorok 25–35%-os tömegaránya látszólag kedvezőbb a kerozinos, benzines rendszerek 45–55%-os arányánál, csakhogy az utóbbi üzemanyagok ~1 dl-ben (0,72–0,86 kg) kb. annyi energia-mennyiség van, mint amennyit egy 20 kg-os ólomakkumulátor tárolni képes.

A legkorszerűbb litium-ion (Li-Ion), valamint a litium-polimer (Li-Po) akkuknak ennél ugyan kedvezőbb az energiatárolási hatékonyságuk, azonban még a mobil-telefonokban sem kielégítően biztonságosak (esetenként kigyulladnak, robbannak), a repülőgép energia-rendszerében történő felhasználásuk is okozott már súlyos baleseti kockázattal járó repülőeseményt (10. ábra). Ezért jelenleg inkább nikkel-kadmium (NiCd), vagy tartósabb nikkel-fémhidrid (NiMH) akkumulátorokat alkalmaznak [7].



10. ábra B-787 felrobbant Li-Ion akkumulátora¹⁴

E területen érdemi változást várhatóan a jelenleg fejlesztési stádiumban lévő üzemanyagcellák elterjedése, hatékonyságuk további javulása eredményezhet. Bennük a hagyományos akkumulátorokhoz viszonyítva - azonos térfogatban kisebb szerkezeti tömeg mellett - lényegesen több energia tárolható.

¹⁴ kép forrása: Óvári Gyula dr.: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok III. HADITECHNIKA 2014/4 p. 4-5.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] WIKIPEDIA <http://hu.wikipedia.org/wiki/Napelem>
- [2] MANITU SOLAR KFT. honlapja http://napelem.net/napelemes_rendszer/monokristalyos_polikristalyos_napelem.php
- [3] SOLAR IMPULSE honlapja http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/building-a-solar-airplane/?utm_source=site&utm_medium=textlink&utm_content=si2&utm_campaign=tech-challenges#.VLTyDtJMwns
- [4] SOLAR IMPULSE honlapja <http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/piloting-a-solar-airplane/#.VLeF0dJMwns>
- [5] WIKIPEDIA http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse
- [6] SOLAR IMPULSE honlapja www.solarimpulse.com
- [7] Kálmán Gábor: A nap erejéből a föld körül METRO ZÖLD 2015. 02. 12. p.11.
- [8] Óvári Gyula dr.: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok III. HADITECHNIKA 2014/4 p. 4-5.

Békési László¹ – Tóth József²

NEOBOOK PLATFORM ALKALMAZÁS A KATONAI REPÜLŐ TAN- SZÉK PÁLYÁRA IRÁNYÍTÓ TEVÉKENYSÉGÉBEN³

II.rész

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudomány és Honvédtisztképző Karához tartozó Katonai Repülő Tanszéken megvalósuló képzéssel foglalkozik a cikk. A tanszék eddigi pályára irányító tevékenységéhez kapcsolódó bemutató anyagok PowerPoint diák segítségével készültek. A szerzők egy másik, a célnak jobban megfelelő szoftver segítségével (NEOBOOK) lapozható könyv formájában mutatja be az érdeklődőknek a tanszéken folyó képzések tananyagtartalmát külön-külön az egyes specializációkra szöveges és képi illusztrációval. A cikk első része a Repülésirányító specializációval foglalkozott, míg a jelenlegi második rész, a Katonai Repülőműszaki specializációt valamint annak moduljait mutatja be. A cikk szerzői az elkészült szoftvert a konferencián működés közben is bemutatják.

APPLICATION OF NEOBOOK PLATFORM FOR CAREER ORIENTATION PROGRAMME OF DEPARTMENT OF MILITARY AVIATION

Part two

This paper deals with the training process at the Department of Military Aviation, belonging to the National University of Public Service, Faculty of Military Science and Officers' Training. Earlier Power Point slides were used to create similar presentations for the career orientation programmes of the department. Nowadays, the authors have chosen new, more practical software (NEOBOOK). Using this programme a book page format was created to show the subjects of different specialisations through text and picture illustrations for the enquirers. The first part of the paper deals with Air Traffic Controller Specialisation, meanwhile the second part will show the Military Aviation Technical Specialisation and its modules. The completed software will be presented by the authors at the conference.

A NEMZETI KÖZSZOLGÁLAT EGYETEM HADTUDOMÁNYI ÉS HON- VÉDTISZTKÉPZŐ KARÁNAK SZERVEZETE

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Karai:



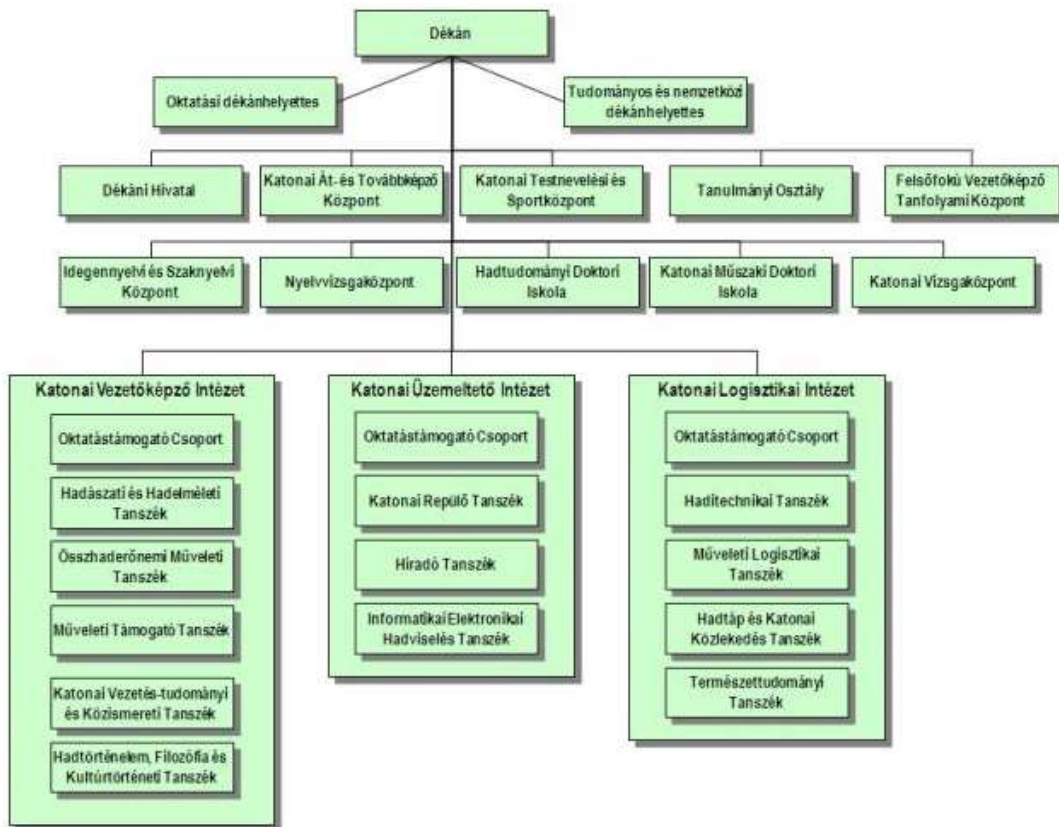
1. ábra A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Karai

¹ közalkalmazott, főiskolai tanár, NKE, Katonai Repülő Tanszék, bekesi.laszlo@uni-nke.hu

² alezredes, főiskolai docens, NKE, Katonai Repülő Tanszék, toth.jozsef@uni-nke.hu

³ Lektorálta: Dr. Békési Bertold alezredes, egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, bekesi.bertold@uni-nke.hu

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar szervezete:



2. ábra A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar szervezete

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar alapképzési szakjai:

- Katonai vezető
- Katonai üzemeltetés
- Katonai gazdálkodási
- Had- és biztonságtechnikai mérnök
- Katonai logisztika

Katonai Üzemeltető Intézet

A Katonai Üzemeltető Intézet 2012. július 1-én, a korábbi Katonai Üzemeltető és Logisztikai Intézet szétválásával jött létre, megőrizve annak értékét és eredményét. A cél az volt, hogy olyan egyetemi szervezet alakuljon ki, amely a képzési szerkezetet tükrözi [1].

A Katonai Üzemeltető Intézet alaprendeltetése olyan honvédtisztek képzése, akik általános vezetői és katonai műszaki felkészültségük alapján képesek a Magyar Honvédség legbonyolultabb haditechnikai eszközeivel rendelkező fegyvernemeinek és szakcsapatainak parancsnoki beosztásai ellátására, a haditechnikai eszközök üzemfenntartási folyamatainak irányítására, az alegységek vezetésére, valamint a középvezetői beosztások ellátására. Az intézet jelen szervezeti felépítésében az Informatikai és Elektronikai Hadviselés Tanszék, a Katonai Repülő Tanszék és a Híradó Tanszék foglalja magába.



A honvéd tisztjelöltjeink a 2012. szeptemberi tanévkezdéstől már kifutó jelleggel tanulnak a Had- és biztonságtechnikai mérnök alapszakon, a negyedik szemesztert követően pedig még az alábbi szakirányokon és specializációkon folytathatják tanulmányaikat:

- katonai elektronikai szakirány:
 - légvédelmi rakétatechnikai specializáció;
 - lokátorteknikai specializáció;
 - elektronikai hadviselés specializáció;
- híradó szakirány:
 - katonai távközlés specializáció;
 - katonai információbiztonság specializáció;
- informatika szakirány;
- műszaki, katasztrófavédelmi és közlekedési szakirány:
 - közlekedési specializáció;
- haditechnikai szakirány:
 - fegyverzettechnikai specializáció;
 - páncélos- és gépjármű-technikai specializáció;
 - vegyivédelmi technikai specializáció;
- repülőműszaki szakirány:
 - fedélzeti rendszerek specializáció;
 - sárkány-hajtómű specializáció;
- légiközlekedési szakirány:
 - repülésirányító specializáció.

Az új katonai karriermodell elveire építve és a tisztképzés reformjával összhangban kerültek kidolgozásra az új követelményeknek megfelelő katonai üzemeltető alap- és mesterképzési szakok alapítási és indítási dokumentumai. A terveknek megfelelően, **2013 őszétől az új Katonai Üzemeltető alapszakon már az alábbi szakirányokra történt a felvétel:**

- katonai repülőműszaki;
- repülésirányító;
- híradó;
- katonai informatika;
- rádióelektronikai felderítő és elektronikai hadviselés.

Az új képzési koncepció szerint a Katonai üzemeltető mesterképzés egyéves, nappali képzési formában került alapításra és 2013 őszén, első alkalommal indításra.

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Műszaki Doktori Iskolájának több programja is alapvetően az intézet mesterképzésére épül, így a doktori PhD képzésben is folytathatják tanulmányaikat a felvételi eljárásan megfelelt hallgatók. 2012 szeptemberétől ismét lehetőség nyílt nappali doktoranduszi helyek megpályázására, ami több éves szünet után újabb fel lendülést hozhat a tanszékek tudományos életébe.

Ösztöndíjas honvéd tisztjelöltek egyetemi tanulmányaik mellett a Magyar Honvédség Ludovika Zászlóalj állományában teljesítenek szolgálatot, a zászlóalj által szervezett katonai szocializációs programokban, gyakorlatokon és speciális felkészítéseken vesznek részt. A zászlóalj valódi katonai szervezetként a Magyar Honvédség hagyományinak ápolása mellett kiemelt figyelmet



fordít a csapathagyományok, csapatünnepek megőrzésére, olyan évszázados magyar katonai értékrend kialakítására és átörökítésére, mint a Ludovika szellemisége. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem oktatási és a Ludovika Zászlóalj szocializációs tevékenységének együttes eredményeit hordozva kerülnek ki fiatal tisztjeink az alma mater falai közül, ahová mindig visszavárják őket parancsnokaik, tanáraik.

Katonai üzemeltetés alapképzési szak [2]

1. Az alapképzési szak megnevezése: katonai üzemeltetés (Military Maintenance)

2. Az alapképzési szakon szerezhető végzettségi szint és a szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:

- végzettségi szint: alapfokozat (baccalaureus, bachelor; rövidítve: BSc);
- szakképzettség: katonai üzemeltető vezető (zárójelben megjelölve a specializáció);
- a szakképzettség angol nyelvű megjelölése: Military Maintenance Manager;
- választható specializációk: katonai repülőműszaki, repülésirányító, híradó, katonai informatika, rádióelektronika felderítő és elektronika hadviselés (Military Aviation Technical, Military Air Traffic Control, Telecommunication, Military Information Technology, Signal Intelligence and Electronic Warfare).

3. Képzési terület: közigazgatás, rendészeti és katonai

4. Képzési ág: honvédelmi és katonai

5. A képzési idő félévekben: 8 félév

6. Az alapfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma: 240 kredit

6.1. A képzési ágon belüli közös képzési szakasz minimális kreditértéke: 60 kredit

6.2. A specializációhoz rendelhető minimális kreditérték: 44 kredit

6.3. A szabadon választható tantárgyakhoz rendelhető minimális kreditérték: 12 kredit

6.4. A szakdolgozathoz rendelt kreditérték: 10 kredit

6.5. Az elméleti és gyakorlati ismeretek aránya, beleértve a képzés szemináriumi gyakorlatait is: 35–45%

7. Az alapképzési szak képzési célja, az elsajátítandó szakmai kompetenciák:

A képzés célja olyan katonai üzemeltető szakemberek képzése, akik alkalmasak a Magyar Honvédség, a Honvédelmi Minisztérium, annak háttérintézményei, valamint a védelmi szféra haditechnikai és más szaktechnikai eszközeinek üzemeltetésére, az üzemfenntartás vezetésére, valamint az új haditechnikai eszközök és a hozzájuk kapcsolódó új technológiák bevezetésére, illetve alkalmazására. A választott szakiránytól függően képesek alegység-parancsnoki és szakbiztonsági beosztásokban honi területeken béke és minősített időszakban, külföldön többnemzeti békétámogató és háborús műveletekben haditechnikai rendszerek üzemeltetéséhez és üzemfenntartásához kapcsolódó gyakorlati tevékenységek tervezésére, szervezésére és irányítására. A szakon végzettek kellő mélységű elméleti ismeretekkel rendelkeznek a képzés második ciklusban történő folytatásához.

7.1. Az alapszakon végzettek rendelkeznek:

- közszolgálati alapismeretekkel;
- a megfelelő alap katonai vezetői (parancsnoki) kompetenciákkal;
- a nemzeti katonai hagyományok tiszteletével;
- rövid felkészítés után nemzetközi (EU, NATO, ENSZ) környezetben, háborús és béke-műveleti helyzetekben, különböző vallási, etnikai és kulturális területen való feladat-végrehajtás képességével;
- saját fegyverneme, illetve szakcsapata iránti elhivatottsággal és más fegyvernemek, szakcsapatok szakmai kultúrájának tiszteletével;
- az első tiszti beosztás ellátásához szükséges jogi ismeretekkel;
- a szakasz (század) kiképzéséhez szükséges szakmódszertani ismeretekkel;
- a szakasz (század) békevezetési okmányai és azok vezetéséhez szükséges ismeretekkel;
- alegységszintű elméleti és gyakorlati ismeretekkel a Magyar Honvédség katasztrófavédelmi feladatok megoldásához való hozzájárulásához;
- korszerű katonai térképészeti, tereptani és katonaföldrajzi ismeretekkel;
- a szakasz (század) kommunikációs, híradó és informatikai eszközeinek ismeretével, informatikai alkalmazói ismeretekkel;
- alapvető egészség- és járványügyi, valamint sebesült ellátási ismeretekkel;
- kiváló mentális, fizikai, pszichikai állapottal;
- magabiztos angol katonai szaknyelvi kommunikációs készségekkel;
- korszerű teljesítményértékelési és a beosztottakat motiváló képességekkel.

7.2. Az alapképzési szakon végzettek ismerik és képesek:

- helyesen értelmezni a modern hadsereg funkcióit, helyét és szerepét a demokratikus társadalmakban;
- a modern hadsereg magyar és európai értékeinek, hagyományainak képviselőjére és tiszteletére;
- harcos elődeikhez híven és méltón teljesíteni katonai-szakmai feladataikat;
- a katonai szövetségi rendszerben a számukra előírt feltételeknek és feladatoknak megfelelni;
- érvényt szerezni a hadviselés nemzetközi egyezményekben rögzített szabályainak a hazai, a nemzetközi és a szövetségi műveletekben;
- harcászati szintű katonai szakalegységeik kiképzésének, napi tevékenységének tervezésére, szervezésére és vezetésére;
- az erők és eszközök megóvásával kapcsolatos feladatok tervezésére, szervezésére és irányítására;
- környezettudatos katonai-szakmai tevékenység végzésére és munkavédelmi feladatok megoldására;
- modern vezetési módszerek és eszközök alkalmazására;
- az egyenlő esélyű hozzáférés elvének alkalmazására;

katonai repülőműszaki specializáción továbbá

- a légijármű üzemeltetésével és javításával kapcsolatos folyamatosan kiadott utasítások, szabályzatok, közlönyök és egyéb okmányok feldolgozására és végrehajtására;

- a tanulmányok befejezését követően a szakterületnek megfelelően önképzés keretében, az adott típusú légi jármű kiszolgálási és üzemben tartási rendszerének elsajátítására;
- a légi jármű és berendezései meghibásodásainak gyors és pontos feltárására, azok előírás szerinti szakszerű kijavítására, illetve kijavíttatására;
- a légi jármű üzemben tartásához és csapatjavításához szükséges anyagi eszközök biztosítására irányuló szakmai számítások végrehajtására;

7.3. Az alapképzési szakon végzettek alkalmasak:

- a hazai, nemzetközi és szövetségi műveletekben, valamint a harcászati szintű katonai szervezeteknél a haditechnikai rendszerek üzemeltetésének végrehajtására, valamint üzemfenntartásuk tervezésére, szervezésére, irányítására, elemzésére és értékelésére;
- a katonai alegységekben szaktiszti beosztások ellátására;
- a szakalegységek alaprendeltetéséből fakadó feladatai végrehajtásának vezetésére;
- a rendszeresített haditechnikai eszközök, és haditechnikai szakanyagok szakszerű alkalmazására, hadra fogható állapotban tartására.

7.4. A szakképzettség gyakorlásához szükséges adottságok és készségek:

- kreativitás, rugalmasság, autonómia;
- problémafelismerő készség, és problémamegoldó képesség;
- intuíció és módszeresség;
- tanulási készség és jó memória;
- széleskörű műveltség;
- belső igényesség;
- magas szintű stressztűrő képesség;
- információfeldolgozási képesség;
- környezettel szembeni érzékenység;
- elkötelezettség és igény a minőségi munkára;
- a szakmai továbbképzéshez szükséges pozitív hozzáállás;
- kezdeményezés, személyes felelősségvállalás és gyakorlás, döntéshozatal;
- alkalmasság az együttműködésre, a csoportmunkában való részvételre, kellő gyakorlat után vezetői feladatok ellátására.

8. A törzsanyag (a szakképzettség szempontjából meghatározó ismeretkörök):

8.1. alapozó ismeretek: 82–98 kredit

- *katonai ismeretek: 30–34 kredit*
szabályismeret, lövészeti felkészítés, harcászat, katonai testnevelés;
- *közszolgálati alapismeretek: 28–32 kredit*
biztonsági tanulmányok, közszolgálati alapismeretek, a közszolgálati alapvizsga ismeretanyaga, közszolgálati életpályák, közszolgálati logisztika, alkotmányjog, állam szervezete;
- *gazdasági és humán ismeretek: 10–14 kredit*
hadijog, közgazdaságtan, logika, minőségbiztosítás és minőségirányítás;
- *természettudományos alapismeretek: 14–18 kredit* matematika, fizika, villamosságtan.



8.2. Szakmai törzsanyag ismeretkörei: 81–99 kredit

- szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei: 54–66 kredit

villamos áramkörök és hálózatok, informatikai ismeretek, szenzortechnikai ismeretek, mechatronikai ismeretek, telekommunikációs ismeretek, repülési ismeretek, rádióelektronikai felderítő-, és elektronikai hadviselési ismeretek, rendszertechnika, rendszerüzemeltetés, szakharcászat, szakági rendszerek, típusismeret;

- szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei: 27–33 kredit rendszerüzemeltetés,- és üzemeltetési eljárások, szakharcászat, rendszer- és típusismeret.

8.3. Differenciált szakmai ismeretek: 54–66 kredit

- választható specializációk: 44–56 kredit

a híradó, a katonai informatika, a katonai repülőműszaki, a repülésirányító, a rádióelektronika felderítő és elektronika hadviselés specializációkon a kompetenciák kialakításához szükséges ismeretkörök.

- szakdolgozat.

9. Szakmai gyakorlat:

A honvéd tisztjelöltek az első szakmai gyakorlatot az alapképzésben a 6. szemeszterben, 2 hetes időtartamban, a Magyar Honvédség kijelölt katonai szervezeteinél, választott szaknak, illetve specializációnak megfelelő feladattal hajtják végre. A második szakmai gyakorlat az alapképzés 8. szemeszterében történik. Ez egybefüggő 4 hetes szakmai gyakorlatot jelent, amely az első tiszti beosztásra való felkészítést is jelenti egyben.

10. Idegennyelvi követelmények:

Az alapfokozat megszerzéséhez angol nyelvből államilag elismert STANAG 6001. 2.2.2.2. nyelvvizsga-bizonyítvány szükséges.

Katonai Repülő Tanszék

A katonai felsőoktatás hagyományait ápolva, a mai kor elvárásainak és igényeinek megfelelően, immár több mint öt évtizede folyik magas színvonalú katonai repülő tisztképzést Szolnokon, amely számos területen egyedül szolgálja ki a honvédség e speciális területének szakemberigényét. A Tanszék repülő-műszaki-, és repülésirányító tisztek szakmai képzését folytatja. A honvéd tisztjelöltek a diploma megszerzése után általános katonai és mérnöki felkészültségük alapján képessé válnak a Magyar Honvédség legbonyolultabb haditechnikai eszközeivel rendelkező fegyvernemei és szakcsapatai speciális beosztásainak ellátására, a haditechnikai eszközök üzemeltetésére, azok technikai kiszolgálására, a repülések nemzeti-, és nemzetközi eljárások szerinti irányítására, a kapcsolódó katonai-műszaki fejlesztés folyamatainak irányítására, az alegységek vezetésére, valamint a középvezetői beosztások ellátására. A tanszék biztosítja az elméleti és a gyakorlati képzés harmonikus egységét, és egymásra épültségét, a magas szintű elméleti megalapozottságot, a gyakorlatorientált képzést. A Tanszék és szakcsoportjai (Repülő Sárkány Hajtómű szakcsoport, Fedélzeti rendszerek szakcsoport, Repülésirányító és Repülő-hajózó Szakcsoport) a képzési szintek és formák szinte teljes körében – alapképzés, mesterképzés, doktori képzés, valamint tanfolyami képzés – töreksenek a Magyar Honvédség oktatási-, és



képzési igényeinek kielégítésére. A szakcsoportoknál folyó képzéshez korszerű szaktantermek, laboratóriumok és szimulátorok állnak rendelkezésre. Oktatóink felkészültségének és motivált-ságának, valamint a honvéd tisztjelöltek tehetségének köszönhetően a Tanszék elismert intéz-ménye a magyar felsőoktatásnak. A Tanszék különös gondot fordít a hallgatói tehetséggondo-zásra, a környezettudatos gondolkodás és szemléletmód kialakítására. Oktatóink és kutatóink szakmai-, és emberi értékeket közvetítenek a hallgatóink felé, törekszenek a katonai hivatástu-dat és az elkötelezettség elmélyítésére, a honvédség hagyományainak ápolására [3].

Repülő Sárkány-Hajtómű Szakcsoport

A szakcsoport oktatási feladata az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Üze-meltető Intézet, Katonai Repülő Tanszék szervezeti egységen belül, annak személyi állományával és az ott elhelyezett infrastruktúra felhasználásával, felső- és középfokú végzettségű repülő szak-emberek magas szinten történő alap-, tovább- és átképzése az alábbi oktatási rendszerekben:

- Katonai Üzemeltetés Alapképzési Szak, Katonai Repülőműszaki Specializációban;
- a Had- és Biztonságtechnikai mérnöki (BsC) alapszak, Repülőműszaki szakirány, Sár-kány-hajtómű specializációban (kifutó jelleggel);
- az NFTC (NATO Flying Training in Canada) képzésre beiskolázott repülőgép- és heli-koptervezető jelöltek elméleti felkészítésében;
- a HHK Doktori Iskolái doktoranduszainak oktatásában,
- a megrendelői elvárásoknak megfelelő szakmai tanfolyamok végrehajtásában az MH repülőcsapatai, – igény esetén – a polgári repülés számára.

Az oktató-nevelő tevékenység alapvető célja, olyan, korszerű ismeretekkel rendelkező mérnök-tisztek felsőfokú szakmai alapképzése, akik az előírt szakmai gyakorlat megszerzése után, ön-állóan képesek a repülőgépek (helikopterek) gépészeti rendszerei üzemben tartásának megszer-vezése, irányítása. A légi- és földi üzemben tartással kapcsolatos műszaki problémák felisme-rése, analizálása, azok megoldásához műszaki és repülésbiztonsági szempontból helyes dönté-sek meghozatala, illetve a gépészeti rendszerek üzemképességének helyreállítása békében és repülő-harc-tevékenység időszakában egyaránt. Az üzemeltetés során csapatkörülmények kö-zött végrehajtandó karbantartási és javítási folyamatok technologizálása, és az ehhez szükséges munkavégzési folyamatok megszervezése és ellenőrzése [4].

A tudományos életben a szakcsoport oktatóinak és kutatóinak alapvető joga, és kötelessége, hogy az oktatási tevékenységük mellett kutatómunkát is folytassanak, valamint tudományos eredménye-ikről nyilvános fórumokon adjanak számot. Kutatómunkájuk kiterjed a repülés számos területére, a repülésbiztonság műszaki és humán aspektusaira. E tevékenység alapvető sajátossága a nyilvá-nosság. Az szakcsoport oktatói és kutatói hazai, és nemzetközi fórumokon, konferenciákon, vala-mint egyéb rendezvényeken adnak számot tudományos munkájuk eredményéről. A tudományos eredmények közzététele során írott és elektronikus formában is publikálhatják tudományos munká-juk eredményeit, melynek egyik fontos terepe az Tanszék jogelődje által alapított Repüléstudomá-nyi Közlemények. A szakcsoportban dolgozó oktatóknak fontos szerepe van az egyetemi képzés-ben részt vevő tehetséges hallgatók OTDK-ra történő sikeres felkészítésében, valamint az egyetem Doktori Iskoláiban tanuló doktoranduszok képzésében egyaránt.



A szakcsoport tudományos és kutatási tevékenységének fő irányai:

- a multimédia és a működő modellek alkalmazási lehetőségei a repülőtisztképzés hatékonyságának növelése érdekében;
- katonai repülőgépek korszerű üzemeltetése és diagnosztikája;
- repülőgép szerkezetek számítógépes analízise és működési szimulációja;
- csapásmérő repülőeszközök gazdaságossági és hatékonysági kérdése;
- a repülő műszaki állomány kompetencia alapú képzésének és felkészítésének elemzése;
- a repülőgép kompozit szerkezeteinek karbantartási sajátosságai;
- alternatív repülő-tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségei és korlátai.

Fedélzeti Rendszerek szakcsoport

A szakcsoport oktatási feladata az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Üzemeltető Intézet, Katonai Repülő Tanszék szervezeti egységén belül, annak személyi állományával és az ott elhelyezett infrastruktúra felhasználásával, felső- és középfokú végzettségű repülő szakemberek magas szinten történő alap-, tovább- és átképzése az alábbi oktatási rendszerekben:

- Katonai Üzemeltetés Alapképzési Szak, Katonai Repülőműszaki Specializációban;
- a Had- és Biztonságtechnikai mérnöki (BsC) alapszak, Repülőműszaki szakirány, Fedélzeti Rendszerek specializációkban (kifutó jelleggel);
- az NFTC képzésre beiskolázott repülőgép- és helikoptertervező jelöltek elméleti felkészítésében;
- a HHK Doktori Iskolái doktoranduszainak oktatásában;
- a megrendelői elvárásoknak megfelelő szakmai tanfolyamok végrehajtásában az MH repülőcsapatok, – igény esetén – a polgári repülés számára.

Az oktató-nevelő tevékenység alapvető célja, olyan, korszerű ismeretekkel rendelkező repülőműszaki mérnöktisztek felsőfokú szakmai alapképzése, akik az előírt szakmai gyakorlat megszerzése után, önállóan képesek a korszerű repülőeszközök fedélzeti rendszereinek üzemben tartásának megszervezésére, irányítására. A légi- és földi üzemben tartással kapcsolatos műszaki problémák felismerése, analizálása, azok megoldásához műszaki és repülésbiztonsági szempontból helyes döntések meghozatala, illetve a fedélzeti rendszerek üzemképességének helyreállítása békében és repülő-harc-tevékenység időszakában egyaránt. Az üzemeltetés során csapatkörülmények között végrehajtandó karbantartási és javítási folyamatok technológizálása, és az ehhez szükséges munkavégzési folyamatok megszervezése és ellenőrzése [5].

A tudományos életben a szakcsoport oktatóinak és kutatóinak alapvető joga, és kötelessége, hogy az oktatási tevékenységük mellett kutatómunkát is folytassanak, valamint tudományos eredményeikről nyilvános fórumokon adjanak számot. Kutatómunkájuk kiterjed a repülés számos területére, különösen a repülés műszaki biztosítására és biztonságára. E tevékenység alapvető sajátossága a nyilvánosság. Az szakcsoport oktatói és kutatói hazai, és nemzetközi fórumokon, konferenciákon, valamint egyéb rendezvényeken adnak számot tudományos munkájuk eredményéről. A tudományos eredmények közzététele során írott és elektronikus formában is publikálhatják tudományos munkájuk eredményeit, melynek egyik fontos terepe az Intézet jogelődje által alapított Repüléstudományi Közlemények. A szakcsoportban dolgozó oktatóknak fontos szerepe van az egyetemi képzésben részt vevő tehetséges hallgatók OTDK-ra történő

sikeres felkészítésében, valamint az egyetem Doktori Iskoláiban tanuló doktoranduszok képzésében egyaránt.

A szakcsoport tudományos és kutatási tevékenységének fő irányai:

- Repülőeszközökön alkalmazott energetikai rendszerek;
- pilóta nélküli repülőgépek alkalmazásának vizsgálata;
- katonai repülésben alkalmazott üzemeltetési rendszerek, kiszolgálási elveinek vizsgálata;
- termodiagnosztikai vizsgálatok repülőgépek állapotfelmérésében;
- madárral való ütközések veszélyének csökkentése a repülőterek környezetében;
- repülőgépek villamos hajtóművel - megújuló energia a fedélzeten;
- repülőfedélzeti fegyvertechnikai eszközök modernizációs lehetőségei.

EGY NYÍLTNAPRA KÉSZÜLT BEMUTATÓANYAG

A nyíltnapra készült bemutató anyaghoz a Neobook 5.3 szoftver lett felhasználva, melynek jellegzetességei egy korábbi cikkben lettel leírva [6].



3. ábra A bemutatóanyag kezdő oldala

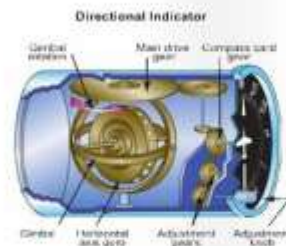
A TANSZÉK KÉPZÉSEI:



KATONAI ÜZEMELTETÉS ALAPKÉPZÉSI SZAK,
KATONAI REPÜLMŰSZAKI SZPECIALIZÁCIÓ



KATONAI ÜZEMELTETÉS ALAPKÉPZÉSI SZAK,
REPÜLÉSIRÁNYÍTÓ SZPECIALIZÁCIÓ



VISSZA A CÍMOLDALRA

4. ábra A tanszék képzései

Katonai Üzemeltetés Alapképzési Szak,
Katonai repülóműszaki specializáció

Oktatandó tantárgyak:

Szakmai törzsanyag:

[Repülőgépeszeti és avionikai rendszerek](#)
[Repüléskormányzás alapjai](#)
[Katonai légi járművek automatikai és elektrotechnikai alapjai](#)
[Repülóműszaki alapfogalmak](#)
[Katonai légi járművek műszer- és mérőtechnikája](#)
[Alkalmazott matematika KRM](#)
[Légi jármű ismeret KRM](#)
[Harcászati II.](#)
 Választható I.

- [Csillagászati földrajz](#)
- [Pszicho-fizikai felkészítők és korlátai a repülésben](#)

Kötelezően választható ismeretekörök:

[Repülés elmélet és repülésfizika ismeret](#)
[Katonai légi járművek villamos gépei](#)
[Harcászati IV. KRM](#)
 Választható II.

- [Pótkábel nélküli légjármű rendszerek](#)
- [Kémcsatlakozási kommunikáció](#)
- [Repülőfedélzeti szenzortechnika](#)

Hegyhataláságismeret

[Harcászati V. KRM](#)
 Választható III.

- [Modem légi fedéltes](#)
- [Szimulációs rendszerek üzemeltetése](#)
- [Műveleti körülmények közötti helikopter üzemeltetés](#)
- [Repülés számítástechnika](#)

[Harcászati VI. KRM](#)
 Választható IV.

- [Repülő és légvédelmi gyakorlati tervezési](#)
- [Speciális helikopter ismeretek](#)
- [Katonai helikopter hajtóművek](#)

Differenciált szakmai ismeretek:

repülő sárkány-hajtómű modul

[Műszaki hőtér](#)
[Katonai repülőgépek szállásbájtana](#)
[Repülőszemtanterv](#)
[Szakrajz és gépelmélet](#)
[Katonai repülőgépek szerkezete I](#)
[Hajtómű ismeret](#)
[Katonai repülőgépek szerkezete II](#)
[Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata III](#)

avionika modul

[Katonai légijárművek villamos rendszertana](#)
[Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata K](#)
[Analóg- és digitális technika II](#)
[Katonai légi járművek korszerű szabályozástechnikája](#)
[Katonai légi járművek fedélzeti műszer és automatikai rendszerei](#)
[Katonai légi járművek fedélzeti rádióelektronikai rendszerei](#)
[Katonai légi járművek repülésirányítórendszerei](#)
[Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata](#)

fegyvertan modul

[Katonai légijárművek villamos rendszertana](#)
[Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata K](#)
[Analóg- és digitális technika II](#)
[Katonai légi járművek korszerű szabályozástechnikája](#)
[Katonai légi járművek pusztítástechnikája](#)
[Katonai légi járművek fegyverrendszerei I](#)
[Katonai légi járművek fegyverrendszerei II](#)
[Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata F](#)

5. ábra A Katonai repülóműszaki specializáción oktatandó tantárgyak

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar	1. számú példány	
---	------------------	--

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B29
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Repülésmélt és repülőeszköz ismeret
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Principle of Flight and Aircraft Knowledge
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katona üzemeletés alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás/gyakorlat)
 - 5.1. órák száma: 90
 - 5.2. hét órák száma: 6
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 7 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvételre:
 - 6. tév
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi követelmények: Matematika KÜ I., Matematika KÜ II., Matematika KÜ III., Fizika, Mechanika, Repülőműszaki alapismeretek
10. A tantárgyfelelős kaptárszaki/csoport (intézet) neve: HNK/Katona Repülő Tanszék (Katona Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Kovács László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Kovács László okl. mk. alezredes, egyetemi docens, Dr. Bekési László főiskolai tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédség jelöltek felkészítése az első fázis beosztás követelményének megvalósítására, illetve megismeretesi velük a repülésmélt és repülőeszközök témakörébe tartozó anyagot.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. Anyagáram kinematikája, áramló közeg mozgásformái
 - 14.2. Anyagmegrörgetés elve
 - 14.3. Anyagáram kinematikája, áramló közeg mozgásformái
 - 14.4. Hőszállítás. Összefonódás közeg áramlása

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

A SZÁRNYPROFILRA HATÓ AERODINAMIKAI ERŐK

v - megfúvási sebesség
 α - állásszög
 F_L - felhajtóerő
 F_D - ellenállási erő
 F_G - eredő léperő

$$F_L = \frac{\rho}{2} v^2 A c_L$$

INDUKÁLT ELLENÁLLÁS

$$F_{ind} = \frac{\rho}{2} v_{tot}^2 A c_{ind}$$

$$c_{ind} = \frac{c_L^2}{\pi \lambda}$$

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

6. ábra Repülésmélt és repülőeszköz ismeret tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar	1. számú példány	
---	------------------	--

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B30
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katona légi járművek villamos gépei
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Electrical equipment of military aircraft
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katona üzemeletés alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás/gyakorlat)
 - 5.1. órák száma: 45
 - 5.2. hét órák száma: 3
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 4 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvételre:
 - 6. tév
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi követelmények: Katona légi járművek automatika és elektrotechnika alapjai
10. A tantárgyfelelős kaptárszaki/csoport (intézet) neve: HNK/Katona Repülő Tanszék (Katona Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Bekési Dező okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Papp István okl. mk. főhadnagy, tanársegéd
13. A tantárgy szakmai tartalma: A halgaték felkészítése a katonai légi járművek villamos berendezéseinek ismeretelésére.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. A villamos gépek működésének fizikai alapjai.
 - 14.2. Transzformátor fogalma, felépítése, működési elve.
 - 14.3. Egyfázisú transzformátorok.
 - 14.4. Háromfázisú és különleges transzformátorok.
 - 14.5. A váltakozó áramú villamos gépek működési elve és szerkezeti sajátosságai.
 - 14.6. Szinkron villamos gépek működési elve és szerkezeti sajátosságai.
 - 14.7. Részletesebb villamos gépek.

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

7. ábra Katonai légi járművek villamos gépei tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszoigalati Egyetem		1. szamu példány
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar		

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B31
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Harcászati IV. KRM
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Tactics IV. KRM
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai Üzemeltetés Alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 30
 - 5.2. het óraszám: 2
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 3 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. felv.
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Légjármű ismeret KRM
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/szakcsoport (intézet) neve: H90Katona Repülő Tanszék (Katona Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Kávos László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Kávos László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jelöltek felkészítése az első tiszti beosztás követelményeinek megfelelően az MH repülőcsoportok részleges szolgálatára.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. A közértesítési szolgálatok rendszere, feladatai, vezénylésük, személyi és technikai összetételük.
 - 14.2. A szolgálat ellátás elvi
 - 14.3. A kutató mentő szolgálat
 - 14.4. A sugár- / fegyver szolgálat
 - 14.5. Csapatfőnökség
 - 14.6. A légcsillagok közértesítési szolgálat.

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

8. ábra Harcászati IV. KRM tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszoigalati Egyetem		1. szamu példány
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar		

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H516B33
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Harcászati V. KRM
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Tactics V. KRM
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai Üzemeltetés Alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 30
 - 5.2. het óraszám: 2
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 3 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. felv.
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Harcászati IV. KRM
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/szakcsoport (intézet) neve: H90Katona Repülő Tanszék (Katona Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Kávos László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Kávos László okl. mk. alezredes, egyetemi docens, Dr. Békesi Bertold okl. mk. alezredes, egyetemi docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jelöltek felkészítése az első tiszti beosztás követelményeinek megfelelően. Ismertetik a katonai repülések megszervezésével, műszaki biztosításával kapcsolatosan. A repülések műszaki biztosításához kapcsolódó környezetvédelmi, munkavédelmi előírások. A repülőműszaki tevékenység dokumentáció rendszere.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. A légi járművek üzemeltetésének alapjai
 - 14.2. A repülőter és objektumai
 - 14.3. Az üzemeltetés személyi és technikai feltételei

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

9. ábra Harcászati V. KRM tantárgy tantárgyi programja

<p>Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar</p>	<p>I. számú példány</p>
---	-------------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H919D96
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Művelési körülmények közötti helikopter-üzemeltetés
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Maintenance of Helicopters in Operational Situations
4. A szakjének megnevezése (ahol oktatják): Katona-üzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárgy száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 30
 - 5.2. fel óraszám: 2
 - (Az elméleti és gyakorlati anyaga a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 3 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. Név
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: nincs
10. A tantárgyfelelős karrtanszék/szakcsoport (intézet) neve: H9K/Katona Repülő Tanszék (Katona-üzemeltetés Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Békési László, főkele tanár
12. A tantárgy oktatói: Dr. Varga Béla okl. mk. alorvos, főkele tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: Művelési körülmények közötti helikopter-üzemeltetés logisztikai feladata. Az alacsony infrastruktúrával ellátott területekkel szembe fordított követelmények. A szelvényes előzetes és terepadottságokból adódó követelmények.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. A nemzetközi tapasztalatok elemzése.
 - 14.2. A résztvevő állomány előzetes felkészítése feladata.
 - 14.3. Művelési körülmények közötti helikopter-üzemeltetés logisztikai feladata. Az alacsony infrastruktúrával ellátott területekkel szembe fordított speciális követelmények.

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

10. ábra Művelési körülmények közötti helikopter-üzemeltetés tantárgy tantárgyi programja

<p>Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar</p>	<p>I. számú példány</p>
---	-------------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B23
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Speciális helikopter ismeretek
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Special Helicopter Knowledge
4. A szakjének megnevezése (ahol oktatják): Katona-üzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárgy száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 30
 - 5.2. fel óraszám: 2
 - (Az elméleti és gyakorlati anyaga a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 3 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. Név
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: -
10. A tantárgyfelelős karrtanszék/szakcsoport (intézet) neve: H9K/Katona Repülő Tanszék (Katona-üzemeltetés Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Prof. Dr. Óvári Gyula, egyetemi tanár
12. A tantárgy oktatói: Prof. Dr. Óvári Gyula, egyetemi tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtisztjeltek felkészítése az előföld beosztás követelményeinek megfelelően, elméleti ismeretek nyújtása a forgószárnyas repülőgépek fejlődése, osztályozása, a merevszárnnyú repülőgépekkel szembe fordított statikus és dinamikus terhelési sajátosságok, és terhelési esetek, szabványos előírások tekintetében. Alapvető információk a forgószárny és forgószárny szerkezetéről, működéséről, vezérléséről.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. Forgószárnyak feladata, felépítése és igénybevétele terhelési és fértel mértékű üzemi módban. Csukló és csukló nélküli forgószárny kialakítása, az elektromos csatlakozás. A forgószárny konstrukció jellemzőinek hatása működésére (csuklók szétválasztása, áramlás és károsító tényezők, stb.) A gyártás (Mi, Kamov, Bell, Hiller, Kaman), „pók” és „fogtyús” rendszer

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

11. ábra Speciális helikopter ismeretek tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
--	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H91859
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai helikopter hajtóművek
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Turbohaft Engines of Military Helicopters
4. A szakjok megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárok száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 30
 - 5.2. lab óraszám: 2
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Ór- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 3 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tanztervben történő félévi elhelyezkedése:
 8. félév
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: nincs
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: HMK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Prof. Dr. Fokoró László, egyetemi tanár
12. A tantárgy oktatói: Dr. Varga Béla ók. mk. akadémus, Eszterházy docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A helikopter hajtóművek fejlődésének története, szerkezetük jellegzetességei, teljesítmény és hatóterek adatai. A helikopter hajtóművek kialakítása.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. „Turbohaft” hajtóművek kialakítása, szerkezetük jellegzetességei
 - 14.2. Helikopter hajtómű, mielőtt propulziós rendszer
 - 14.3. Előretek és hasonlósegők más gázturbinás hajtómű kategóriákhoz képest.
 - 14.4. Fajlagos hasznos-munka és termikus hatások értelmezése.
 - 14.5. A helikopter hajtóművek fajlagos hasznos-munka és termikus hatások szempontjából
 - 14.6. A helikopter hajtóművek szerkezeti sajátosságai
 - 14.7. Létező helikopter hajtóművek elemzése.

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

Gyűrűs égőtér a 8 db fűvókafejjel

12. ábra Katonai helikopter hajtóművek tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
--	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H91863
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Műszaki hőtan
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Technical Thermodynamics
4. A szakjok megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárok száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. órák óraszám: 60
 - 5.2. lab óraszám: 4
 (Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Ór- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 5 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tanztervben történő félévi elhelyezkedése:
 8. félév
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Repülőműszaki alapismeretek
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: HMK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Bekes László, főiskolai tanár
12. A tantárgy oktatói: Dr. Varga Béla ók. mk. akadémus, Eszterházy docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A hővédtiszt-jelöltek felkészítése az első félév beosztás követelményeinek megfelelően a hajtóműben lejátszódó termikus folyamatok megfelelő szintű megértéséhez és elsajátításához. A hajtóművek működését leíró elméleti alapok nyújtása a típus-ábrák sikeres végrehajtásához.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. Kinetika gáztörvény, hőmérséklet, égési folyamat.
 - 14.2. Munka, hő, belső energia.
 - 14.3. A termodinamika első főtétele.
 - 14.4. Állapotváltozások.
 - 14.5. Entalpia, technikai munka, entalpia.
 - 14.6. Környezetek alapjai, ideális környezetek.

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

Állandó nyomású állapotváltozás

$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{dW_{1,2}}{dV_{1,2}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{dW_{1,2}}{dV_{1,2}}$

az egyenletet differenciálva és összevonva kapjuk:

Állapotegyenlet: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$\Delta u = c_v \cdot (T_2 - T_1) = q_{1,2} + w_{1,2} = c_v \cdot (T_2 - T_1) - p \cdot (V_2 - V_1) = c_v \cdot (T_2 - T_1) - R \cdot (T_2 - T_1) = (c_p - R) \cdot (T_2 - T_1) \left[\frac{J}{kg} \right]$

$h \cdot m = W_{1,2} \quad \Delta T = 1K$

$\Delta u = c_v \cdot \Delta T = c_p \cdot \Delta T = -R \cdot \Delta T$

Az állapotváltozások és politrópusú kitévők

$p \cdot V^\gamma = \text{állandó}$

A létező állapotváltozások általános érvelettel kell lennie, vagyis a politrópusú kitévők kell helyesen megválasztani.

Néhány példa:

$p \cdot V^\gamma = p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma \rightarrow \text{állandó}$

$p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$

$p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$

szorzással $\rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$

szorzással $\rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$

13. ábra Műszaki hőtan tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
---	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B33
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Repülésmechanika
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Flight Mechanics
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemelelis alapképzési szak
5. A tantárk száma (előfoglalkoztatás):
 - 5.1. órák száma: 60
 - 5.2. hét órászám: 4
(Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Ors- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 4 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantárbn történő lévél elhelyezkedése:
 - 7.1. bőv
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Repüléselmélet és repülészköz ismeret.
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/szakcsoport (intézet) neve: H90Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemelelis Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Békési László, főiskola tanár
12. A tantárgy oktatói: Dr. Békési László, főiskola tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jeltek felkészítése az első fázis beosztás követelményeinek megfelelően, illetve megismerési célú „Repüléselmélet és repülészköz ismeret” tantárgyra alapozva a repülés mechanika törvényeinek vizsgálatát.
14. A tantárgy tananyagának leírása (tematika):
 - 14.1. A repülőgép aerodinamikai kialakítása. A repülésben használatos koordináta-rendszerek.
 - 14.2. Légcsővonalelmélet
 - 14.3. A repülőgép vízszintes repülése
 - 14.4. Összenyomhatóság hatása a repülésre.
 - 14.5. A repülőgép emelkedése és süllyedése.
 - 14.6. A repülés hatótávolsága és időtartama. A repülőgép le- és felzárása.
 - 14.7. A repülőgép kormányzása. A szárnymechanizációs eszközök.
 - 14.8. A repülőgép stabilitása és kormányozhatósága.

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

A VÍZSZINTES REPÜLÉS ALAPÖSSZEFÜGGÉSEI

Egyenrangúság feltétele: $F_p = G = \frac{\rho}{2} v^2 A C_D$

Egyenlőség feltétele: $F_p = F_T = \frac{\rho}{2} v^2 A C_L$

$F_p = G, G = \rho G$

A vízszintes repülés sebessége:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot l}{\rho \cdot A \cdot C_D}}$$

Hosszúhenger körkörös (Boussinesq) stabilitás

14. ábra Repülésmechanika tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
---	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B37
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai repülőgépek szerkezete I.
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Structure of Military Aircraft I.
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemelelis alapképzési szak
5. A tantárk száma (előfoglalkoztatás):
 - 5.1. órák száma: 75
 - 5.2. hét órászám: 5
(Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Ors- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 7 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantárbn történő lévél elhelyezkedése:
 - 7.1. bőv
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Mechanika, Repülés elmélet és repülészköz ismeret, Katonai repülőgépek szerkezete I.
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/szakcsoport (intézet) neve: H90Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemelelis Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Prof. Dr. Övéri Gyula, egyetem tanár
12. A tantárgy oktatói: Prof. Dr. Övéri Gyula, egyetem tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jeltek felkészítése az első fázis beosztás követelményeinek megfelelően, az üzemelelis légjármű típus szerkezetének eljárási módok. Ennek érdekében a szerkezet fő elemei (az egyes és nyílászáró szárny, törzs, leszálló berendezések) felépítésének, igénybevételeinek megismerése és adaptációja konkrét repülészközöknél. A légjárművek gépészet rendszerének felépítése, működtetése, főbb berendezéseinek szerkezeti kialakítása, működése és rendszeren belüli egyeztetése.
14. A tantárgy tananyagának leírása (tematika):
 - 14.1. A repülőgépek felépítése, statikus és dinamikus terhelése, a szerkezet fogalma, eszméi, szilárdítási és fiziológiai hatása. Tervezési normák, szilárdítási előírások. A repülőgép építésbe használatos szerkezet anyagok sajátosságai, alkalmazási területei. A szerkezet elvárt minőségi követelményei.

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

Az új állapotú szerkezet statikus és dinamikus terhelésének vizsgálata

A szerkezet új állapotú szerkezetének vizsgálata a szerkezetben, megvalósítható a repülés során, illetve a szerkezetben az alkalmazandó terhelések (nyíró, húzó) hatására.

A szerkezet vizsgálata – statikus állapotú szerkezet – nagy pontosságú, helyi terhelés terhelés vizsgálatát az alábbiak szerint végezzük:

A **terhelés** (F), az **egyenrangúság** (C_L) és **hosszúhenger körkörös** (C_D) terhelés hatása a terhelés vizsgálatánál:

- C_L , C_D – megvalósítható és
- M_x , M_y – megvalósítható állapot
- H_x , H_y – terhelés hatása

A **terhelés** (F), az **egyenrangúság** (C_L) és **hosszúhenger körkörös** (C_D) terhelés hatása a terhelés vizsgálatánál:

- C_L , C_D – megvalósítható és
- M_x , M_y – megvalósítható állapot
- H_x , H_y – terhelés hatása

A **terhelés** (F), az **egyenrangúság** (C_L) és **hosszúhenger körkörös** (C_D) terhelés hatása a terhelés vizsgálatánál:

- C_L , C_D – megvalósítható és
- M_x , M_y – megvalósítható állapot
- H_x , H_y – terhelés hatása

A szerkezet statikus és dinamikus terhelésének vizsgálata

A szerkezet új állapotú szerkezetének vizsgálata a szerkezetben, megvalósítható a repülés során, illetve a szerkezetben az alkalmazandó terhelések (nyíró, húzó) hatására.

A szerkezet vizsgálata – statikus állapotú szerkezet – nagy pontosságú, helyi terhelés terhelés vizsgálatát az alábbiak szerint végezzük:

A **terhelés** (F), az **egyenrangúság** (C_L) és **hosszúhenger körkörös** (C_D) terhelés hatása a terhelés vizsgálatánál:

- C_L , C_D – megvalósítható és
- M_x , M_y – megvalósítható állapot
- H_x , H_y – terhelés hatása

A **terhelés** (F), az **egyenrangúság** (C_L) és **hosszúhenger körkörös** (C_D) terhelés hatása a terhelés vizsgálatánál:

- C_L , C_D – megvalósítható és
- M_x , M_y – megvalósítható állapot
- H_x , H_y – terhelés hatása

15. ábra Katonai repülőgépek szerkezete I. tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
--	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B3
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Hajtómű elmélet
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Theory of Gas Turbine Engines
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. óraszám: 60
 - 5.2. hét óraszám: 4
(Az elmélet és gyakorlat aránya a részletes Óra- és Vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 5 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő tévői elhelyezkedése: 7. tévő
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Műszaki rajz
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: H916/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Békési László, főiskola tanár
12. A tantárgy oktatói: Dr. Varga Béla okl. mk. alezredes, főiskola docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jelölt felkészítése az elő szakt beosztás követelményének megfelelően, az ismeretlenül léggépjű típusok határvételei elvárt mértékű szükséges tagtörvényszerű ismeretek.
14. A tantárgy tananyagának leírása (tematika)
 - 14.1. Propulziós rendszerek, impulzus lélek, lök (vonó) erő
 - 14.2. Nyitott rendszerek, energia megmaradás törvénye, Bernoulli törvénye, folytonosság tétele, áramlási paraméterek
 - 14.3. Vákuo Öbő körbolyonát és veszteségei, körbolyonaszámítás feladatok
 - 14.4. Vákuo Öbőn körbolyonát és veszteségei, körbolyonaszámítás feladatok
 - 14.5. Szivácsolás áramlástana és termodinamikája
 - 14.6. Kompresszor áramlástana és termodinamikája
 - 14.7. Égőár áramlástana és termodinamikája
 - 14.8. Turbina áramlástana és termodinamikája

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

Kompresszor sebességi háromszögek

Nézővonal
Félpáncs

Forgó lapátosozorú (relatív rendszer):
 $\Delta p_f \sim w_1^2 - w_2^2$

Álló lapátosozorú (abszolút rendszer):
 $\Delta p_s \sim c_1^2 - c_2^2$

Δp_f és Δp_s nyomásnövekedés az álló és forgó lapátosozorúban. A fokozat mindkét részében a csatorna divergens összefüggés a Bernoulli törvényen alapszik.

Axiál kompresszor

A axiális kompresszorok egy vagy több fokozattal készülnek, amelyekbe illeszkednek a forgó lapátosozorú lapátjai. A fokozatok a kompresszorokba vannak csapágyazva, amely egyben magába foglalja az álló lapátosozorúkat is. Az axiális kompresszorok mindig több fokozattal, mivel egy fokozatban viszonylag csak egy nyomásnövekedés érhető el. Egy fokozat mindig egy forgó lapátosozorúval kezdődik, amit egy álló lapátosozorú követ. Az átlagos axiális kompresszorok 7-10 fokozatot tartalmaznak.

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

16. ábra Hajtómű elmélet tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	1. számú példány
--	------------------

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B4
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata SH
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Maintenance Practice of Military Aircraft SH
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szak
5. A tanórák száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. óraszám: 135
 - 5.2. hét óraszám: 9
6. Kreditérték: 8 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tantervben történő tévői elhelyezkedése: 8. tévő
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Katonai repülőgépek szerkesztése (Harcászati V. KFM)
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: H916/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Kovács László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Kovács László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédtiszt jelölt felkészítése az elő szakt beosztás követelményének megfelelően, illetve megismerési célú a repülőtechnika üzemeltetési és javítási szabályait a repülőgépre vonatkozó üzemeltetési szabályzatok és technológiák alapján.
14. A tantárgy tananyagának leírása (tematika)
 - 14.1. Munkavédelem, tűzvédelem, környezetvédelmi ismeretek
 - 14.2. Általános biztonsági rendszabályok, felkészítés, repülőgépek kézzel és géppel történő mozgatása
 - 14.3. Repülőgépek ellenőrzése, rendszerek működése bizonyítottan és gyakorlat
 - 14.4. A repülőgépek karbantartása
 - 14.5. A levegőrendszer üzemeltetése, karbantartási munka
 - 14.6. A hidraulika rendszer és a vezérlőrendszer üzemeltetése, karbantartási munka

Viszsa a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

17. ábra Katonai légi járművek üzemeltetési gyakorlata SH tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem	1. számú pódtárgy
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H01SB45
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Analóg-, és Digitális technika II.
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Analog and digital technology II.
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szakt.
5. A tantárok száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. ósod óraszám: 50
 - 5.2. het óraszám: 4
6. Kreditérték: 4 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tervben történő téli elhelyezkedése:
 7. téli
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi követelmények: Analóg-, és digitális technika
10. A tantárgyfelelős karrtanszék/csoport (intézet) neve: HNK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Szegedi Péter okl. mk. alezredes
12. A tantárgy oktatói: Papp István okl. mk. főhadnagy, tanársegéd
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédségi jelölt ismeri meg az analóg elektronika alapvető eszközeit, működési elveit, legfontosabb jellemzőinek számszerű megadást igénylő felismerési és megépítési az alapvető analóg elektronikai áramkörök felépítését, működését, rendszertani szerepét, legfontosabb műszaki jellemzőit.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. Erőforrás felosztás, felépítése, működése, munkapontbeállítása, számszerű előírásai: árami jellemzői, igénybevételi korlátai, kis- és nagyfeszültségű átviteli tulajdonságai
 - 14.2. Többfokozatú erőforrás szabályozási módja, jellemzői.
 - 14.3. A visszacsatolások felépítése, hatásuk az erőforrás jellemzőire
 - 14.4. Szérvérők, oszcillátorok felépítése, működési elve, számszerű értékei és jellemzői.
 - 14.5. Művelési erőforrás felépítése, kapcsolótechnikája.

Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

18. ábra Analóg- és digitális technika II. tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem	1. számú pódtárgy
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H01SB47
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai légi járművek fedélzeti műszer- és automatika rendszere
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Flight instrumentation and automation systems of Military Aircraft
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai üzemeltetés alapképzési szakt.
5. A tantárok száma (előadás+gyakorlat)
 - 5.1. ósod óraszám: 75
 - 5.2. het óraszám: 5

(Az elmélet és gyakorlati anyaga a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 6 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága tervben történő téli elhelyezkedése:
 7. téli
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi követelmények: Katonai légi járművek villamos rendszere
10. A tantárgyfelelős karrtanszék/csoport (intézet) neve: HNK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai Üzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Bekési Bertold okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Bekési Bertold okl. mk. alezredes, egyetemi docens, Prof. Dr. Szabolcsi Róbert okl. mk. ezredes, egyetemi tanár
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédségi jelölt ismeri meg a légjarműveken alkalmazott fedélzeti műszerek és műszerrendszerek működésének elméleti alapjait, azok szerkezeti felépítését és működését és a legfontosabb berendezéseiket. A honvédségi jelölt ismeri meg a repülőeszközök fedélzeti és földi villamos rendszereit, ezen belül az energiatápláló- és szabályozó rendszerek elvi felépítését, működési- és üzemeltetési sajátosságait. A honvédségi jelölt ismeri meg a légjarműveken alkalmazott vezérlőrendszerek működését, jellemzőit, felépítését, egyé-



Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

19. ábra Katonai légi járművek fedélzeti műszer és automatikai rendszerei tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem	T. számú pótdány
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B01
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai légi járművek pusztítóeszközei
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Military Aircraft's Destructive Devices
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai űzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárgy száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. órák száma: 75
 - 5.2. het óraszám: 5
 (Az elméleti és gyakorlati anyaga a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 5 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága/ a tantárván történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. Név
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: Harcoszat IV. írtm.
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: HNK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai űzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Szivácssy László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Szivácssy László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédségi jeltek felkészítése az előírt beosztás követelményeinek megfelelően, megismereteni velük a repülőtechnika berendezéseinek felépítését és működését.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. A lövedékek külső felépítése
 - 14.2. Betöltő felépítése
 - 14.3. Roboerőanyagok és a roboerős hatások
 - 14.4. Repülőgépek megsemmisítő eszközei
 - 14.5. Repülőgépek megsemmisítő eszközök gyűjteménye




Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

20. ábra Katonai légi járművek pusztító eszközei tantárgy tantárgyi programja

Nemzeti Közszolgálati Egyetem	T. számú pótdány
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar	

TANTÁRGYI PROGRAM

1. A tantárgy kódja: H916B02
2. A tantárgy megnevezése (magyarul): Katonai légi járművek fegyverrendszerei I.
3. A tantárgy megnevezése (angolul): Military Aircraft's Weapon Systems I
4. A szak(ok) megnevezése (ahol oktatják): Katonai űzemeltetés alapképzési szak
5. A tantárgy száma (előadás-gyakorlat)
 - 5.1. órák száma: 75
 - 5.2. het óraszám: 5
 (Az elméleti és gyakorlati anyaga a részletes Óra- és vizsgaterv alapján)
6. Kreditérték: 6 kredit
7. A tantárgy meghirdetésének gyakorisága/ a tantárván történő felvétel elhelyezkedése:
 - 7.1. Név
8. Az oktatás nyelve: magyar
9. Előtanulmányi kötelezettségek: nincs
10. A tantárgyfelelős kar/tanszék/csoport (intézet) neve: HNK/Katonai Repülő Tanszék (Katonai űzemeltető Intézet)
11. A tantárgyfelelős oktató neve, beosztása: Dr. Szivácssy László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
12. A tantárgy oktatói: Dr. Szivácssy László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
13. A tantárgy szakmai tartalma: A honvédségi jeltek felkészítése az előírt beosztás követelményeinek megfelelően, megismereteni velük a repülőtechnika fegyverrendszereinek felépítését és működését.
14. A tantárgy tananyagának leírása: (tematika)
 - 14.1. Repülőgépek fegyverrendszerei
 - 14.2. Repülőgépek célzóberendezései
 - 14.3. Repülőgépek rakétái
15. Képzettség leírása: A honvédségi jeltek ismerik meg a korszerű harc repülőgépek és helikopterek felépítését, célzóberendezéseit, valamint a feladat rakéták felépítését és működését. A megszerzett ismeretek biztosítják a fegyverrendszerek felépítésének és működésének megismerését.






Vissza a katonai repülőműszaki specializáció tantárgyához

21. ábra Katonai légi járművek fegyverrendszerei I. tantárgy tantárgyi programja



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Katonai Üzemeltető Intézet, (online) url: <http://hhk.uni-nke.hu/oktatasi-egysegek/katonai-uzemelteto-intezet/koszonto>
- [2] Képzési program, (online) url: <http://hhk.uni-nke.hu/oktatas/kepzesi-program>
- [3] Katonai Repülő Tanszék, (online) url: <http://hhk.uni-nke.hu/oktatasi-egysegek/katonai-uzemelteto-intezet/katonai-repulo-tanszek/koszonto>
- [4] Repülő sárkány hajtómű szakcsoport, (online) url: <http://hhk.uni-nke.hu/oktatasi-egysegek/katonai-uzemelteto-intezet/katonai-repulo-tanszek/repulo-sarkany-hajtomu-szakcsoport>
- [5] Fedélzeti rendszerek szakcsoport, (online) url: <http://hhk.uni-nke.hu/oktatasi-egysegek/katonai-uzemelteto-intezet/katonai-repulo-tanszek/fedelzeti-rendszerek-szakcsoport>
- [6] BÉKÉSI LÁSZLÓ A helikopter aerodinamikájának oktatási lehetőségei multimédia segítségével. Repülés-tudományi közlemények, Szolnok, 2010/2, pp. 15-18.

Makkay Imre¹

DRÓNOK HARCA²

A pilóta nélküli légi járművek – DRÓNOK – katonai és polgári alkalmazásainak robbanásszerű szaporodása egyre sürgetőbb műszaki, szervezeti válaszokat vár a felderítés, azonosítás és ellentevékenység kérdéseire. A legális, engedélyezett repülések szétválasztása a nem bejelentett, szabálysértő, ellenséges, terrorista szándékkal közlekedőtől már ma jelentkező feladat, amely speciális eszközöket, tudást és szervezeteket igényel.

Az írásműben a pilóta nélküli légi járművek felderíthetőségét, az ellenük jelenleg alkalmazható eszközöket és eljárásokat ismertetjük – teret hagyva a kutatók, fejlesztők alkotó képzeletének is.

FIGHT OF DRONES

The explosive growth of civilian and military applications of the unmanned aerial vehicles - DRONES - the more pressing technical, organizational responses to wait for the detection, identification and countermeasure questions. The clear separation of legal, licensed and undeclared, terrorist, hostile intent flights is already occurring process that requires special tools, knowledge, and organizations.

The paper will discuss the methods and means of detection and countermeasure against UAVs - leaving room for creative imagination of researchers and developers.

BEVEZETÉS

A XXI századi háborúkat földi robotok, személyzet nélküli vízi járművek, légi drónok fogják vívni – ez, a 15 éve megrendezett, első „Robothadviselés” tudományos konferencián még csak a résztvevők véleményét tükrözte, ma már a napi hírekben szerepel az űrfelderítés, a robotizált harcjárművek, a több ezer kilométerről irányított légi csapások – ami komolyan megosztja, sőt aggodalommal tölti el az emberi társadalom jelentős részét.

A globális műholdas navigációs rendszerre támaszkodva, a Föld bármely részén néhány 10 cm-es pontossággal lehet légi, föld- és vízfelszíni járműveket – előre megadott program, vagy közvetlen parancsok alapján – irányítani. Az emberi jelenlét sok esetben kiváltható – a reflexeit, tűrőképességét, pontosságát messze meghaladó – robotok alkalmazásával. A piszkos-, unalmas-, veszélyes küldetések egyre nagyobb számban kerülnek a „drónok” számára kiosztásra. A járművezetők, pilóták „kispórolása” a méret-, tömeg- és energiaigény drasztikus csökkenését eredményezi – a személyi biztonságuk pedig így alig kerül veszélybe.

Az előnyök mellett megjelentek más – az emberi döntéshozás, felelősség hiányát kifogásoló – aggályos nézetek, amelyek az alkalmazók szabadságára, sőt szabadosságára vonatkoznak. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a nagyhatalmak számára technológiai fölényt biztosító

¹ Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, drmi48@gmail.com

² Lektorálta: Dr. Békési Bertold alezredes, egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, bekesi.bertold@uni-nke.hu



„aszimmetrikus hadviselés” a pilóta nélküli légi járművek bizonyos kategóriáiban mára ellentétes előjelet kaphat. A GPS pontossággal repülő, kisméretű légi hordozók különféle „kellemetlen” terhet juttathatnak célba úgy, hogy közben az irányítót nem fenyegeti veszély, sőt akár kiléte is homályban maradhat. A több kg teher szállítására alkalmas repülőmodellek – „konyhakészen”, vagy alkatrészek formájában – az áruházak, a modellezőboltok polcain várnak vevőre. A fedélzeti elektronika biztosítja az előre megadott, vagy a földi állomásról érkező pontok között a stabilizált, precíz útvonalrepülést, illetve a hazavezetést (ha eltévedne a kezelő, vagy megszakadna az összeköttetés) és mindemellett a fedélzeti kamera képére montírozott GPS koordinátákat, repülési/hazatérési irányt, – sebességet, – magasságot, az akkumulátorok állapotát, a motor fordulatszámát és különböző telemetriai szenzorok által szolgáltatott adatokat.

A felsorolt képességek akár a jóval drágább „profi” légi járművek fedélzeti rendszerével is összemérhetők. A hatótávolságuk általában kisebb, mégsem lebecsülendő a néhányszor 10 km-es közvetlen kapcsolat illetve az INTERNET nyújtotta akár globális vezérlés lehetősége. A néhány kg-ban korlátozott „hasznos” tömeget pedig ellensúlyozza a rávezetés nagy pontossága.

A szerző véleménye, hogy a „szellem” a palackból már kiszabadult: a polgári felhasználókat egyszerű tiltó intézkedésekkel nem lehet maradéktalanul ellenőrzés alatt tartani, a nem együttműködő, ellenséges, terrorista és más törvénytörő felhasználókat pedig – a felderítés és azonosítást követően – a kialakuló veszélyforrással arányos fogadtatásban kell részesíteni.

FELDERÍTÉS ÉS AZONOSÍTÁS

A kritikus infrastruktúra, különösen fontos személyek, események védelme kiemelt feladatot jelent a felderítés/azonosítás számára. Az időfaktor másodperc-töredékekre zsugorodik, a helymeghatározás pontossága néhány méteren belüli és a hovatartozás eldöntése sem tűr halogatást, hiszen az objektum/személy fizikai védelmét ezek függvényében kell aktivizálni - a hamis riasztás kellemetlen, a késedelmes, pedig tragikus következményekkel járhat. A feladatot tovább nehezíti, hogy a védett személyeket, eseményeket igen változó környezetben kell biztosítani – a napi személyes és publikus tevékenységtől a harcéri megjelenésig – ami komoly kihívást jelent a technikai eszközök és üzemeltetői számára.

A pilóta nélküli légi járművek működésük során, a spektrum kitüntetett részeiben áruló jegyeket hagynak maguk után. Az elektromágneses és fizikai rezgések tartományát ma már számos eszközzel érzékelnünk, mégsem egyszerű ezekből az adott feladatra „élesített” mérőrendszer kialakítása. A továbbiakban sorra vesszük azokat a műszaki lehetőségeket, amelyek segítségével a pilóta nélküli légi eszközök észlelhetők, felderíthetők és azonosíthatók.

A felderítés és azonosítás a legfontosabb kérdésekre keresi a választ: mikor, hol, ki/mi jelent meg a körzetünkben?

Az időbeliség – a lehető legkisebb időkésés – a légi járművek felderítésekor különösen fontos szempont. Például a „klasszikus” forgó RADAR (egyéb gyengeségei mellett) túlságosan hosszú ideig „néz másfelé” ezért alkalmatlan a gyorsan mozgó/manőverező célok felderítésére. Késést okozhat az emberi szemmel végzett kiértékelés – akkor, amikor egy bonyolult képi megjelenítés változásából kell következtetést levonni (megjelent egy új cél/esemény). A gépi képiértékelés sokkal hatékonyabb lehet, mint a (fáradt, alulérdekelt) kezelő által nyújtott eredmény.

Az irány és helymeghatározás első sorban a rendelkezésre álló technika függvényében lehet pontos és sikeres. A különböző érzékelési tartományok – kép, hang, hő, RADAR – eltérő éles-séggel adnak irány-adatot. A multi- és hiperspektrális érzékelőkkel kinyerhető olyan információ, amit a korábbi „zajos” képek eltakartak. A rétegenként értékelt, korelált adathalmazból a célpont helyzete – a „legjobb mutatókkal rendelkező” pontosságával rajzolódik ki.

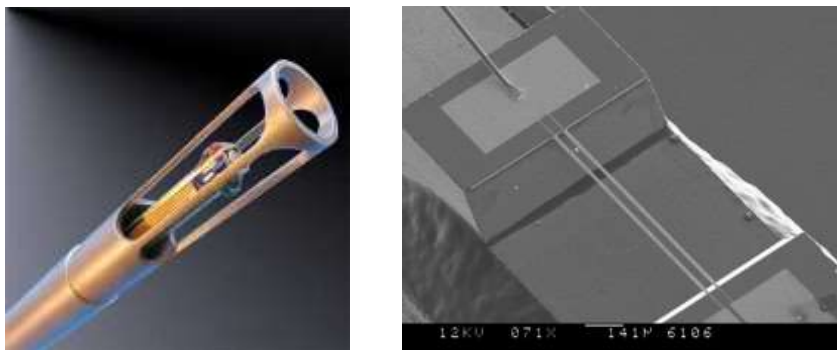
Akusztikai felderítés

Történetileg a legkorábbi eljárás, amellyel a légi járművek motorzajára próbáltak irányt mérni – az erősség alapján pedig távolságot becsülni. Előnye, hogy rossz látási viszonyok között, akár éjjel is ad használható információt – a mai viszonyok között jóval korszerűbb, érzékenyebb elektronikai eszközökre támaszkodva.

Az elektroakusztikai eszközök a különböző közegben terjedő anyaghullámok jelenlétét, irányát, frekvenciáját érzékelik az infrahangoktól az emberi füllel hallható tartományon keresztül az ultrahangig. A légkör jól közvetíti a benne közlekedők rezgéseit – a szúnyog szárnyának verdesésétől (3 m-ről egy egészséges emberi fül ezt éppen meghallja – ez a 0 dBA) egészen az űrrakéta indításakor „élvezhető” 140–190 dBA-ig.

A holland Microflown Avisa cég olyan érzékelőt fejlesztett, amely a légnyomás változás mellett a hangforrás irányának meghatározásra is képes. A MEMS – Micro Electomechanical System technológiával készült iránymérő 200 °C-ra felfűtött iker wolframszálakból felépített hídáramkört tartalmaz, amely ágai a hangrezgések keltette mikro-légáramlat irányától függően eltérő sebességgel hűlnek. A híd kiegyenlítetlenségének mértékéből a hangforrás iránya meghatározható. [3]

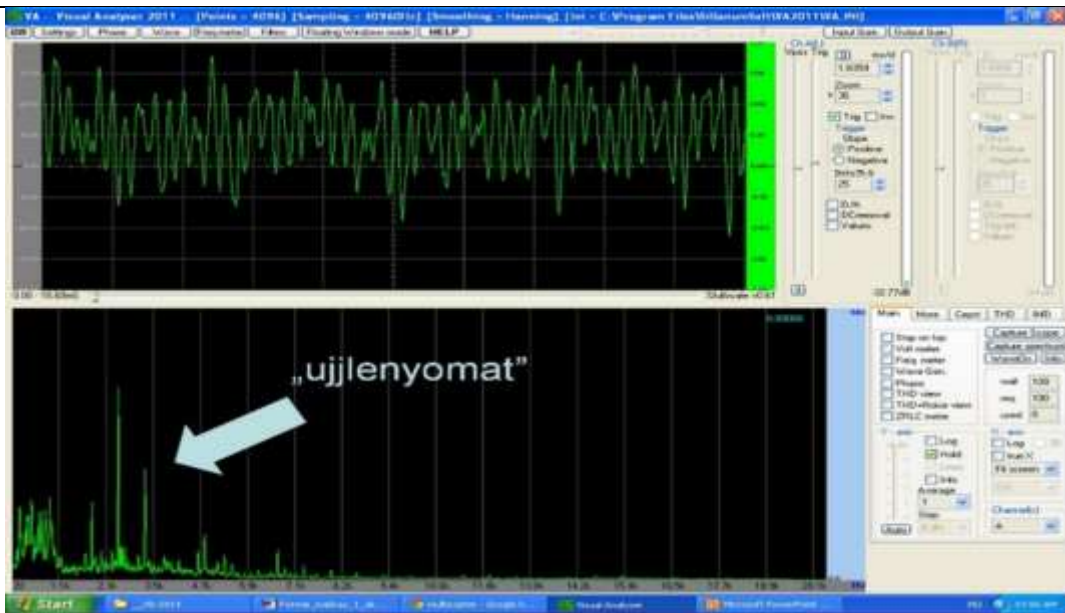
A széles frekvenciatartományú eszköz a tüzérségi és kézifegyver hangját, a földi-, légi járművek – közöttük a pilóta nélküli eszközök keltette zajt is meg tudja különböztetni. A szétválogatást és a célobjektumok kiemelését intelligens programja biztosítja.



1. ábra A Microflown Avisa akusztikus vektor-szenzora az irány meghatározására szolgáló MEMS egységgel³

A kisméretű pilóta nélküli repülő eszközök többsége villamos hajtású, de a légcsavaroknak (különösen a végének) jellegzetes zümmögő hangja alapján akár zajos környezetből is kiemelhető. A spektrumvonalak elhelyezkedése, – arányai mintegy „ujjlenyomat” árulkodnak a tulajdonosa kilétéről. [4]

³ <http://microflown-avisa.com/acoustic-vector-sensor/>



2. ábra Egy négyrotoros helikopter hangspektruma⁴

A felismerés biztonságát növelendő a nagyobb teljesítményű rendszerekben a cepstrumot (spektrum spektrumát) képezik. Ez már akár azonos típusú berendezések között (sárkányszerkezetben, hajtóműben) fellelhető apró különbséget is észlelni tudja, és azt, mint „lajstromjelet” hozzá köti. Az egyedi akusztikus jegyek nehezen rejthetők és felértékelődnek olyan esetekben, amikor más felderítési eszközök és eljárások kevésbé sikeresnek bizonyulnak.

Felderítés az elektromágneses hullámok tartományában

Fedélzeti eszközök rádió kisugárzásai alapján

A légi járművek felderítésének – történelmi sorrendben második – lehetősége akkor teremtődött meg, amikor már rádió adóvevők kerültek a fedélzetekre és azok egymással, a földi irányítással kapcsolatba léptek. A radarok megjelenéséig a rádió-felderítők, iránymérők tudtak – a „fülelők” (akusztikai felderítők) mellett – értékelhető légvédelmi adatokkal szolgálni. [5]

A fedélzeti aktív kisugárzások alapján történő légi jármű követés napjainkra újból előtérbe került a lopakodó és a reflexiót alig produkáló pilóta nélküli légi eszközök elterjedésével. A „csendes radarok” passzív vevőkkel átfogják a teljes, fedélzeteken használt frekvenciasávot és a kisugárzások alapján követik a légi járművek mozgását. A cseh gyártmányú VERA egy fél évszázada indult, azóta folyamatosan fejlődő passzív felderítő rendszer legutóbbi tagja, mely a világ számos országában működik. Hatótávolsága eléri a 450 km-t, 200 célt tud követni (egyenes rálátás mellett).

⁴ a szerző felvétele



3. ábra A VERA passzív vevőberendezés antenna rendszere és vezetési pontja^{5 6}

A pilóta nélküli légi járművek jelentős része használ a fedélzeten valamilyen aktív (visszasugárzó) rádióeszközt – videó kép, repülési adatok, telemetriai adatok, vevő/akkumulátor állapot, radar, rádió-magasságmérő, ADS-B, FLARM – ami elegendő a követésre. Sorra jelennek meg a „személyi drónriasztók” – olyan passzív vevő/iránymérő állomások, amelyek a pilóta nélküli repülő eszközök által használt frekvenciákat figyelik és a hivatlan látogatók közeledésekor jeleznek a tulajdonosnak. [6]



4. ábra A DDC „személyi drónriasztó” eszközei és alkalmazása⁷

A személyiségi jogokat féltő polgárok által generált piaci rést betöltő „DDC – Domestic Drone Countermeasure” hatótávolsága, pontossága nem összemérhető egy VERA-val ugyanakkor, mint a feladathoz illeszkedő műszaki megoldás figyelemre méltó és a fenyegetések kivédésének/jelzésének egyik alternatíváját jelentheti – ha a védett térbe behatoló használ ilyen árulkodó jelforrásokat.

RADAR jelek alapján

A rádiólokátor Radio Detecting and Ranging – RADAR a kisugárzott és a céltárgyról visszaverődött rádióhullámok paramétereiből határozza meg annak irányát, távolságát, mozgását. A radar felfelé ívelő pályája második világháborúban – élet-halál kérdések közepette – kezdődött és tart ma is, az alaposan megváltozott körülmények ellenére. A korai repülőgépek jelentős

⁵ http://www.army.cz/images/id_3878_4000/3957/4.jpg

⁶ http://www.army.cz/images/id_6001_7000/6567/3.jpg

⁷ <http://www.ddcountermeasures.com/products.html>

részben fa és vászon elemekből épültek, a mai kompozit építőanyagok szintén „átlátszóak” ugyanakkor a „középkorban” a fémlemez borította gépek kiváló csemegét jelentettek a radarok számára.

A pilóta nélkül légi járművek többsége alig tartalmaz fémet – a hajtómű és az elektromos vezetékek, valamint a szén-szál szerkezeti elemek képezhetnek reflektáló felületet – ezért felderítésükre légvédelmi radarok többsége alkalmatlan. A feladathoz sokkal közelebb állnak a mobil, földi célok – személyek, járművek – felderítésére illetve a repülőtéri madármozgások észlelésére kifejlesztett radarok.



5. ábra A Plextek Blighter radarja és annak képernyője⁸

Az angol Plextek [7] radarjai a kritikus infrastruktúrák – repülőterek, atomerőművek, energiaelosztó központok, krízis helyzetek – földi és légi felderítő biztosítására készültek. A „Blighter B-400”, a földön lassan mozgó személyeket jól érzékeli, az égbolt viszonylag homogen háttérben a különböző kisebb légi járműveket, drónokat is észleli. A céltárgy mozgási sebességén kívül az egy, vagy több légcsavaros (multitrotoros) meghajtás is jellemző, kiszűrhető „doppler ujjlenyomatokat” generál – ami a felderítést és azonosítást nagymértékben elősegíti. A kezdeti mérések alapján, pl.: egy 1,5 m-es kompozit merevszárnyú repülőgép 2–5 km távolságról felderíthető. Az alkalmazó ilyenkor dönthet a felderített cél megsemmisítése, vagy követése – és ezáltal az irányító állomás felfedése – opció között.

Látható és infra tartományú felderítés

Az elektromágneses hullámok optikai eszközökkel leképezhető tartományában értékes – a célpont szempontjából áruló – jelek tűnnek fel. A szabad szemmel láthatóak (0,4–0,7 μm) és a közeli (0,7–1,1 μm) infra tartományúak (Near Infra Red - NIR) ugyan megvilágításhoz kötöttek, de a távoli (8–14 μm) infra (Thermal Infra Red – TIR / Long Wave Infra Red – LWIR) már a testek saját hőjét mutatja. Ez utóbbi, a gyakorlatban minden, az abszolút 0 K vagy $-273,15$ °C felett tárgyát jellemez és alig rejthető – különösen, ha a környezet ettől eltérő hőfokú.

A távérzékelésben az egyes tartományokon belül még további rétegeket különböztetnek meg és azok számától függően multi-, (< 20) és hiperspektrális (> 20) csatornákat tudnak külön-külön értékelni. [8] A multi-, hiperspektrális érzékelőkkel az álcázott/imitált objektumok sike-

⁸ <http://www.blighter.com/key-markets/critical-infrastructure-protection.html>

resen felderíthetők, megkülönböztethetők. Az égboltra néző TP8S termokamera – tiszta, pára-mentes időben – 25 °C alatti értékeket mutat. A fagyos háttérben határozottan kirajzolódnak a felhő és pára alakzatok, sőt a vízszintes rétegződésük is. A levegőben repülő minden eszköz és élőlény ettől melegebb és „világít” a kontrasztos háttérben.



6. ábra Egy távoli A-380 repülőgép a helyi varjak társaságában⁹

A 20 km távol repülő utasszállító repülőgép (nyíllal jelölve) még felhős időben is nyomot hagyott a hőképen – a mintegy 200 m távolságra repülő madarakkal együtt. A madarak (az adott esetben varjak) a „hőlenyomat” alapján összemérhetők a kisméretű pilóta nélküli repülőgépekkel – bizonyítván az eszközök és az eljárás alkalmazhatóságát. [9]

Ugyanezt a tényt erősítik a francia HGH cég elektrooptikai rendszerei, amelyek a kritikus infrastruktúrák védelmére kínálnak megoldásokat. Az egyre gyakoribb – kezelői/technikai hiányosságok miatt elszabadult illetve szándékos – légtérsértéseket elkövető pilóta nélküli repülőgépek ellen ezeket, a korábban földi behatolások észlelésére kifejlesztett területvédelmi szenzorokat a légtér biztosítására is alkalmassá teszik. [10]



7. ábra A HGH Spynel-C 3000, Spynel-S 6000, Spynel-U 2500 és Spynel-M 600 kamerái¹⁰

A HGH legújabb Spynel-M 600 kamerája 1,8 kg tömegű, 8 W fogyasztású, személyeket 700 m-ről, járműveket 1500 m-ről képes felderíteni. Ez is tud közös felderítő rendszerben működni a dönthető – forgatható – zoomolható (Pan Tilt Zoom – PTZ) kamerákkal és a radarokkal.

⁹ a szerző felvétele

¹⁰ <http://www.infrared360.com/spynel/>



8. ábra Egy repülőtér földi és légi forgalmát megjelenítő Cyclope körpanoráma kép¹¹

A HGH felderítő eszközök a Cyclope szoftverrel 360°-os panorámaképen jelenítik a környezetet. Működésük passzív (nem érzékelhető) elektrooptikai eszközökön alapul, szimultán, vagy valós idejű képfeldolgozással detektálják és követik a behatolókat. Nappal és éjszaka, ködben, füstben erős napsugárzásban is optikai torzulás nélkül biztosítják a jó minőségű képeket.

ELFOGÁS, HATÁSTALANÍTÁS

A katonai és polgári légtérben megjelenő pilóta nélküli légi járművek általában nem kezelhetők – a méretüknél, mozgásuknál fogva – hagyományos légvédelem eszközeivel. A felderített, azonosított és egyértelműen ellenséges/veszélyt jelentő drónok eltávolítására ma már több alternatív megoldás létezik. A legfontosabb kérdés, a védendő emberi-, anyagi értékek épsége – mindemellett a környezet és abban élők sértetlensége – amit a módszer kiválasztásánál és alkalmazásánál figyelembe kell venni. Ennek függvényében lehet dönteni, hogy a célpont elektronikai/navigációs/kommunikációs rendszerének blokkolása, maradandó károsítása, a hordozó kinetikus eszközzel, robbanó töltettel, illetve irányított energiájú fegyverrel való megsemmisítése az adott helyzetben milyen eredményhez vezet.

Az elektronikai ellentevékenység – zavarás, elektromágneses impulzus, megtévesztő navigációs jelek – a saját csapatok hasonló eszközeiben is kárt tehetnek, ezért a gondos tervezés, térbeli és időbeli szelekció elengedhetetlen. Azzal is számolni kell, hogy a megzavart ellenséges drón irányítatlanul (vagy éppen a zavarjel által előre nem kiszámítható pályán) milyen kárt okozhat – egy felderítő (kémkedő) a saját tömegével arányosat, de a felfegyverzett már azt jóval meghaladó mértékűt. A lehulló, megsemmisített cél maradványain kívül a lövedékek repesz- és gyújtóhatása is komolyan figyelembe veendő. Ugyanígy meggondolandó például a „SwitchBlade” típusú irányítható lövedékek [11] bevetése – amelyik, ha nem talál célba, 9 perc után felrobbantja önmagát. [12]

Az irányított energiájú (lézer) fegyverek látványos demonstrációkon – a felderítő elektrooptikai eszközök vakításával, az avionika, sárkányszerkezet és hajtómű elemeinek túlhevítésével – bi-

¹¹ <http://www.infrared360.com/press/>

zonyították már képességeiket az ellenséges drónok elleni harcban. A lézerfegyverek alkalmazása különleges védő eszközök és rendszabályok mellett történhet – bonyolult légi helyzetben saját erőkre is veszélyt jelenthetnek.



9. ábra Amerikai és kínai lézerfegyverek melyeket drónok megsemmisítésére fejlesztettek^{12 13}

A francia atomerőművek körül feltűnő kéretlen/kíváncsiszkodó/provokáló multikopterek elszaporodása okán a „puhább” elfogási módszerek is kipróbálásra kerültek. A Malou Tech [13] „drónelhárító rendszert” mutatott be, amelyben nagyméretű multikopterek hálóval fognak be kisebbeket – ha ez valami oknál fogva nem sikerülne, akkor egy masszív négyrotoros nekirepülve földre kényszeríti a betolakodót. [14]

Mindez egy jövedelmező új iparág és foglalkozás felvirágzását vetíti előre, ahol gyakorlott FPV pilóták dobóhálóval felszerelt, vagy kigyúrt kamikaze drónokkal vadásznak majd drónokra.



10. ábra A Malou Tech „kíméletes” drónvadásza¹⁴

Az amerikai SRC cég [15] SCEPTRE / TCUT [16] [17] pilótánélküli légi járművek felderítésére, lefogására illetve – szükség esetén – megsemmisítésére szolgáló komplex rendszerben megtalálható az eddig tárgyalt elemek jelentős része. A felderítésre az AN/TPQ-50 radar szolgál az LSTAR® légi felderítő szoftver támogatásával. A passzív elektronikai felderítés és az ellentevékenység a – távirányított házi gyártású robbanó szerkezetek (Remote Controlled

¹² <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2306000/Science-fiction-reality-U-S-Navy-showcases-laser-weapons-capable-destroying-drones-seconds-use-early-2014.html>

¹³ <http://www.cctv-america.com/2014/11/03/china-unveils-anti-drone-laser-weapon>

¹⁴ <http://www.thelocal.fr/20150225/how-can-france-stop-the-attack-of-the-drones>

Improvised Explosive Device – RCIED) elleni küzdelemben is alkalmazott – AN/ULQ-35 zavarórendszer feladata. Amennyiben ez nem hozna eredményt a párhuzamosan tájékoztatott miniatűr légi megsemmisítő rendszer (Lethal Miniature Aerial Munition System – LMAMS) közvetlen kinetikus energiájával teszi ártalmatlanná a behatolót. [18]



11. ábra A SCEPTRE komplex rendszer biztosítja a felderítést, zavarást és a megsemmisítést¹⁵

A cél felderítésében és azonosításában segítséget jelent a zavaróállomással együtt telepített (látható és infra tartományú) elektrooptikai rendszer.



12. ábra Az IR/ELOP a vizuális azonosításra, a SwitchBlade a megsemmisítésre szolgál^{16,17}

A jövőben a felderítő és elfogó/megsemmisítő eszközöket közös rendszerbe foglaló megoldások elterjedése várható. Mindemellett a különböző tartományú érzékelők térbeli széttelepítésével és a mindenidős, automatizált ellentevékenységi képességgel kell számolni.

DRÓNOK A HAZAI LÉGTÉRBE

Az elmúlt időben számos jó példa született a hazai egyetemi, kutatóintézeti és ipari potenciálok K+F+I összefogására. Így került sor – többek között – olyan hiánypótló mű kiadására, mint a „Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek”. A könyv a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” pályázat sok száz oldalnyi kutatói jelentéseinek – a szakmai és érdeklődő közönség számára transzformált – esszéje. A célok

¹⁵ <http://www.srcinc.com/what-we-do/ew/counter-uas.aspx?referrer=radar>

¹⁶ <http://www.srcinc.com/what-we-do/ew/TCUT-counter-UAS-technology.html>

¹⁷ http://defense-update.com/products/1/31122010_lmams.html

között szerepelt: segíteni, támogatni, élénkíteni a hazai pilóta nélküli légi járművek fejlesztését, gyártását, kereskedelmét és alkalmazását – az írásműben foglalt és a referált irodalmak, a feltárt és kérdésként felmerülő összefüggések, valamint a saját kísérleti-fejlesztési tapasztalatok közreadásával; a hazai és külföldi példákon keresztül bemutatni és elemezni a légtér biztonságos üzemeltetésének a műszaki, szervezeti és jogi feltételeit és növelni a leendő felhasználók felkészültségét a fokozott elvárásoknak való megfeleléshez.

A könyv sok kérdést megválaszol, ugyanakkor ráirányítja a figyelmet a még nyitottakra, megoldandókra. Ilyen a cikkünkben is kiemelten tárgyalt „hovatartozás megállapítása” – ami akár a hazai K+F+I egyik vonzó témájává is válhat!

A hovatartozás megállapításában segíthetnek az A/C/S módú transzponderek és az automatikus légtérelőző (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast – ADS-B) aktív fedélzeti eszközök. Amennyiben nem érkezik a fenti formátumban értékelhető jel, a légi jármű a „nem együttműködő” (ellenség) kategóriába sorolható. Ez a kategória további finomítást érdemel. A jelenlegi – a Világ több országához hasonlóan, egyértelműen még – NEM szabályozott körülmények között előforduló, NEM rosszindulatú/ártó szándékú repülések (pl.: a tudás- és hozzáférhető információ hiányában tájékozatlan felhasználó próbálkozása) és a tettének teljes súlyát és következményeit ismerő tudatos terrorista is ugyanabba a kategóriába kerül – az előbbi nem tud, az utóbbi nem szándékozik „együttműködni”.

A légtér-felhasználási terv alapján történő eseti légterek biztosítják az elkülönítést és a felderítés/azonosítás kérdését is (elviékben) leegyszerűsítik, hiszen ebben a légtérben más, mint az igénylő nem tartózkodhat (legálisan). Az adott időtartamban légteret igénybe vevő felhasználó, FELELŐS az ott folyó légi forgalomért – így engedélye nélkül azt más nem használhatja.

A nem ellenőrzött légterek jelentik a legnagyobb kihívást, hiszen itt (elvben) nem szükséges a repülési terv (FPL) és a rádió használata, a tájékoztató szolgálat igénybe vétele – VFR repülés esetén. A légi jármű vezetője – amelyik rendelkezik a repülés egyéb (légi alkalmasság, lajstromjel, biztosítás, rádióengedély, stb.) feltételeivel – tehát a saját szemével tud kitérést biztosítani más légi járművekkel szemben – ellentétben egy UAV irányítójával, aki esetleg egy „csőlátó” fedélzeti kamerával tudna valami hasonlót tenni. A nem ellenőrzött légterekben az ütközés veszélye – pl.: GA légi járművekkel – fokozottan jelentkezik, amire egyik fél sincs felkészülve – a láthatóság szabályai és feltételei nem teljesülnek. [1]

A pilóta nélküli légi járművek tehát a legális (minden szükséges műszaki és üzemeltetési feltételnek megfelelő) és az illegális (nem kommunikáló, nem azonosítható, ismeretlen céllal/útvonalon repülő) csoportba tartozhatnak. A szétválasztásra kizárásos alapon nyílik lehetőség – az ismert, bejelentett, engedélyezett repüléseken kívül mindegyik szabálysértőnek tekintendő – kivéve a magán és közösségi tulajdonú modellező repülőterek, ahol a „csupasz szemmel” látható távolságig a repülőmodell irányítója a gépet uralni tudja (pl.: ember vezette légi jármű megjelenésekor annak szabad utat tud biztosítani).

Világszerte készülnek részletes jogszabályokkal kiterjeszteni/még jobban korlátozni a pilóta nélküli légi járművek mozgásterét, alkalmazási köreit és a felhasználók jogait. A hatóságok óvatosak, a hobbi és kereskedelmi felhasználók türelmetlenek – miközben az átlagpolgár sem marad közömbös, félti biztonságát, nyugalmát, személyiségi jogait. [2]



A hazai K+F+I számára a pilóta nélküli légi járművek azonosításának kérdése tehát műszaki (elméleti-, kísérleti) feladatokat, alkalmazásra vonatkozó ajánlásokat, és repülésjogot érintő kitételeket is tartalmaz. A szerteágazó tudásra csak a szakmák, szervezetek – felsőoktatás, kutatás, ipar, légügyi hatóság – legjobbjainak bevonásával lehet szert tenni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A pilóta nélküli repülő eszközök felderítése és hatástalanítása új eszközöket, eljárásokat és szervezeteket igényel. A katonai alkalmazás mellett a napi polgári légiforgalomban is megjelenhetnek szabálysértő, sőt terrorista szándékú légi járművek, melyek azonosítás után – a légtér és a földi környezet biztonsága érdekében – el kell távolítani. Amíg a katonai környezetben a feladat, addig a polgári életben a biztonság a kiemelt fontosságú. Ennek megfelelően a lakosok, anyagi javak épségét előtérbe helyező társadalmi igény a műszaki és alkalmazásbeli kihívások szintjét még tovább emeli.

Az eseményeket (ma még) emberek irányítják, de a „szemük és kezük” már jóval a természet adta képességüket meghaladó dimenzióig ér – éppen a vitatott drónoknak köszönhetően. A rendkívül népszerű, gyorsan terjedő technikai eszközök és alkalmazások a hazai K+F+I közösségek számára is alkalmat teremtenek a bekapcsolódásra.

A drónokat bár ember tervezte, építette, mégis, ha szembe kerül velünk, a küzdelemben a „csupasz” humán érzékszervek és reflexek már kevésnek bizonyulhatnak. El kell ismernünk:

„A DRÓNOKKAL SZEMBEN DRÓNOKKAL LEHET EREDMÉNYESEN HARCOLNI”.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-29-Makkay_Imre.pdf (2015.03.09.)
- [2] <https://www.faa.gov/uas/> (2015.03.09.)
- [3] <http://microflown-avisa.com/acoustic-vector-sensor/> (2015.03.09.)
- [4] http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-28-0157_Makkay_Imre.pdf (2015.03.09.)
- [5] George Millar: A nagy lokátorháború Kossuth Könyvkiadó 1983.
- [6] <http://www.ddcountermeasures.com/products.html> (2015.03.09.)
- [7] <http://www.blighter.com/key-markets/critical-infrastructure-protection.html> (2015.03.09.)
- [8] http://konyvtar.uni-pannon.hu/doktori/2012/Kozma-Bognar_Veronika_dissertation.pdf (2015.03.09.)
- [9] http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2014_3/2014-3-02-0177_Makkay_Imre.pdf (2015.03.09.)
- [10] <http://www.prweb.com/releases/2015/02/prweb12484325.htm> (2015.03.09.)
- [11] <http://archive.defensenews.com/print/article/20130507/DEFREG02/305060011/Special-Report-Precision-Strike> (2015.03.09.)
- [12] <http://breakingdefense.com/2014/10/new-weapons-spell-death-for-drones-the-countermeasure-dance/> (2015.03.09.)
- [13] <http://www.psa-entreprise.fr/malou-tech/> (2015.03.09.)
- [14] <http://www.psa-entreprise.fr/malou-tech/Documentation/MalouKamikaze.pdf> (2015.03.09.)
- [15] <http://www.srcinc.com/what-we-do/ew/counter-uas.aspx> (2015.03.09.)
- [16] <http://www.srcinc.com/pdf/81-sceptre-c-uas.pdf> (2015.03.09.)
- [17] <http://www.srcinc.com/what-we-do/ew/TCUT-counter-UAS-technology.html> (2015.03.09.)
- [18] http://defense-update.com/products/1/31122010_lmams.html (2015.03.09.)

Szamosi Barna¹ – Pokorádi László²

AZ INTERSZUBJEKTIVITÁS HATÁSA AZ FMEA³-BAN⁴

A különböző kockázatbecslő eljárásoknál jelentős hatást gyakorolnak a kapott eredményekre a kockázatbecslők szubjektív megítélései. Ennek oka az úgynevezett nyelvi változók, „csak” szavakkal és kifejezésekkel definiált kategóriák alkalmazása. A tanulmányban bemutatásra kerülő mikro kísérlet eredményei és azok értelmezései alapján igazoljuk azok állításunkat, miszerint a modern műszaki megbízhatóság és biztonság tudomány területén be kell vezetni és alkalmazni kell az interszubjektív fogalmát.

EFFECT OF INTERSUBJECTIVITY ON FMEA

In cases of different risk assessment procedures subjective judgment of risk estimators have significant impact on the results for the risk assessment. This is due to the using of so-called linguistic variables, categories defined by “only” words and phrases. The paper shows results of a micro-experiment. These results and their interpretations confirm our opinions that the concept of intersubjectivity should be used in field of modern reliability and technical safety.

1. BEVEZETÉS

A mérnöki gyakorlatban és a műszaki tudományokban alapvető követelmény az objektivitás. Azonban a műszaki élet olyan határterületein, mint például a minőségügy, vagy a biztonság tudomány, ahol a technikai rendszerek üzemeltetésében szerepet játszik az emberi tényező, az emberi szubjektum nem zárható ki teljes mértékben. Ezekben a tudományterületeken az objektivitás megvalósíthatatlan. Sőt, gyakran maga a fogalom használata is félrevezető lehet. Dolgozatunkban erre a jelenségre kívánjuk felhívni a figyelmet, egy olyan hibamód és -hatás elemzés (FMEA) eredményeinek elemzésével, amelyet különböző szakértői csoportok ugyanazon eszközre, egy hétköznapi golyóstollra, készítettek el. A mikro kísérlet eredményei alapján talán nem túlzó az a véleményünk mely szerint az objektív helyett érdemes lenne a műszaki élet bizonyos területein is bevezetni és alkalmazni az interszubjektív fogalmát.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A második fejezet az objektív, szubjektív majd az interszubjektív fogalmait ismerteti. A harmadik fejezetben Hibamód és hatáselemzés kerül bemutatásra. A negyedik fejezetben egy elvégzett kísérlet eredményeit mutatjuk be és értelmezzük. Végezetül a Szerzők összegzi a tanulmány eredményeit és megfogalmazza a jövőbeni kutatási célkitűzéseiket.

¹ műszaki tanár, Óbudai Egyetem, szamosi.barna@bgk.uni-obuda.hu

² egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

³ Failure Mode and Effect Analysis – hibamód és -hatás elemzés

⁴ Lektorálta: Dr. Szilvássy László okl. mk. alez., egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, szilvassy.laszlo@uni-nke.hu

2. OBJEKTÍV, SZUBJEKTÍV, INTERSZUBJEKTÍV

A fenti fogalmak jelentésének meghatározása kijelöli azt a keretrendszert, vonatkoztatási tartományt amelyben érvényesnek tartjuk a címben szerelő szavak jelentéstartalmának használatát. Elsőként tehát célszerű tisztáznunk azt, hogy mit is értünk az objektív, a szubjektív és az interszubjektív fogalmakon.

2.1. Az objektív

Az objektív szónak az online magyar értelmező szótárban több jelentése található. Ezek [6]:

Személyestől független (hatás, jelenség, környezet), amely a tárgyi körülményekben rejlik, és a személy hatókörén kívül állónak tekintett körülményektől függ.

Tárgyilag (döntés, állásfoglalás, vélemény), amit személyi szempontok, érzelmek, vélemények nem befolyásolnak, pártatlan, részlelhajlás, elfogultság nélküli.

Filozófia: **A gondolkodástól függetlennek tekintett** (világ, történés, jelenség, helyzet állapot, dolog).

Az objektív szó a közkeletű felfogás szerint elfogulatlant, pártatlant jelent. Az objektivitás közkeletű felfogása szerint a dolgokat úgy kell bemutatni, a történéseket úgy kell elmondani, hogy abba semmi szubjektív ne keveredjen. Azaz úgy, ahogyan önmagukban, az őket vizsgáló, leíró személy(ek)től, azaz a szubjektumtól függetlenül léteznek, illetve történtek. Alapvetően tehát az objektív a személytől, vagyis a szubjektumtól teljesen függetlennek tekinthető állapotot, szemléletet jelent. Az objektív, mint jelző, tehát bizonyos vonatkoztatási rendszerekben – mint például a műszaki életben – a technikai rendszerek vagy folyamatok leírására alkalmas fogalom.

Az objektivitás elve, egyes értelmezések alapján, a tudományos megismerés alapelve. Ebből következően például az objektivitás – a szubjektivitáshoz viszonyított – mértéke a művészi és a tudományos alkotás közötti fontos megkülönböztető jegynek számít. A tudományos megismerés alapkövetelménye, a „tisztá” objektivitás igénye lett. Alapja a „tisztá”, az értéket és érzelmet tekintve semleges racionalitás, továbbá a szubjektivitás elnyomása, eliminálása, beleértve ebbe a szubjektivitásnak a megismerés folyamatára és eredményeire történő vélelmezett deformáló hatásának semlegesítését is, írja Farkasová [3]. Ez a természettudományokban, így a műszaki tudományokban is meglévő elvárás fokozatosan áthatotta a társadalomtudományokat is. Ezért ez jelen van az olyan interdiszciplináris tudományokban is, mint a biztonságstudomány.

2.2. A szubjektív

A szubjektív szónak is, mint fogalomnak, az előbb már hivatkozott online magyar értelmező szótár szerint három jelentése ismert [6]:

- a **személyestől függő** (dolog), amely nem a tárgyi körülményekben rejlik, hanem rajtunk állónak tekintjük, tőlünk függő körülményekből ered;
- saját **személyes érzéseket kifejező** (megnyilatkozás, hangulat, lelkiállapot, kifejezés, dolog), amelynek alapja a személy lelkiállapota, hangulata;
- **nem tárgyilag** (vélemény, döntés, cselekedet, dolog), amely elfogult, egyéni hozzáállást, véleményt, állásfoglalást tükröz.

A szubjektív szó jelentése: az egyén érzésvilágából kiinduló elfogult, a közkeletű felfogás szerint. Alapvetően tehát a szubjektív fogalma teljesen ellentétes az objektív fogalmával.

2.3. Az interszubjektív

Ha az objektív megismerés teljes mértékben lehetséges volna, nem is objektív, hanem mindjárt abszolút ismeretekhez jutnánk. Ezzel szemben még a legegyszerűbb dolgokról is csak korlátozott tudásunk lehet, mert csak bizonyos nézőpontokból az általunk konstruált modellek alapján ismerhetjük meg és írhatjuk le őket. Amennyiben a megismerés nem az objektum tökéletes, de a szubjektum oldaláról nézve passzív „leképződése”, hanem a szubjektum és az objektum egyaránt konstitutív szerepet kap benne, akkor az interszubjektivitásnak tekinthető, írja Hankovszky [2].

Például, az általános műszaki hőtanban használatos a

$$pv = RT \quad (1)$$

egyesített gáztörvényt a gázdinamikában – ahol nem a közeg fajtérfogatának, hanem a sűrűségének ismerete a fontos – a következőképpen használják:

$$\frac{P}{\rho} = RT \quad (2)$$

Máris megjelent ugyanazon objektívnek tekintett fizikai összefüggés kapcsán egy másik szakmai közösség interszubjektuma is.

Véleményünk szerint ennek a fogalomnak a használata, a műszaki élet egyes interdiszciplináris területein, mint a minőségügy, vagy a megbízhatóság, biztonság tudomány mindenképpen indokolt. Különösen indokolt lehet például a kockázatelemzések során, ahol egy objektumot, mint a példánkban szereplő tollat, szakértők, vagyis a szubjektumok elemeznek.

3. A HIBAMÓD ÉS –HATÁS ELEMZÉS

Az angol nyelvű szakirodalomba FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) rövidítéssel bevonult hibamód és -hatás elemzést az USA-ban fejlesztették ki, a Boeing és a Martin Mariette vállalatok. Már 1957-ben mérnöki kézikönyvet adtak ki az általános módszerről. A módszer egy korai és sikeres gyakorlati alkalmazására az Apolló holdprogramon belül került sor, miután az Apolló 1 fedélzetén, földi gyakorlás közben, életét veszítették Grissom, White és Chaffee űrhajósok. Az FMEA rendszerbe foglalt, fejlesztő és ellenőrző módszer, amely magába foglalja a tényleges és lehetséges hibák, valamint azok következményeinek és okainak vizsgálatát. Az FMEA célja a hibák fokozatos és rendszeres kiküszöbölésével az egyre jobb minőségű termékek egyre gazdaságosabb módon történő előállítása.

A Hibamód és hatáselemzés vagy röviden FMEA egy olyan elemzéses módszertan melyet azért alkalmaznak, hogy megbizonyosodjanak arról, hogy a termék- és folyamattervezés folyamatában a lehetséges problémák azonosítása és figyelembevétele megtörtént. Az eljárás a hibamegelőzés, a valószínűsíthető hibáknak a tervezési fázisban történő feltárásában és elhárításában



játszik fő szerepet. Tulajdonképpen az elkövethető hibák, a hibák hatásainak, és azok okainak a gyűjteménye, kiegészítve a jelenlegi megelőzési eljárások és detektálhatóság vizsgálatával.

Az autóiparban használatos QS 9000 minőségügyi követelményrendszer alapján minden FMEA folyamatban a lehetséges hibamódok feltárása műszaki nyelven történik, a hiba hatásának elemzését a vevő szemszögéből kell végezni. A vevői követelmények ismeretében a hibakiváltó okokat három szempont szerint kell értékelni: Súlyosság (S – Severity) – milyen hatással van a hiba a vevőre? A hiba jelentősége: azt állapítjuk meg, hogy a hiba következménye milyen mértékű hatást gyakorol a vevőre. A hatás mértéke lehet a legkisebb, amikor a vevő nem érzékeli a hibát, legnagyobb, ha a hiba a vevő biztonságát veszélyezteti. Egy hibához csak egy jelentőséget mérő számot kell rendelni a legsúlyosabb következményt figyelembe véve. A jellemző minősítés külön rovatban külön jelölhető a jellemző minősítés (pl.: kritikus, jelentős stb.) A pontozás 1-től 10-ig terjedő skálán történik, legsúlyosabb a 10 pont. Gyakoriság (O – Occurrence) – milyen gyakran fordul elő az adott hiba. A hibaok bekövetkezésének gyakorisága: a bekövetkezés annak a valószínűsége, hogy a hiba a meghatározott hibaok miatt bekövetkezik-e. Minden hibaokhoz tartozik érték. A hibák gyakoriságát szintén 1-től 10-ig terjedő skálán pontozzák attól függően, hogy a hiba milyen mértékben fordulhat elő. Észlelhetőség (D – Detection) – az alkalmazott ellenőrzés/vizsgálat milyen mértékben észleli a hibát. A hiba észlelhetősége: az észlelhetőséggel azt vizsgáljuk, hogy a meghatározott hibaok miatt létrejövő hiba a jelenlegi ellenőrzések mellett milyen valószínűséggel jut el a vevőhöz. Fel kell tételezni, hogy a hiba bekövetkezett és becsülni kell a hiba-megállapítás képességét. A pontozás ebben az esetben is 1-től 10-ig történik, attól függően, hogy az ellenőrzés nem tárja fel, vagy nagy biztonsággal feltárja a hibát. Minden hibaokhoz külön érték tartozik.

Az eljárás tehát egyfajta kockázat elemzés. A kockázatelemzés során kiszámítható az i -edik meghibásodás rizikó faktor száma (kockázati száma), az RPN_i (Risk Priority Number) a súlyosság (S_i), gyakoriság (O_i) és észlelhetőség (D_i)

$$RPN_i = S_i O_i D_i \quad (3)$$

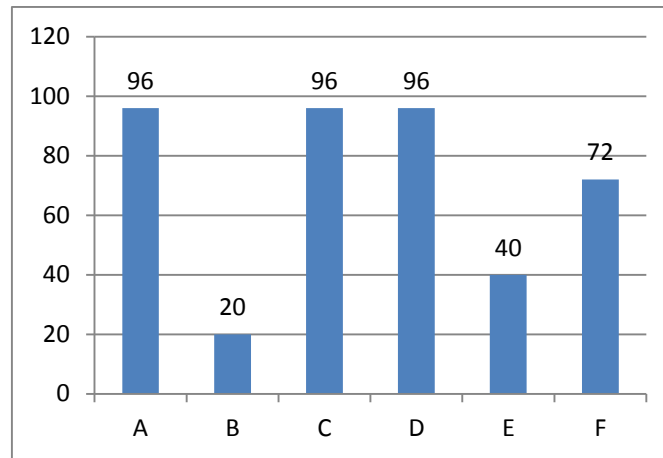
szorzata. Mivel mindhárom tényezőt egy 1 és 10 közti számmal jellemezzük, ennek nagysága 1-től 1000-ig terjedhet.

4. A MIKRO KÍSÉRLET

A mikro kísérlet során hat, három-három főből álló, szakértői csoportok végezték el ugyanolyan alkatrészekből álló golyóstoll lehetséges meghibásodásainak FMEA elemzését. Minden csoport ugyanazokra az alkatrészekre és azok ugyanazon lehetséges tizenöt hibájának RPN számát állapították meg.

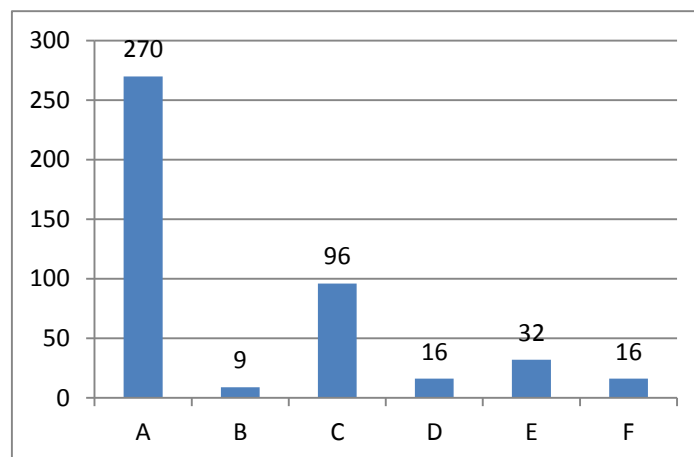
Elsőként négy RPN szám összehasonlítását mutatjuk be. A következő négy grafikon az elvégzett elemzések RPN számait tartalmazza a különböző szakértői csoportok értékelései alapján. Az ábrákon a függőleges tengely az RPN számok skálája, a vízszintes tengely pedig az egyes szakértői csoportok betűjelét tüntettük fel.

Az 1. ábrán látszik, hogy az **A**, **C**, **D**, szakértői csoportok mindegyike egyaránt 96-os *RPN* értékeket adott. Azonban figyelemre méltó a **B** csoport *RPN* száma, amely kevesebb, mint a negyede az **A**, **C**, **D**, csoport által adott értékeknek.

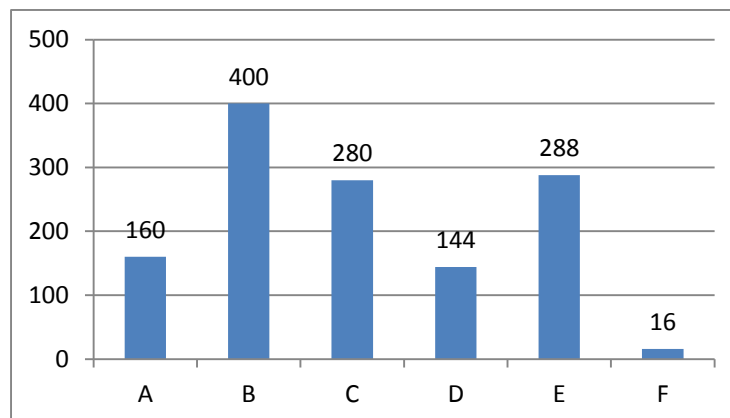


1. ábra Az 1-es alkatrész *RPN* értékei szakértői csoportok szerint

A 2. ábrán még szembetűnőbb különbségek látszanak. A **B**, **D**, **E**, **F**, szakértői csoportok *RPN* értékei is különböznek. Azonban a legjelentősebb eltérése az **A** és a **B**, szakértői csoportok rizikófaktor számai esetén tapasztalható.

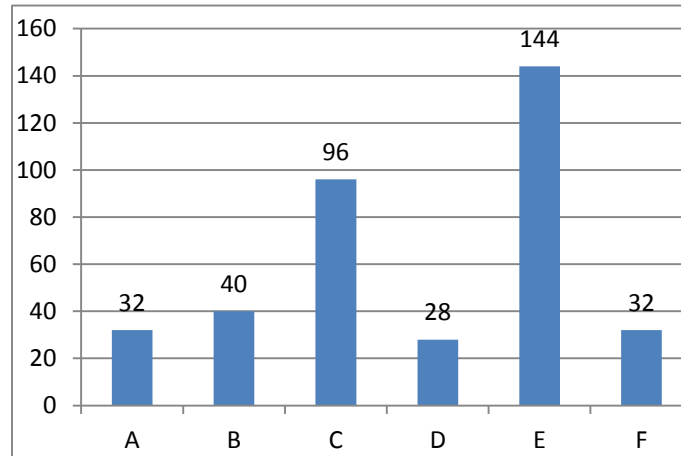


2. ábra A 6-os alkatrész *RPN* értékei szakértői csoportok szerint



3. ábra A 10-es alkatrész *RPN* értékei szakértői csoportok szerint

A 3. ábrán a **B** szakértői csoport által megállapított legnagyobb *RPN* szám a 25-ször nagyobb, mint az **F** szakértői csoport által adott legkisebb *RPN* szám. Figyelemre méltó az is, hogy az **F** szakértői csoport után következő második legkisebb *RPN* szám, amelyet a **D** szakértői csoport adott, 9-szer nagyobb a legkisebb *RPN* számnál.

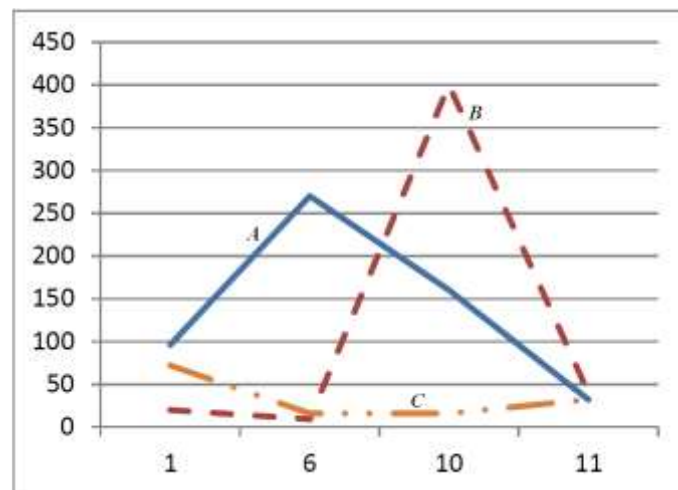


4. ábra A 11-es alkatrész *RPN* értékei szakértői csoportok szerint

A 4. ábrán az **E** szakértői csoport által megállapított a legnagyobb *RPN* szám és a **D** szakértői csoport adott a legkisebb *RPN* szám. Itt nincs akkora különbség, mint az előző alkatrész legkisebb, és legnagyobb *RPN* értéke között, azonban itt is több mint négyszeres a különbség.

Az eddigi ábrákból is egyértelműen látszik, hogy az egyes szakértői csoportok eltérően ítélik meg az egyes alkatrészek rizikófaktor számait.

Következő elemzési lépésként az 5. ábrán a függőleges tengelyen az *RPN* számokat, a vízszintes tengelyen pedig az alkatrészek számait tüntettük fel. Az ábrán a jobb áttekinthetőség érdekében a hat szakértői csoport által alkatrészenként meghatározott *RPN* számok közül csak három ábrázoltunk.



5. ábra Három szakértői csoport *RPN* számainak összehasonlítása

Az ábra így is jól mutatja, hogy az egyes szakértői csoportok mennyire eltérően ítélik meg ugyanazon alkatrészek rizikófaktorait.



Végezetül elemezzük statisztikai szempontból is a kapott eredményeket. Az 1. táblázat mutatja a különböző csoportok által meghatározott S ; O ; D és PRN értékek, átlagait, valamint azok PRN értékkel való korrelációs együtthatójukat.

	S	O	D	RPN
A	8,333	3,467	3,933	119,800
	0,009	0,835	0,655	
B	8,333	1,733	4,200	79,800
	0,478	0,743	0,758	
C	7,067	4,267	4,333	136,000
	0,748	0,928	0,156	
D	7,133	2,333	3,133	55,733
	0,343	0,426	0,911	
E	7,133	3,467	3,867	98,600
	0,437	0,631	0,701	
F	7,333	4,333	1,333	39,600
	0,152	0,710	0,434	
				88,256

1. táblázat A kísérleti eredmények statisztikai elemzése

A statisztikai értékekből kiemelendő az **A** csoport magas súlyossági S értéke (ami az egyik legmagasabb érték), valamint annak kicsi korrelációja a RPN értékekkel. Megállapítható, hogy a csoport szigorú a meghibásodások következményeivel szemben – a magas S értékek ezt tükrözik. Az is kijelenthető, hogy a csoport kockázati értékelése leginkább a gyakoriság megítélésétől függ – a három közül legmagasabb korrelációs együttható miatt.

Hasonló következtetések vonhatóak le az **F** csoport esetében is, bár kisebb mértékben. A **F** csoport RPN értékeinek változásai elsősorban az O értékkel, a gyakoriság megítélésével vannak kapcsolatban.

A **C** csoport viszont az észlelhetőséget kezeli viszonylag azonos mértékben. Egyben az is kijelenthető, hogy – az RPN átlagok alapján – ez a legszigorúbb csoportnak tekinthető.

5. ÖSSZEGZÉS

Tanulmányunkban értelmeztük az objektív, szubjektív, valamint az interszubjektív fogalmát. Ezt követően egy elvégzett mikro kísérletet és annak eredményeit mutattuk be. A kapott eredmények elemzése és értelmezése alapján következtetéseket vontunk le. A levont konklúziók egyértelműen igazolták azon véleményünket, hogy a modern műszaki megbízhatóság és műszaki biztonságterületén be kell vezetni és alkalmazni kell az interszubjektív fogalmát.



További tudományos kutatásaink célja mélyebben értelmezni az interszubjektívitás fogalmát, illetve annak megjelenési formáit a műszaki megbízhatóság és műszaki biztonság tudomány területén. Célunk a kulturális háttér – mint az interszubjektívitás egyik fő forrása – a minőségre, azzal összefüggésben a biztonságra, a kockázat értékelésre gyakorolt hatásának elemzése és leírása.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] FARKASOVA E. Lehet (csak) objektív a megismerés? Kalligram. Pesti Kalligram Könyvkiadó és Könyvterjesztő Kft., Budapest, 1995.
- [2] HANKOVSKY TAMÁS Az interszubjektívitás reménye, Apokaliptika és posztmodernitás. Szent Vince Szakkollégium, Piliscsaba, 2009.
- [3] SZAMOSI BARNA - POKORÁDI LÁSZLÓ A kockázatelemzés emberi kérdései. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka XIX. Kolozsvár 2014. pp. 361-364.
- [4] SZAMOSI BARNA - POKORÁDI LÁSZLÓ Az interszubjektív tudás hatása az FMEA elemzésre. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka XX. Kolozsvár 2015. (megjelenés alatt)
- [5] Szilágyi Gábor, Lukács Krisztián, Szamosi Barna, Pokorádi László A QS 9000 és a VDA szerinti hibamód és -hatáselemzések összehasonlítása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2014/2, pp. 413-425.
- [6] WikiSzótár.hu magyar értelmező szótár, http://wikiszotar.hu/wiki/magyar_ertelmezo_szotar/ (2014.02.12.)

Pokorádi László¹

KOMPLEX KAPCSOLATÚ RENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁ- GÁNAK MODULÁRIS ÉRZÉKENYSÉGELEMZÉSE²

Napjainkban a komplex kapcsolatú rendszerek vagy komplex rendszerek vizsgálata fontos szerepet játszik a műszaki és társadalomtudományok különböző területein. Az egyik legfontosabb kérdés e rendszerek megbízhatósága, illetve a megbízhatóságuk érzékenysége. A Szerző munkájának fő célja a repülőgép sárkány rendszerek és gázturbinás hajtóművel matematikai diagnosztikai módszerének adaptálása véges, komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatósági érzékenységelemzésére. A tanulmány a kidolgozott eljárást mutatja be elméletileg, valamint annak alkalmazási lehetőségét egy egyszerű komplex kapcsolatú rendszer példáján keresztül

MODULAR SENSITIVITY ANALYSIS OF RELIABILITY OF SYSTEMS WITH COMPLEX INTERCONNECTIONS

In our age, investigations of Systems with Complex Interconnections or Complex Systems are important parts of several fields of technical and social sciences. One of the most important questions is the reliability and sensitivity of reliability of these systems. The main goal of Author's work is to adapt mathematical diagnostic methodology of airframe systems and gas turbine engines to investigate sensitivity of reliability of finite Systems with Complex Interconnections. The paper shows the proposed method theoretically and its applicability to investigate Systems with Complex Interconnections sensitivity by a simple example.

BEVEZETÉS

Napjaink tudományában egyre nagyobb szerepet kap a bonyolult, integrált rendszerek, különféle hálózatok struktúrájával és a bennük lejátszódó folyamatok több-szempon-tú vizsgálatával foglalkozó tudomány, a rendszertechnika alkalmazása. Rendszereket a tudomány jóformán minden területén lehet értelmezni. Az integrált rendszerekkel kapcsolatos problémák megoldásában nagymértékben segítenek a korszerű rendszerelmélet rendező elvei.

A moduláris megközelítésű érzékenységvizsgálat lényege, hogy a rendszert részegységekre bontjuk és azok érzékenységi együtthatóit külön-külön determináljuk, majd a későbbiekben részletesen leírt mátrixalgebrai eljárással adjuk meg a rendszer kimenő jellemzőjének, jellemzőinek érzékenységi együtthatóit.

A Szerző számára jelentős támpontot adott kutatómunkájához Myers könyve, mely a komplex rendszerek megbízhatóságát, és megbízhatóság-elemző módszereit írja le. Myers megfogalmazása szerint az a rendszer, mely nem csak egyszerű kölcsönös kapcsolatokkal bír tekinthetőek komplex rendszereknek [1].

Myers megfogalmazásában a komplex kapcsolatú (SwCI – System with Complex Interconnections) rendszerek a többcsatornás, redundáns részeket tartalmazó hálózatok. Megállapítja, az úgynevezett

¹ egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

² Lektorálta: Prof. Dr.Szabolcsi Róbert, egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, szabolcsi.robert@bgk.uni-obuda.hu

egyszerű kapcsolatokkal bíró rendszerek megbízhatósági elemzése során előszeretettel használt blokk-diagrammos modellezési módszerek közvetlenül nem alkalmazhatóak a komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatósági elemzése során, viszont, ismeretük elengedhetetlen [1]. Myers ezen megállapítása tette szükségessé az eredetileg „csak” adaptálni tervezett elemző eljárás módosítási lehetőségének keresését, valamint az átdolgozott érzékenységvizsgálati módszer alkalmazhatóságának megállapítását vagy elvetését.

A kutatómunka során adaptálásra tervezett lineáris diagnosztikai modellek repülőműszaki tudományokon belüli alkalmazásának eredményei Pokorádi [2], Rác [6], valamint Rohács és Simon [7] publikációiban lelhetők fel.

Jelen kutatómunka célja a repülőgép-rendszerek és gázturbinás hajtóművek lineáris diagnosztikai elemzéseinél már jól alkalmazott rendszerérzékenységi, modellvizsgálati eljárások módosításának kidolgozása úgy, hogy azok alkalmassá váljanak a komplex kapcsolatú (például híd struktúrájú) hálózatok és rendszerek megbízhatóságának, megbízhatóság-érzékenységeinek, valamint bizonytalanságának megfelelő minőségű leírására, elemzésére. Ezen moduláris, csomóponti megközelítésű, könnyen algoritmizálható módszerek módosításával új eljárások dolgozhatók ki hálózatok és rendszerek megbízhatósági, valamint paraméter érzékenységi és bizonytalansági elemzésére.

A moduláris, csomóponti megközelítés következtében a vizsgálati módszerekhez tipizált, vagy tipizálható modellblokkokat tudunk meghatározni, melyek segítségével egy konkrét vizsgált hálózat érzékenységi, paraméterbizonytalansági modellje könnyen, jól algoritmizálható eljárással állítható fel. Ennek következtében olyan elemzési módszereket, technikákat kaphatunk, melyek nem igénylik az alkalmazó mély, megalapozott matematikai ismereteit. A moduláris érzékenység elemzési eljárás előnyei a következőkben fogalmazhatóak meg:

- jól algoritmizálható;
- a rész-érzékenységi együtthatók – az egyszerű függvények következtében – viszonylag könnyen meghatározhatóak;
- a tipikus, vagy tipizálható részegységek érzékenységi együtthatói struktúrája azonos, így csak a paramétereik behelyettesítésével egyszerűen kiszámíthatóak;
- az érzékenységi mátrix megadja a részrendszerek, elemcsoportok érzékenységi együtthatóit is, nem csak a teljes rendszer kimenő jellemzőjének, jellemzőinek.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A második fejezet a komplex kapcsolatú rendszerek igazságtáblázat alkalmazásával történő megbízhatóság elemzési módszerét mutatja be. A harmadik fejezetben az előzőekben felállított megbízhatósági modell moduláris érzékenységvizsgálata kerül leírásra. A negyedik fejezetben a modelleredményekből levonható következtetések olvashatók. Végezetül a Szerző összegzi a tanulmány eredményeit és megfogalmazza a jövőbeni kutatási célkitűzéseit.

2. KOMPLEX KAPCSOLATÚ RENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁGA

A komplex kapcsolatú rendszerekben az elemek közt található összetett kapcsolatok következtében a hibafa elemzés során a közbülső események nem tekinthetők független eseménynek – azaz a [3] és [4] irodalmakban leírt moduláris megközelítésű érzékenységelemzési eljárás –

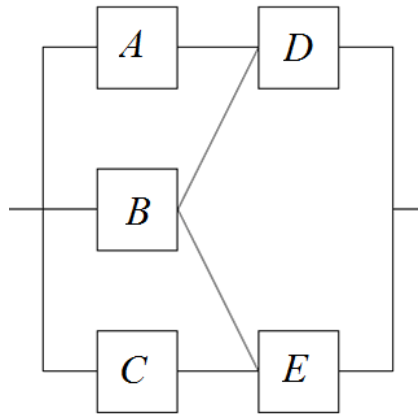
abban a formájában – nem megfelelő. Az ilyen rendszer vagy hálózat megbízhatóságának meghatározására egyik megoldásként a Boole-féle igazságtáblázatot célszerű alkalmaznunk.

Szemléltetésképpen vizsgáljuk meg a [1] irodalomban található rendszert és határozzuk meg annak R_{sys} megbízhatóságát (hibamentes működésének valószínűségét).

Az 1. ábrán látható rendszer öt elemet tartalmaz, melyeket az A ; B ; C ; D és E betűkkel jelölünk, és az alábbi két paraméterrel jellemzünk:

- az r_i $i \in L$ megbízhatóságukkal, azaz a hibamentes működésük valószínűségével;
- a p_i $i \in L$ meghibásodási valószínűségükkel,

ahol: L az A ; B ; C ; D és E latinbetűk által alkotott halmaz.



1. ábra Egy egyszerű komplex kapcsolatú rendszer³

Mivel az elemek eme két állapota alkotja a teljes valószínűségi eseményteret, továbbiakban a

$$p_i = 1 - r_i \quad (1)$$

egyenletet, valamint az elemek

$$\mathbf{r}^T = [r_A \quad r_B \quad r_C \quad r_D \quad r_E] ; \quad (2)$$

megbízhatósági valószínűségvektorát fogjuk használni.

A teljes rendszer lehetséges állapotait, illetve ezen állapotok bekövetkezési valószínűségeinek meghatározását szemlélteti az 1 táblázat, ahol az állapotokat jelző oszlopokban az 1 üzemképes, a 0 pedig hibás, működésképtelen állapotot jelöl.

A rendszer a 10; 11; 12; 14; 15; 16; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 26; 27; 28; 29; 30; 31 és 32 sorszámú állapotok valamelyikének fennállása esetén működőképes. Ezen események egymástól függetlenek – egy időben csak az egyik állapotban lehet a rendszer –, ezért a rendszer megbízhatósága az

$$R_{sys} = Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} + Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{26} + Q_{27} + Q_{28} + Q_{29} + Q_{30} + Q_{31} + Q_{32} \quad (3)$$

egyenlettel számítható ki.

³ Forrás: [1].

Állapot i	Elemek állapota					Rendszer állapota	Q_i
	A	B	C	D	E		
1	0	0	0	0	0	0	
2	1	0	0	0	0	0	
3	0	1	0	0	0	0	
4	1	1	0	0	0	0	
5	0	0	1	0	0	0	
6	1	0	1	0	0	0	
7	0	1	1	0	0	0	
8	1	1	1	0	0	0	
9	0	0	0	1	0	0	
10	1	0	0	1	0	1	$r_A p_B p_C r_D p_E$
11	0	1	0	1	0	1	$p_A r_B p_C r_D p_E$
12	1	1	0	1	0	1	$r_A r_B p_C r_D p_E$
13	0	0	1	1	0	0	
14	1	0	1	1	0	1	$r_A p_B r_C r_D p_E$
15	0	1	1	1	0	1	$p_A r_B r_C r_D p_E$
16	1	1	1	1	0	1	$r_A r_B r_C r_D p_E$
17	0	0	0	0	1	0	
18	1	0	0	0	1	0	
19	0	1	0	0	1	1	$p_A r_B p_C p_D r_E$
20	1	1	0	0	1	1	$r_A r_B p_C p_D r_E$
21	0	0	1	0	1	1	$p_A p_B r_C p_D r_E$
22	1	0	1	0	1	1	$r_A p_B r_C p_D r_E$
23	0	1	1	0	1	1	$p_A r_B r_C p_D r_E$
24	1	1	1	0	1	1	$r_A r_B r_C p_D r_E$
25	0	0	0	1	1	0	
26	1	0	0	1	1	1	$r_A p_B p_C r_D r_E$
27	0	1	0	1	1	1	$p_A r_B p_C r_D r_E$
28	1	1	0	1	1	1	$r_A r_B p_C r_D r_E$
29	0	0	1	1	1	1	$p_A p_B r_C r_D r_E$
30	1	0	1	1	1	1	$r_A p_B r_C r_D r_E$
31	0	1	1	1	1	1	$p_A r_B r_C r_D r_E$
32	1	1	1	1	1	1	$r_A r_B r_C r_D r_E$

1. táblázat A vizsgált rendszer lehetséges állapotai és azok bekövetkezési valószínűségei⁴

⁴ Forrás: [1].

3. AZ ÉRZÉKENYSÉGI MODELL FELÁLLÍTÁSA

3.1. Általános megoldás

Egy általános, $y_j = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ $f: \mathfrak{R}^k \rightarrow \mathfrak{R}$ alakban felírható függvény x_i független változóval szembeni érzékenységét a

$$K_{y_j x_i} = \frac{\partial f(x_1; x_2; \dots x_k)}{\partial x_i} \frac{x_i}{f(x_1; x_2; \dots x_k)} = \frac{\partial y_j}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \quad K_{y_j x_i} \subset \mathfrak{R} \quad (4)$$

együttható bevezetésével határozhatjuk meg, amely felhasználásával az alábbi lineáris egyenletet kapjuk:

$$\delta y_j = K_{y_j; x_1} \delta x_{y_j; x_1} + \dots + K_{y_j; x_k} \delta x_k \quad , \quad (5)$$

amely a vizsgált rendszer paramétereinek relatív változásai közti kapcsolatot – azaz a kimenő jellemző relatív érzékenységét – írja le [2].

Következő lépésként a független és függő események bekövetkezési valószínűségeit az $\mathbf{x} \in \mathfrak{R}^{m \times 1}$, illetve $\mathbf{y} \in \mathfrak{R}^{n \times 1}$ vektorokba rendezzük. Ekkor a bekövetkezési valószínűségek relatív változásai közti kapcsolat az

$$\mathbf{A} \delta \mathbf{y} = \mathbf{B} \delta \mathbf{x} \quad (6)$$

mátrix-egyenlettel tudjuk leírni, ahol:

- $\mathbf{A} \in \mathfrak{R}^{n \times n}$ – függő események együttható mátrixa;
- $\mathbf{B} \in \mathfrak{R}^{n \times m}$ – független események együttható mátrixa;
- $n \in \mathfrak{N}$ – függő események (lehetséges rendszer állapotok) száma;
- $m \in \mathfrak{N}$ – független események (rendszerelemek) száma.

Felhasználva a

$$\mathbf{D} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B} \in \mathfrak{R}^{n \times m} \quad (7)$$

mátrixalgebrai összefüggést, a rendszer \mathbf{D} relatív érzékenységi mátrixát kapjuk meg, és a (10) egyenlet a

$$\delta \mathbf{y} = \mathbf{D} \delta \mathbf{x} \quad (8)$$

alakura módosul.

A relatív érzékenységi mátrix i -edik sorának j -edik eleme azt mutatja meg, hogy az i -edik függő esemény bekövetkezési valószínűségének relatív változását milyen mértékben befolyásolja a j -edik független esemény bekövetkezési valószínűségének (a rendszer j -edik elem üzemképessége) relatív változása.

A rendszer érzékenység vizsgálata során alapvetően csak a teljes rendszer megbízhatóságának érzékenységét vizsgáljuk. Ezért továbbiakban a fenti \mathbf{D} érzékenységi mátrix első sorát, mint a

rendszer $\mathbf{d} \in \mathfrak{R}^{m \times 1}$ relatívérzékenységi vektorát alkalmazzuk. Természetesen, szakmai szempontok alapján a rész események (rendszerállapotok) bekövetkezési valószínűségeinek érzékenységét is vizsgálhatóak.

3.2. A tipikus érzékenységi együtthatók meghatározása

A komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatósági modelljeiben a lehetséges rendszerállapotok bekövetkezési valószínűségei – lásd 1. Táblázat – az alábbi általános formában írhatóak fel:

$$Q_k = f_k(r_1; r_2; \dots; r_k) = \prod_{j=1}^n u_j(r_j) \quad , \quad (9)$$

ahol az u_j belső függvény az alábbi két forma egyikét veheti fel:

- ha a vizsgált elem üzemképes, akkor a belső függvény, illetve a (9) függvény r_j -sze-rinti érzékenységi együtthatója:

$$u_j = r_j \quad \rightarrow \quad K_{Q_k r_j} = 1 \quad ; \quad (10)$$

- ha a vizsgált elem hibás, akkor a belső függvény, illetve a (9) függvény r_j -szerinti érzékenységi együtthatója:

$$u_j = 1 - r_j \quad \rightarrow \quad K_{Q_k r_j} = -\frac{r_j}{Q_k} \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n u_k \quad . \quad (11)$$

A rendszer megbízhatóságának – lásd (3) egyenlet – az üzemképes elemállapotok bekövetkezési valószínűségei szerinti érzékenységi együtthatók:

$$K_{Ri} = \frac{Q_i}{R_{sys}} \quad . \quad (12)$$

3.3. Rendszer-megbízhatóság lineáris érzékenységi modellje

A fenti, általános meghatározások után az előző fejezetben felírt vizsgálati modellhez írjuk fel az aktuális érzékenységi együtthatókat, majd a modell lineáris érzékenységi modelljét.

A (3) függvény és belső összefüggései alapján a független események, azaz az elemek megbízhatóságai relatív változásainak vektora, esetünkben:

$$\delta \mathbf{x}^T = \delta \mathbf{r}^T = [\delta r_A \quad \delta r_B \quad \delta r_C \quad \delta r_D \quad \delta r_E] \quad , \quad (13)$$

illetve a függő események valószínűségi relatív változásainak vektora:

$$\delta \mathbf{y}^T = [\delta R_{sys} \quad \delta Q_{10} \quad \delta Q_{11} \quad \delta Q_{12} \quad \delta Q_{14} \quad \delta Q_{15} \quad \delta Q_{16} \quad \delta Q_{19} \quad \delta Q_{20} \quad \delta Q_{21} \quad \delta Q_{22} \quad \delta Q_{23} \quad \delta Q_{24} \quad \delta Q_{26} \quad \delta Q_{27} \quad \delta Q_{28} \quad \delta Q_{29} \quad \delta Q_{30} \quad \delta Q_{31} \quad \delta Q_{32}] \quad (14)$$

a függő események együttható mátrixa:



$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix}
 1 & -K_{R10} & -K_{R11} & -K_{R12} & -K_{R14} & -K_{R15} & -K_{R16} & -K_{R19} & -K_{R20} & -K_{R21} & -K_{R22} & -K_{R26} & -K_{R27} & -K_{R28} & -K_{R29} & -K_{R30} & -K_{R24} & -K_{R23} & -K_{R31} & -K_{R32} \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{bmatrix} \quad (15)$$

a független események együttható mátrixa:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & K_{10B} & K_{10C} & 1 & K_{10E} \\
 K_{11A} & 1 & K_{11C} & 1 & K_{11E} \\
 1 & 1 & K_{12C} & 1 & K_{12E} \\
 1 & K_{14B} & 1 & 1 & K_{14E} \\
 K_{15A} & 1 & 1 & 1 & K_{15E} \\
 1 & 1 & 1 & 1 & K_{16E} \\
 K_{19A} & 1 & K_{19C} & K_{19D} & 1 \\
 1 & 1 & K_{20C} & K_{20D} & 1 \\
 K_{21A} & K_{21B} & 1 & K_{21D} & 1 \\
 1 & K_{22B} & 1 & K_{22D} & 1 \\
 K_{23A} & 1 & 1 & K_{23D} & 1 \\
 1 & 1 & 1 & K_{24D} & 1 \\
 1 & K_{26B} & K_{26C} & 1 & 1 \\
 K_{27A} & 1 & K_{27C} & 1 & 1 \\
 1 & 1 & K_{28C} & 1 & 1 \\
 K_{29A} & K_{29B} & 1 & 1 & 1 \\
 1 & K_{30B} & 1 & 1 & 1 \\
 K_{31A} & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1
 \end{bmatrix} \quad (16)$$

A rendszer-megbízhatóság érzékenységi vektorok értékeit tartalmazza a 2. Táblázat.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

4.1. A kidolgozott módszerrel kapcsolatos következtetések

Az elvégzett modellalkotás és elemzés alapján az alábbi következtetések vonhatóak le a kidolgozott módszerrel kapcsolatban [5]:

- 1-1. A kidolgozott eljárás alkalmas a komplex kapcsolatú rendszerek és hálózatok megbízhatóság-érzékenységi elemzésének elvégzésére.
- 1-2. Az érzékenységi együttható mátrixok elemei jól algoritmizálhatóan meghatározhatóak.

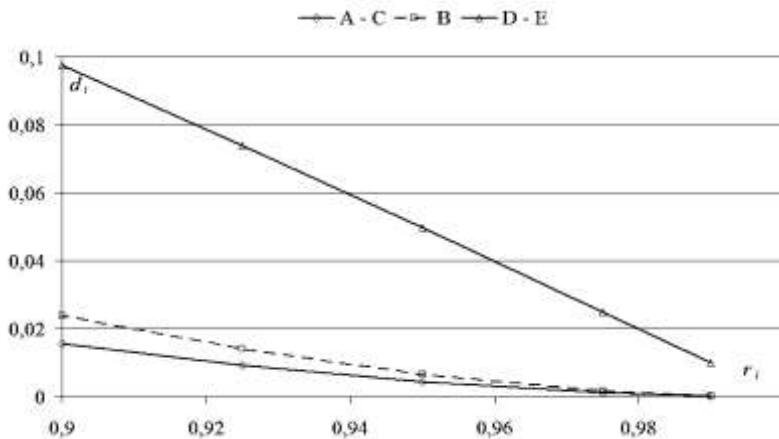
Mivel a valószínűségi egyenletek azonos struktúrájú elemeket tartalmaznak, ezért az azokhoz tartozó érzékenységi együtthatók a 3.2 alfejezetben leírt módon tipizáltan megadhatóak.

1-3. A módszer hátránya, hogy a rendszer lehetséges állapotainak száma exponenciálisan (2^m) növekszik az elemek száma függvényében.

4.2. A vizsgált rendszerrel kapcsolatos következtetések

Az elvégzett elemzések, melyek során mindegyik elem ugyanazon megbízhatósággal rendelkezett, alapján az alábbi következtetések vonhatóak le a vizsgált rendszerrel kapcsolatban:

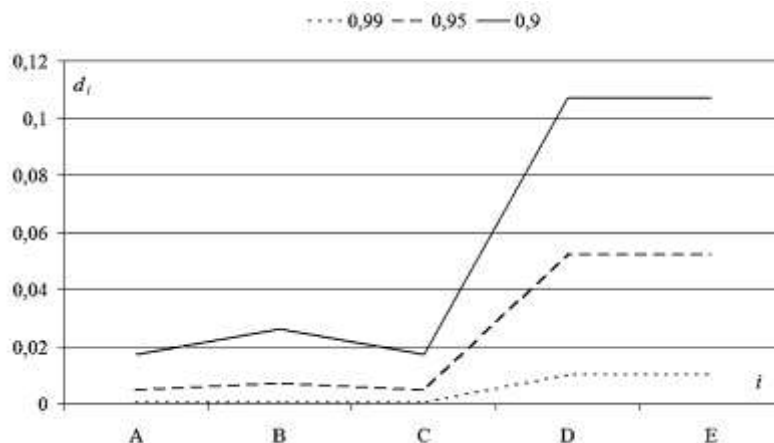
2-1. Az elemek megbízhatóságának növelése esetén csökken a rendszer megbízhatóságának relatív érzékenysége.



2. ábra A rendszer-megbízhatóság relatív érzékenysége az elem-megbízhatóságok függvényében

Γ_{inom}	d_{pinom}
0,99	$\mathbf{d}_{0,99} = [0,000197 \quad 0,000296 \quad 0,000197 \quad 0,010097 \quad 0,010097]$
0,95	$\mathbf{d}_{0,95} = [0,004631 \quad 0,007006 \quad 0,004631 \quad 0,052131 \quad 0,052131]$
0,90	$\mathbf{d}_{0,9} = [0,017100 \quad 0,026100 \quad 0,017100 \quad 0,107100 \quad 0,107100]$

2. táblázat A rendszer-megbízhatóság érzékenységi vektorai



3. ábra Rendszer-megbízhatóság relatív érzékenységei különböző elem-megbízhatósági értékek esetén

2-2. A rendszer érzékenysége alapvetően „szimmetrikus”.

A rendszer mindegyik modellezett esetben ugyanazon mértékű érzékenységgel bírt az A és C,

illetve a **D** és **E** elemek paramétereire. Ez a következtetés a rendszer fizikailag is szimmetrikus voltából várható is volt. Teljes szimmetrikusságot csak az elemek azonos megbízhatósági esetén tapasztalunk.

2-3. A rendszer érzékenyebb a „második sorban” található **D** és **E** elemek megbízhatósági paramétereinek változására.

2-4. Az „első sor” elemei közül a középső, **B** elem megbízhatóságával szemben nagyobb érzékenységet mutat a rendszer megbízhatósága, mint a másik két elem esetén.

Ennek az az oka, hogy az „első sor” középső eleme két irányban is „dolgozik”, így hatását is két irányban fejt ki a rendszer megbízhatóságára, illetve működésképtelenségi valószínűségére.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány egy moduláris megközelítésű megbízhatóság-érzékenységelemzési eljárást mutatott be, mely az alkalmas komplex kapcsolatú véges hálózatok és (például híd struktúrájú) rendszerek megbízhatóságának, megbízhatóság-érzékenységének, valamint bizonytalanságának megfelelő minőségű leírására, elemzésére. A kitűzött célokból, és az elért eredményekből adódóan általánosítható eredmények születtek a komplex kapcsolatú rendszerek és hálózatok modellezései feltételeinek, valamint a felállított modellek, algoritmusok gyakorlati alkalmazási módjainak leírására. Az elemzési módszer kidolgozása során szerzett tapasztalatok felhasználhatóak anyag-, és/vagy energia, illetve közlekedési, logisztikai hálózatok és rendszerek megbízhatóságának érzékenység és parametrikus bizonytalanság elemzéseire.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] MYERS, ALBERT Complex System Reliability. Springer-Verlag, London, 2010.
- [2] POKORÁDI LÁSZLÓ Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
- [3] POKORÁDI LÁSZLÓ Sensitivity Investigation of Fault Tree Analysis with Matrix-Algebraic Method, Theory and Applications of Mathematics & Computer Science. Vol. 1, pp. 34-44.
- [4] POKORÁDI LÁSZLÓ Hibafa érzékenységelemzése, Szolnoki Tudományos Közlemények. Vol. Különszám, pp. 150-157.
- [5] POKORÁDI LÁSZLÓ Sensitivity Analysis of Reliability of Systems with Complex Interconnections, Journal of Loss Prevention in the Process Industries (2014), doi: 10.1016/j.jlp.2014.09.017.
- [6] RÁC TAMÁS Gázturbinás repülőgép hajtóművek üzemszerű elhasználódási törvényszerűségeinek vizsgálati módszerei, kandidátusi értekezés, MTA TMB, Budapest, 1978
- [7] ROHÁCS JÓZSEF - SIMON ISTVÁN Repülőgépek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989.

Dudás Levente¹ – Szűcs László² – Gschwindt András³

A SMOG-1 KISMŰHOLD SPEKTRUMMONITOROZÓ RENDSZERE⁴

A Masat-1, mint első magyar műhold fejlesztésének és majdnem 3 évnyi üzemeltetésének egyik lehetséges oktatási vonalon történő folytatásaként a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen belekezdünk egy merőben új műhold fejlesztésébe. Ez a műhold 5 cm-es kocka alakú műhold (un. pocketcube), amely maximálisan 175 gramm össztömeggel rendelkezik. Ilyen kis tömegben illetve térfogatban szeretnénk megvalósítani az egy-pont meghibásodásra méretezett fedélzeti rendszereket, úgy, mint az energiaellátó rendszer, a fedélzeti számítógép, a mérőrendszer és a kommunikációs rendszer. Hasznos teherként a fedélzetre egy UHF (430–860 MHz) sávban működő spektrum analízátort teszünk, amellyel a digitális földfelszíni TV adók jelének szintjét szeretnénk monitorozni a Föld körüli pályán való keringés során, amely segítségével RF (rádiófrekvenciás) szennyezettségi térképet szeretnénk készíteni a Föld körüli térségről (innen a műhold neve: RF smog → Smog-1).

THE SPECTRUM MONITORING SYSTEM OF THE SMOG-1 SATELLITE

As a possible continuation (educational way) of the development of Masat-1, the first Hungarian satellite, we have decided to develop a pocketcube-class satellite called Smog-1 at Budapest University of Technology and Economics. The maximal mass of the 5 cm-pocketcube is 175 g. The main task is to develop and realize the single-point failure tolerant subsystems of the satellite as electrical power system, on-board computer, measurement system and radio-communication system. The payload of the Smog-1 will be a spectrum monitoring system, which is able to measure the RF signal level between 430 and 860 MHz frequency range, where the digital terrestrial TV transmitters are working on. These TV transmitters cause RF smog because of the radiation pattern of its antenna (some part of the transmitted power is going to the space, so it is lost).

BEVEZETÉS

A Smog-1 kisműhold fejlesztésének előkészületeként a Nemzeti Média és Hírközlési Hatósággal együttműködve a tervezett mérőrendszer fejlesztését, kivitelezését illetve tesztelését kezdtük meg. Maga a mérőrendszer egy spektrum analízátorként használt mérővevő, amely a digitális földfelszíni TV adók sávjában, az adók kisugárzott jelszintjét méri a magas légkörben, a későbbiekben pedig a Smog-1 hasznos terheként Föld körüli pályán való keringés során.

Ebben az UHF sávban az elektromágneses hullámok terjedése a fényéhez hasonló és a jelek áthatolnak az ionoszférán. Igazolni szeretnénk volna azt a feltételezést, hogy ezen adók jelentős teljesítmény szintet juttatnak a világűrbe, vagyis ezen teljesítmény nem jut el a TV nézőig, nem hasznosul a vevőkészülékükben, vagyis RF szennyezettséget okoz.

Mivel előzetes kísérletről volt szó, így csupán a magas légköri ballonos reptetés jöhetett szóba, amely során a mérőrendszer (a majdani Smog-1 fedélzeti rendszerének egy butított változata) csupán 20–30 km-es földfelszínhez képesti magasságig emelkedett.

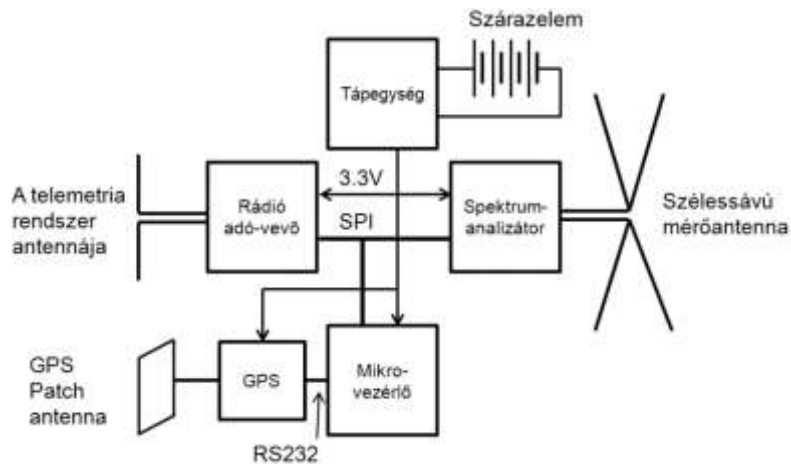
¹ egyetemi tanársegéd, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, dudas@mht.bme.hu

² tanszéki mérnök, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, szucs@mht.bme.hu

³ egyetemi adjunktus, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, gschwindt@mht.bme.hu

⁴ Lektorálta: Dr. Ludányi Lajos NKE Katonai Repülő Tanszék, ludanyi.lajos@gmail.com

A MÉRŐRENDSZER FELÉPÍTÉSE



1. ábra

A mérőrendszer felépítését mutatja az 1. ábra. A mérőrendszert egy normál AA méretű cellából álló 6 V-os tartós szárakelem pakk táplálja. A nyers tápfeszültség egy lineáris feszültség stabilizátor áramkörre kerül, ez biztosítja a fedélzeti elektronika számára a stabil 3,3 V-os tápfeszültséget. A viszonylag rossz hatásfokú lineáris stabilizátor többek között azért is szükséges, mert a magas légkörben a hőmérséklet -60 C fok körüli, a mérőrendszer illetve a szárakelemek ezen a hőmérsékleten nem működnek. Mivel a lineáris stabilizátor működése során hőt termel, így fűteni képes a fedélzeti rendszereket, megakadályozva ezzel a szárakelemekben levő elektrolit megfagyását, vagyis a mérőrendszer energiaforrásának ellehetetlenülését.

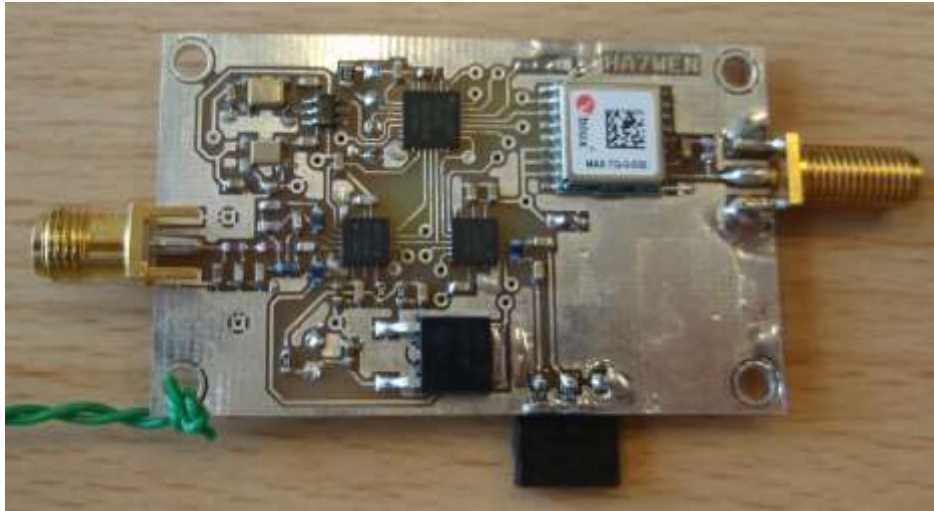
A már stabil 3,3 V-os tápfeszültségre több alrendszer csatlakozik:

- a fedélzeti elektronika működését vezérlő mikroszámítógép;
- a telemetriaadatok Földre juttatásához szükséges digitális adó-vevő;
- a spektrum analízátorként használt mérővevő;
- illetve a ballon pozíció adatait szolgáltató (szélesség, hosszúság, magasság) fedélzeti GPS.

Mindösszesen 4 ballonos spektrum monitorozó rendszer reptetést végeztünk. Az első két alkalommal olyan GPS-t használtunk, amely adatlap szerint ugyan tudja, de a gyakorlatban mégsem tudta a magas légkörben szolgáltatni a megfelelő GPS adatokat (az első alkalommal 18 km-ig, a második alkalommal 12 km-ig volt megfelelő GPS adatunk, ezek felett a pozíciómérés összeomlott). Az utolsó két alkalommal egy merőben új, „flight” módba konfigurált GPS már tökéletes pozíció adatokat szolgáltatott, így hiteles mérési eredményeink vannak 30 illetve 34 km-es magasságig.

A spektrum analízátorként használt rádióvevő

A mérőrendszerrel készült fotó alább látható: 2. ábra



2. ábra

Jobbra fent a GPS modul, jobbra a GPS antenna csatlakozója, középen fent a mikrokontroller, középen alul a lineáris feszültség stabilizátor, középen a spektrum analízátorként használt mérővevő, középen alul a mérőantenna csatlakozója, balra középen a digitális adó-vevő, balra az adó-vevő antenna csatlakozója, balra fent a referenciafrekvencia forrásként használt TCXO-k (hőmérséklet kompenzált kvarc oszcillátorok).

A magas légkörben tapasztalható alacsony hőmérséklet miatt a mérőrendszer egy Hungarocell gömbbe került.

A hungarocell félgömb a GPS antennával a következő: 3. ábra.



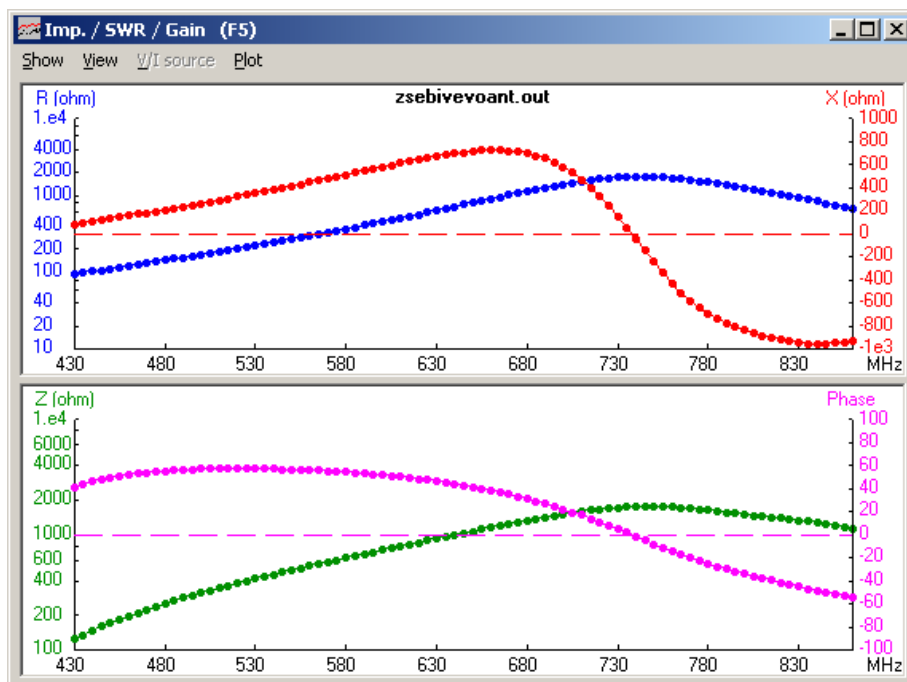
3. ábra

A mérőrendszer illetve az adó-vevő antennája a másik félgömbben látható (4. ábra) (baloldalon a mérőrendszer, jobb oldalon az adó-vevő antennája).



4. ábra

A mérőrendszer antennája egy szimmetrikus táplálású dipól, amely széles sávban dolgozik: 430–860 MHz. A vevőantenna talpponti impedanciája a frekvencia függvényében a következő: 5. ábra.



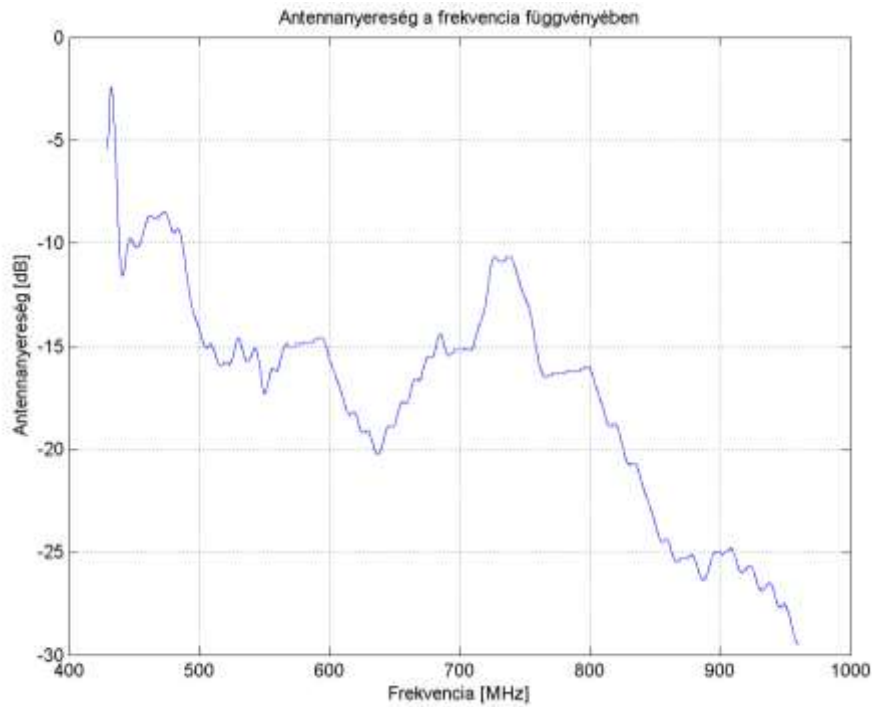
5. ábra

A teljes frekvencia tartományban 100 és 2000 Ω közötti impedanciával rendelkezik, amely szimmetrikusan jól illeszthető a spektrum analizátorként használt rádiós IC bemeneti 450 Ω -os impedanciájához.

Az antennát a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéken található árnyékolt mérőszobában kikalibráltuk. A kalibrációs mérés lényege, hogy adott távolságról, egy szélessávú

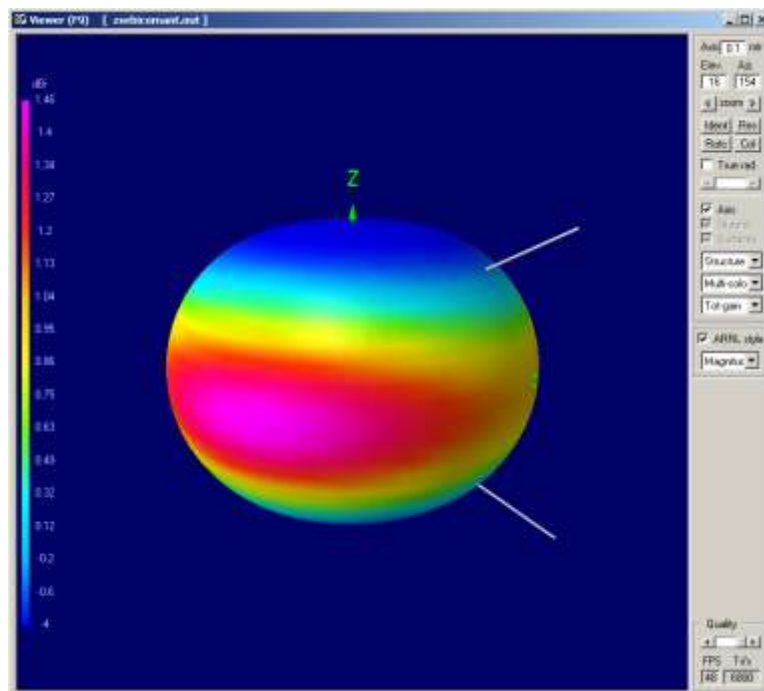
log-per antennát használva adott konstans teljesítménnyel adva mértük, hogy a mérőrendszer mekkora teljesítményt regisztrál a frekvencia függvényében.

Ezen kalibrációs mérés eredménye a következő: 6. ábra.



6. ábra

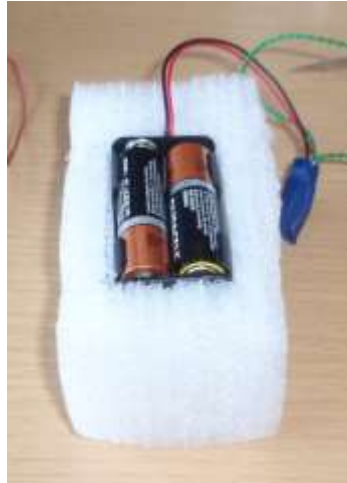
A kalibrációs mérés eredményeivel korrigáltan kerül a későbbiekben ábrázolásra a vett spektrum. A kommunikációs antenna 3D iránykarakterisztikája a következő: 7. ábra.



7. ábra

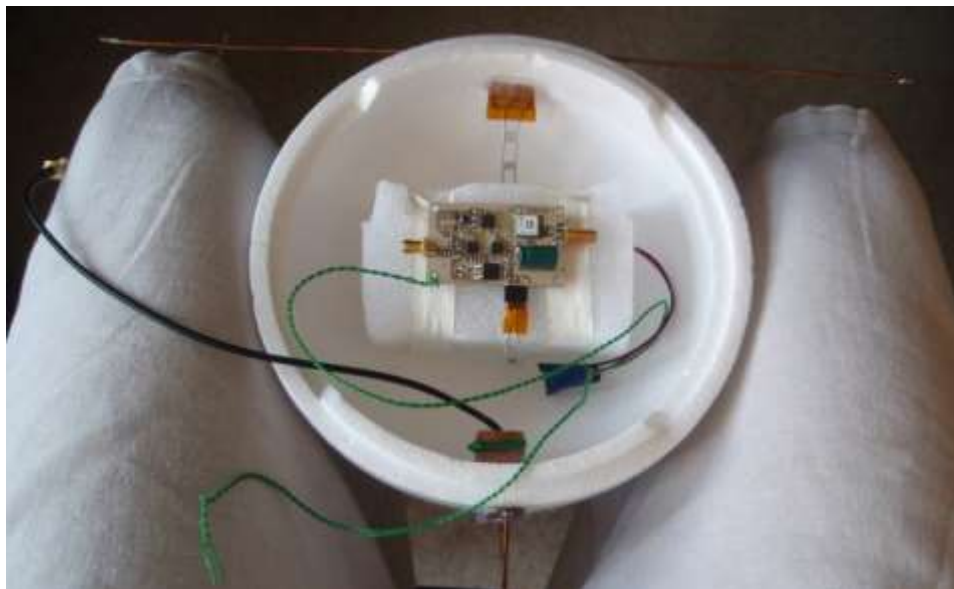
A kommunikációs antenna vonatkozásában a fő cél az volt, hogy minél egyenletesebb legyen a sugárzási karakterisztika, hogy az esetleges mozgásból adódó fading minimális lehessen (ne lehetetlenüljön el a jelek vétele) – ez az 5 cm-es kocka műhold esetében is fontos szempont (5 cm-es méretben gyakorlatilag lehetetlen bármilyen aktív stabilizáló rendszert megvalósítani, amely a fedélzeti antenna fő sugárzási irányát tudná a földi állomás irányába állítani).

A mérőrendszer energiaforrása a hőszigetelő burkolattal a következő: 8. ábra.



8. ábra

A teljes mérőrendszer összerakás közben: 9. ábra: felül a szélessávú mérőantenna, alul a kommunikációs rendszer antennája, középen a mérőrendszer, alatta pedig az energiaforrás.



9. ábra

A gömbbe szerelt mérőrendszerhez tartozó megfelelő méretű ejtőernyőt mutatja a 10. ábra (az ejtőernyő azért szükséges, mert a magas légkörben a gázzal töltött ballon a csökkent légköri nyomás hatására többszörös átmérőre tágul, és a környezeti hőmérsékletnek köszönhetően a ballon latex anyaga felkeményedik és egy idő után kidurran, vagyis utána a mérőrendszer visszazuhan a Föld felszínére).



10. ábra

A magas légköri ballonok reptetése 1 kg alatti tömeg esetén csak bejelentés kötelezett a légügyi hatóság irányába. A mi esetünkben a mérőrendszer teljes tömege az első repülésnél (ekkor volt a legnehezebb) 240 g volt – 11. ábra.



11. ábra

Kommunikáció a mérőrendszerrel

A feladat első közelítésben az volt, hogy a spektrum mérés eredményeit valamint a ballon GPS alapú pozícióját egy megfelelő RF csatornán a földi állomásra vezeték nélkül lejuttassuk.

A mérőrendszer oldaláról nézve ez a következőt jelentette:

- áthangolandó frekvencia tartomány 430–860 MHz;
- frekvencialépés 200 kHz;
- a mérővevő maximális sáv szélessége 800 kHz.

A venni kívánt analóg és digitális TV adók jelének sáv szélessége 8 MHz körüli. Ezzel szemben a spektrum analízátorként használt vevő sáv szélessége maximum 800 kHz. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a vett jel szintje tized része a ténylegesen egy adott frekvencián sugárzó TV adó jelszintjének, mert tízszer kisebb sáv szélességgel mérünk. Tehát a mért értékekhez minden esetben 10 dB-t hozzá kell adni (amplitúdó ofsztet).



Ha a hangolási tartomány és a frekvencialépés ismert, akkor adódik $(860-430)/0,2 = 2150$ mérési pont, vagyis a használt mérőrendszer esetében 2150 bájt adatot jelent egy teljes scan.

A mérővevő fizikai felépítése, a szintézerének hangolhatósága illetve a középfrekvenciás sáv szélességből adódik, hogy a 430–860 MHz-es tartomány mérése 20 s időt vesz igénybe.

Az ballonok reptetése alkalmával 5 kbit/s rádiócsatornán definiált adatátviteli sebességet használtunk, 60 bájtos pakett méret mellett, amely a gyakorlatban $2150/60 = 36$ csomag adását jelentette egy scan során (ilyen adatsebesség a későbbiekben az 5 cm-es kockaműhold esetében is realizálható).

Ez az adatsebesség, és a GMSK moduláció alkalmazása eredményezte, hogy a felhasznált sáv szélességünk 7,5 kHz volt, amely teljesíti a 70 cm-es rádióamatőr frekvenciasávhoz tartozó maximális 12,5 kHz-es sáv szélesség korlátot, azonban normál rádióamatőr készülékkel nem vehető sem SSB, sem pedig FM üzemmódban.

SSB-ben azért nem, mert egy átlagos rádióamatőr vevőkészülék sáv szélessége 2400 Hz, az 5 kbit/s GMSK jel pedig 7500 Hz; FM-ben pedig azért nem, mert az egy csomagra vonatkoztatott logikai nullák és egyesek száma nem egyezik meg, vagyis DC tartalma van a vett jelnek, amit az AC csatolt hangfrekvenciás fokozata egy normál FM vevőnek nem enged át (nem Manchester kódolt a bitsorozat).

Azért, hogy a lesugárzott jel a rádióamatőrök számára is elérhető, és a magas légköri ballon általuk is követhető legyen, plusz egy üzemmód használata volt szükséges. Ez a DL-FLDIGI program által is használt alacsony adatsebességű (az esetünkben 100 bit/s) kis löketű AFSK. Ezen adatcsomagok küldése során lesugárzásra kerültek a pontos GPS koordináták (szélesség, hosszúság, magasság), az időbélyeg, a tápfeszültség, a ballon fedélzeti rendszerének hőmérséklete illetve a hívójel, vagyis a HA5MRC/AM, mint Műegyetemi Rádió Klub / Air Mobile.

A ballonos reptetések során a Masat-1, mint első magyar műhold, automatizált és távvezérelt elsődleges műholdvezérlő állomását használtuk, ahogy az a későbbiekben az 5 cm-es kocka műhold esetében is történni fog.

A földi állomás vonatkozásában a kommunikáció megvalósítása során a feladat konkrétan a ballon követése volt az általa lesugárzott koordináták alapján, vagyis nem TLE alapján műhold követés, hanem GPS koordináták alapján ballon követés (azimut és elevációs szögre való szabályozás, mindez automatikusan).

A spektrummonitorozó rendszer első reptetése

A spektrummonitorozó rendszert elsőként a BME Q épület mellől 2014. június 13-án repítettük. A reptetésről készült képek a következők: 12. ábra – a ballon töltés, 13. ábra a mérőrendszer bekapcsolása, 14. ábra – a feleresztés pillanata.



12. ábra

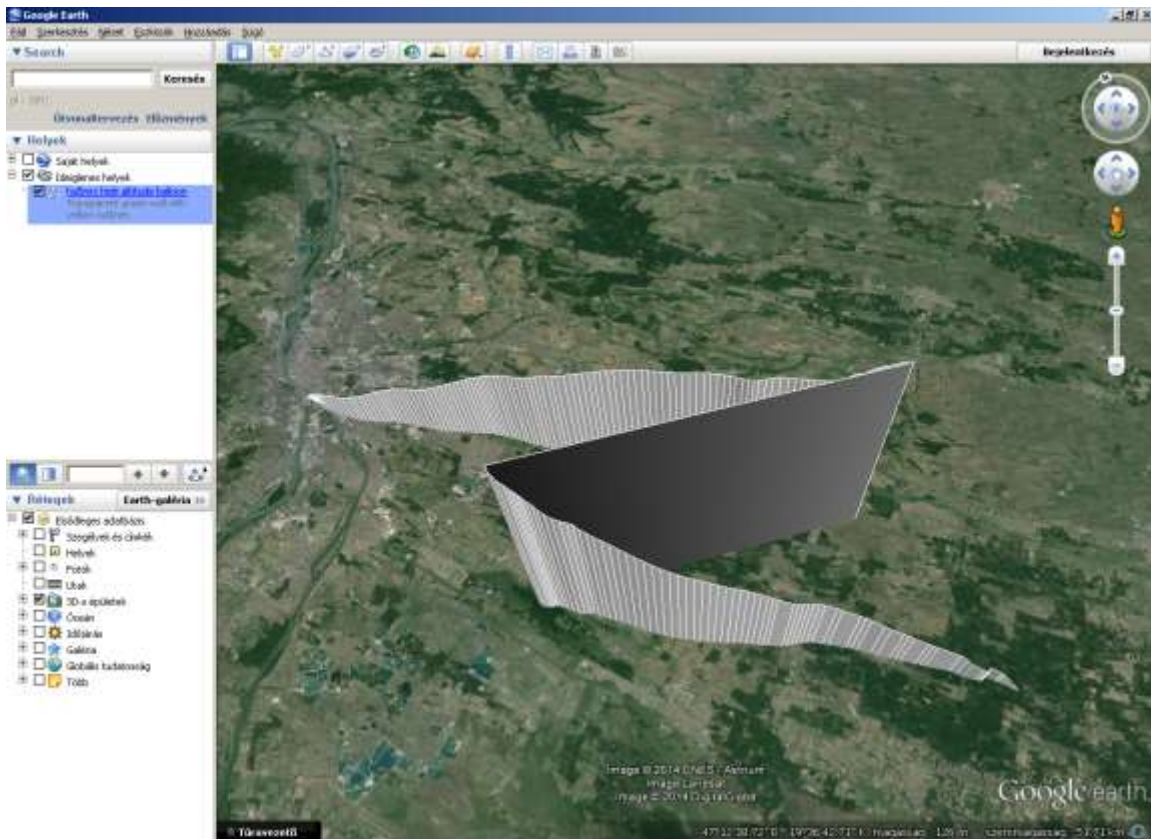


13. ábra



14. ábra

Az első ballon útvonala a következő: 15. ábra.

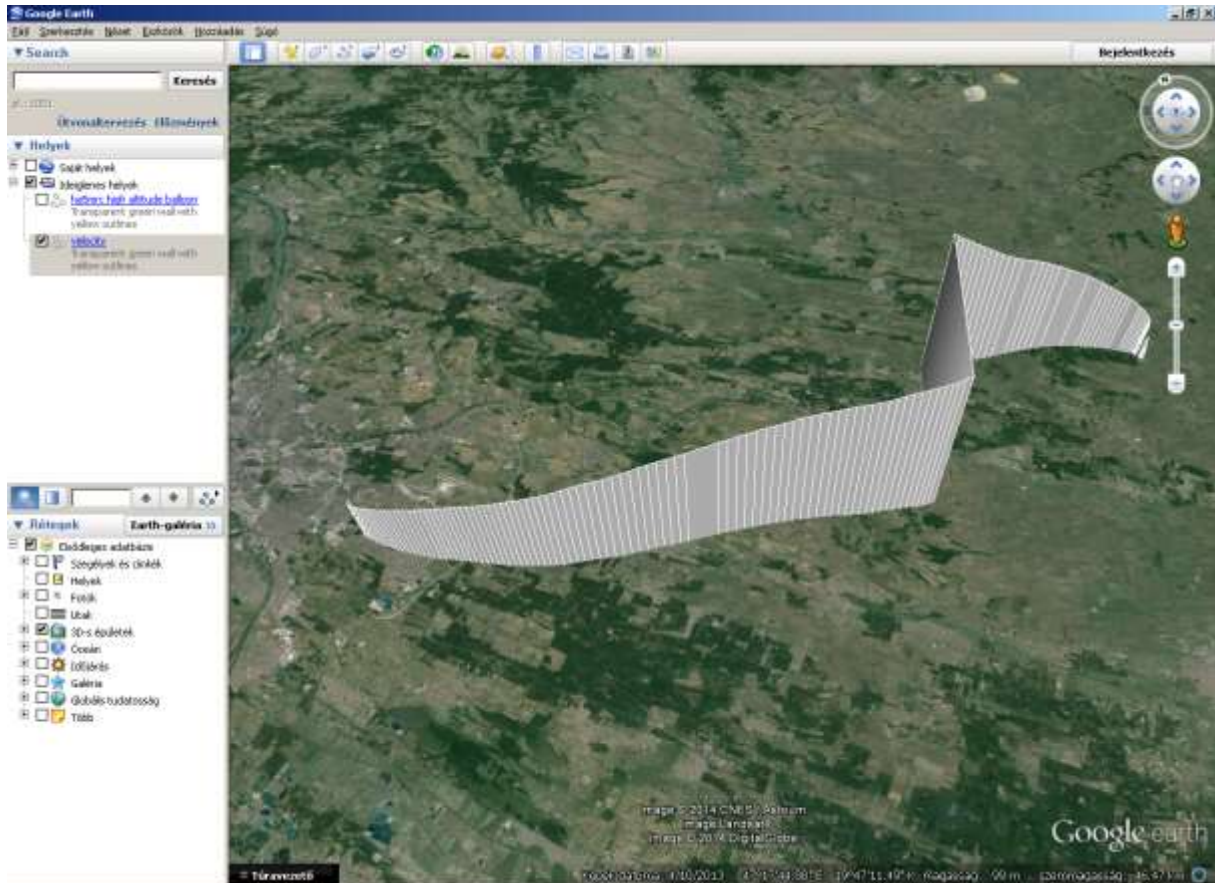


15. ábra

Jól megfigyelhető az a bizonyos vízszintes vonal, amely 18 km-es magasságot jelent. Ezen magasság felett a GPS vevő nem szolgáltatott megfelelő GPS adatot, így a pontos pozíció illetve magasság érték nem volt ismert.

A spektrummonitorozó rendszer második reptetése

A második alkalomtól kezdődően segítségünkre volt a Gilice-téri Meteorológiai Állomás, illetve az állomás munkatársai, akik a ballont, a hidrogént illetve a felbocsátási lehetőséget biztosították számunkra, támogatva ezzel az 5 cm-es kockaműhold előzetes kísérleteit: 2014. június 27. A ballon útvonala a következő: 16. ábra.



16. ábra

Hasonlóan az első méréshez, hiába ígérnek a GPS adatlapok magas légköri mérési lehetőséget, 12 km felett nincs megfelelő pozíció adat. A 17. ábra a ballon töltés utáni percekot mutatja a felbocsátó helyről.



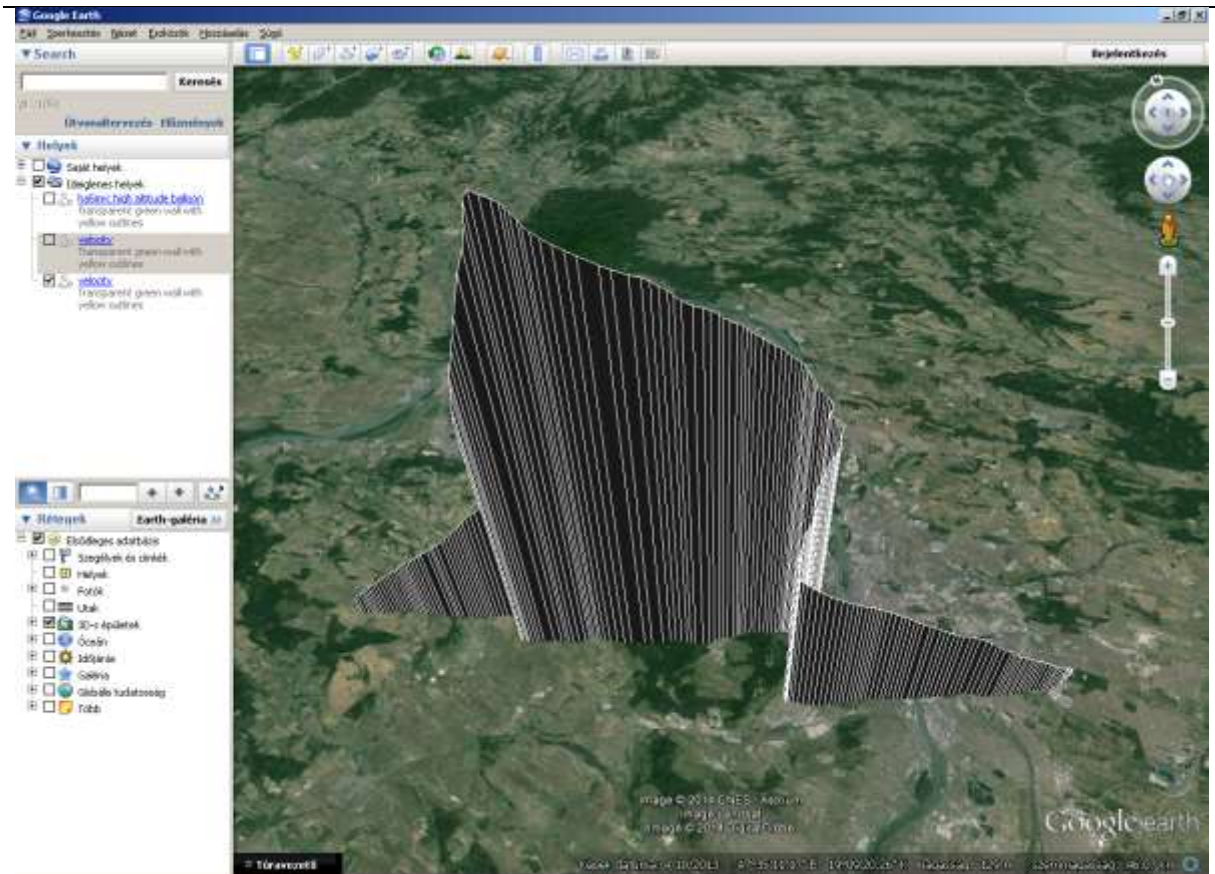
17. ábra

A spektrummonitorozó rendszer harmadik reptetése

Okulva az első két mérés tapasztalataiból, a harmadik alkalommal egy teljesen új GPS-t alkalmaztunk (a spektrummonitorozó illetve a kommunikációs rendszer működött, csak bizonyos magasság felett nincsen pozíció adat).

A harmadik alkalommal – a megújult mérőrendszerrel illetve GPS-sel – szintén Gilice térről emelkedtünk a magasba 2014. augusztus 1-jén.

A ballon útvonalát mutatja a 18. ábra.



18. ábra

A maximális magasság 30724 méter, ahol a ballon kidurrant és a mérőrendszer elkezdett visszazuhanni a Földre.

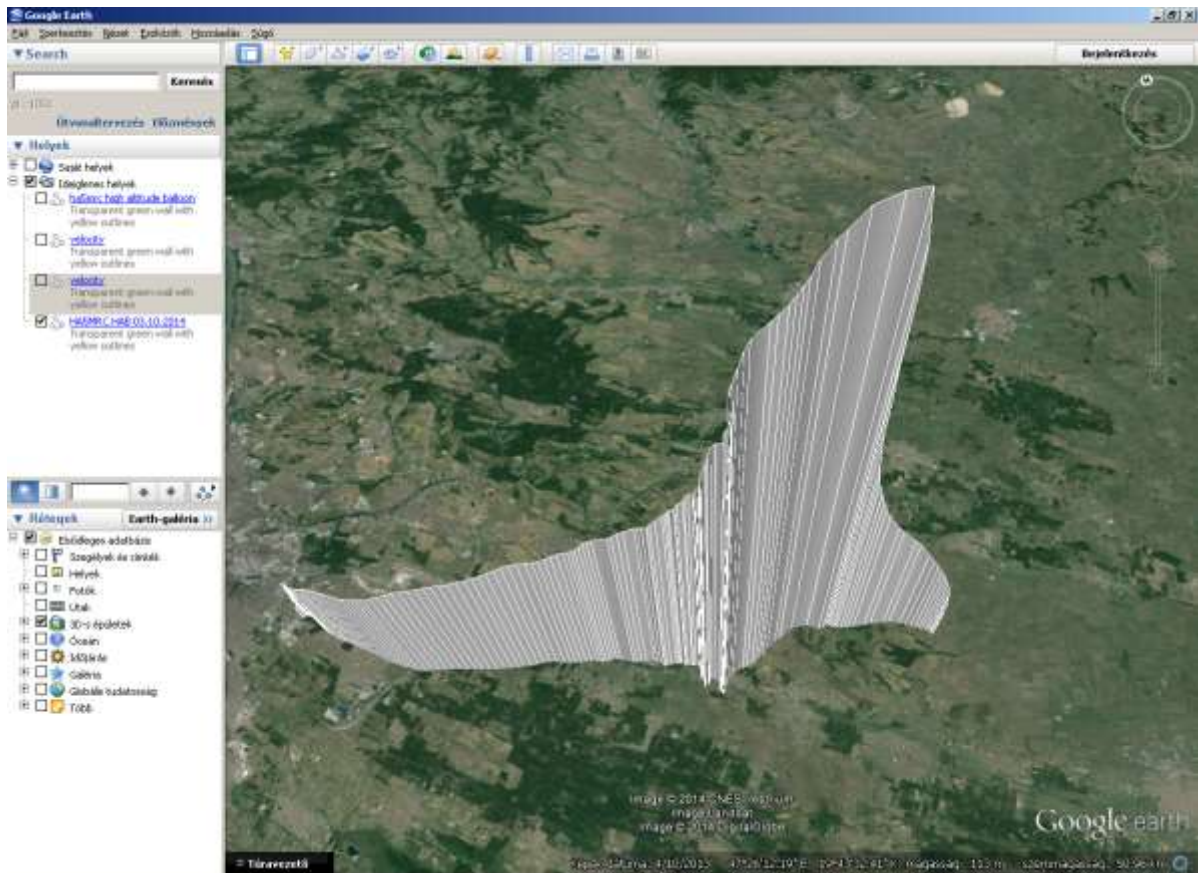
A spektrummonitorozó rendszer negyedik reptetése

A negyedik reptetésre 2014. október 3-án került sor szintén a Gilice térről – 19. ábra.



19. ábra

A ballon útvonala a következő: 20. ábra. A maximális magasság 34265 méter.

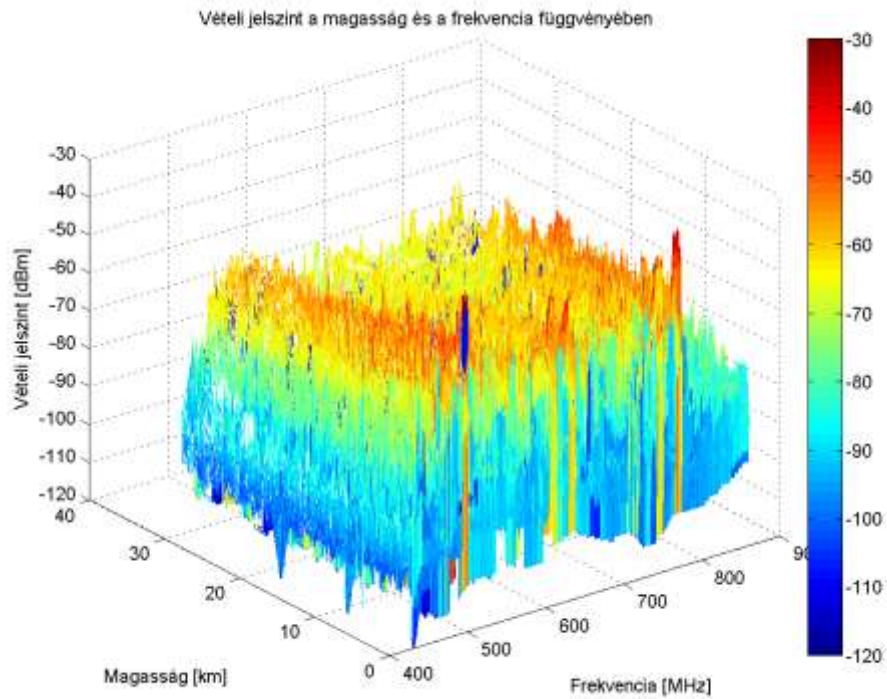


20. ábra

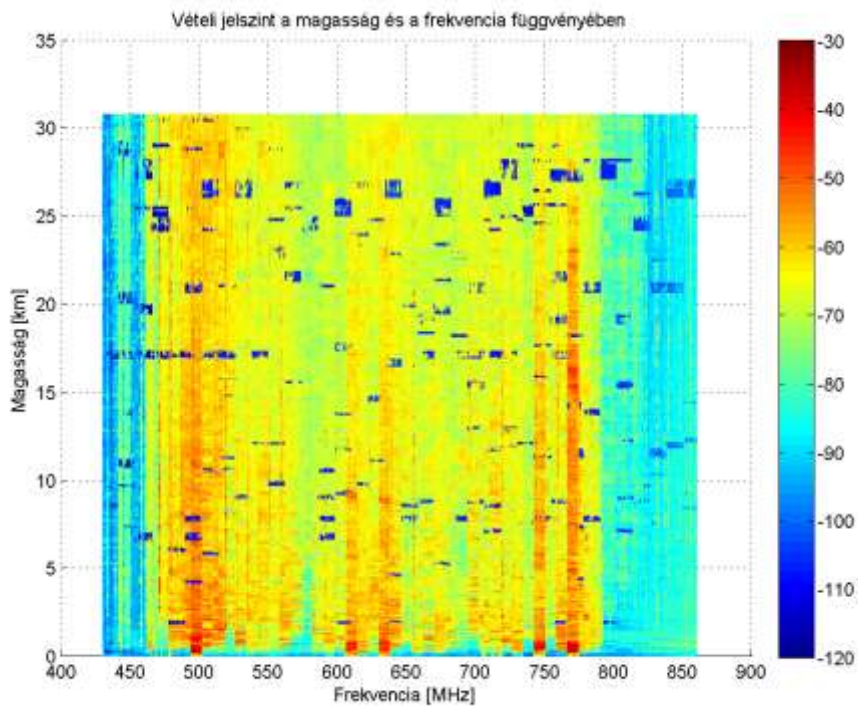
A spektrummonitorozó rendszer ballonos reptetésének mérési eredményei

Az egyes ballon reptetések során mért jelszinteket a frekvencia és a magasság függvényében ábráztuk, valamint a 3D ábrák két merőleges irányú metszetét is kirajzoltuk. A jelszint mérési eredmények abszolút RSSI értékeket takarnak dBm-ben, amely tartalmazza a sáv szélességből adódó 10 dB kompenzációt illetve az antenna frekvenciafüggő tulajdonságát.

A harmadik reptetés alkalmával készült spektrumkép a következő ábrákon látható: 21–22. ábra.

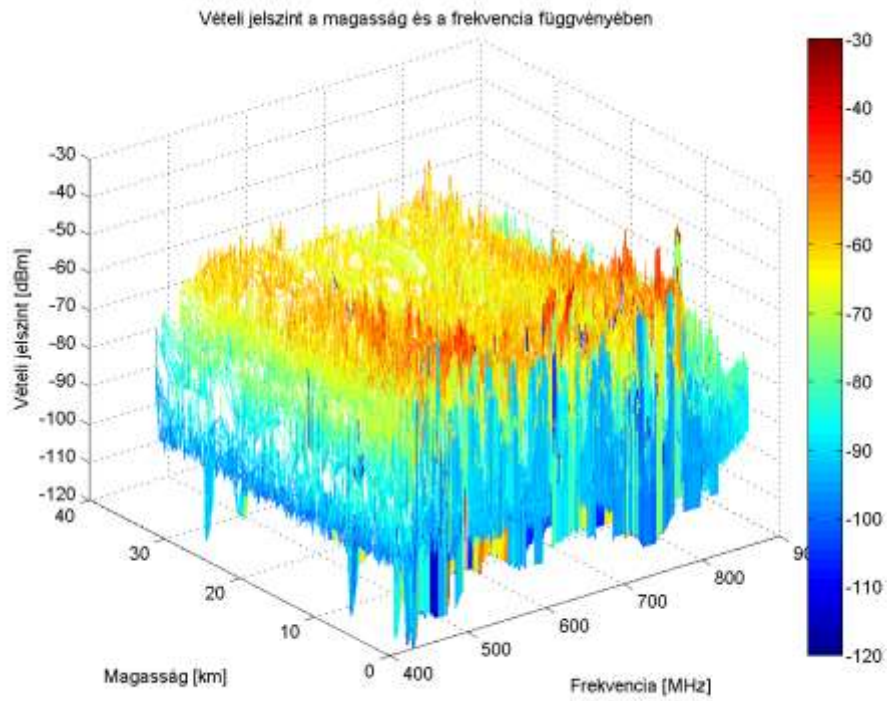


21. ábra

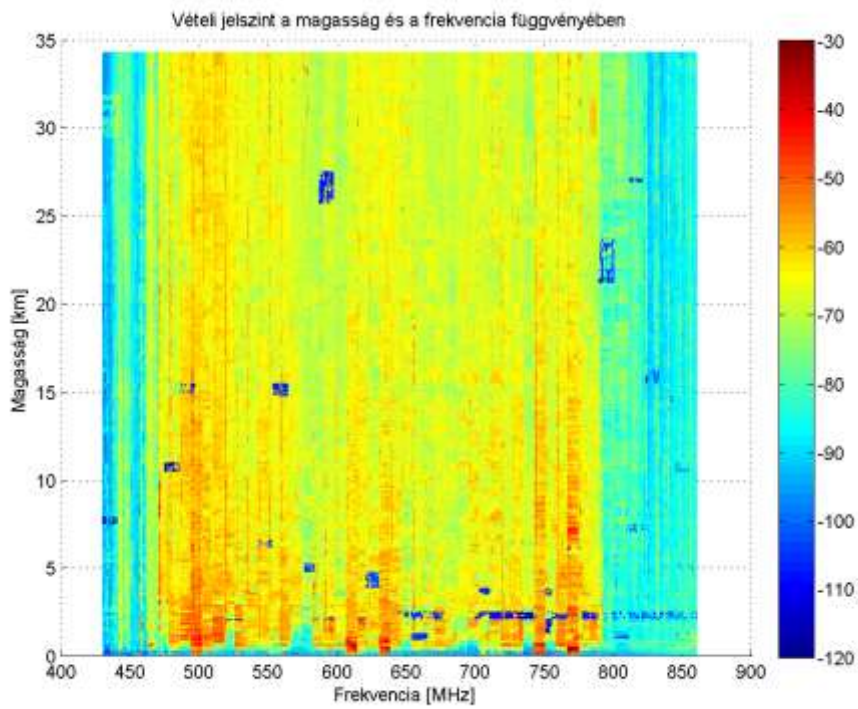


22. ábra

A negyedik reptetés alkalmával készült spektrumkép a következő ábrákon látható: 23–24. ábra.



23. ábra



24. ábra



A mérési eredmények értékelése

A 21–24. ábrák alapján általánosságban elmondható, hogy a digitális földfelszíni TV adók jelentős teljesítményt sugároznak felfelé – ebből adódóan beigazolódott az a sejtésünk, hogy ténylegesen ebben a frekvenciatartományban jelentős jelszint kerül ki a világűrbe is, vagyis van értelme az 5 cm-es kockaműhold elkészültének és Föld körüli pályán keringve a rádiófrekvenciás spektrum mérésének.

Néhány 100 méteres magasságtól kezdődően, ahogy a rádiófrekvenciás horizont kiterjed, egyre több és több külföldi eredetű TV adó jele is láthatóvá válik számunkra (megszűnik a Föld görbületéből adódó árnyékoló hatás), vagyis gyakorlatilag a TV spektrum megtelik adókkal és nemcsak a helyi nagy jelszinttel jelen levő TV adók jelei látszódnak, hanem más, a mérés helyétől viszonylag távoli adók jelei is.

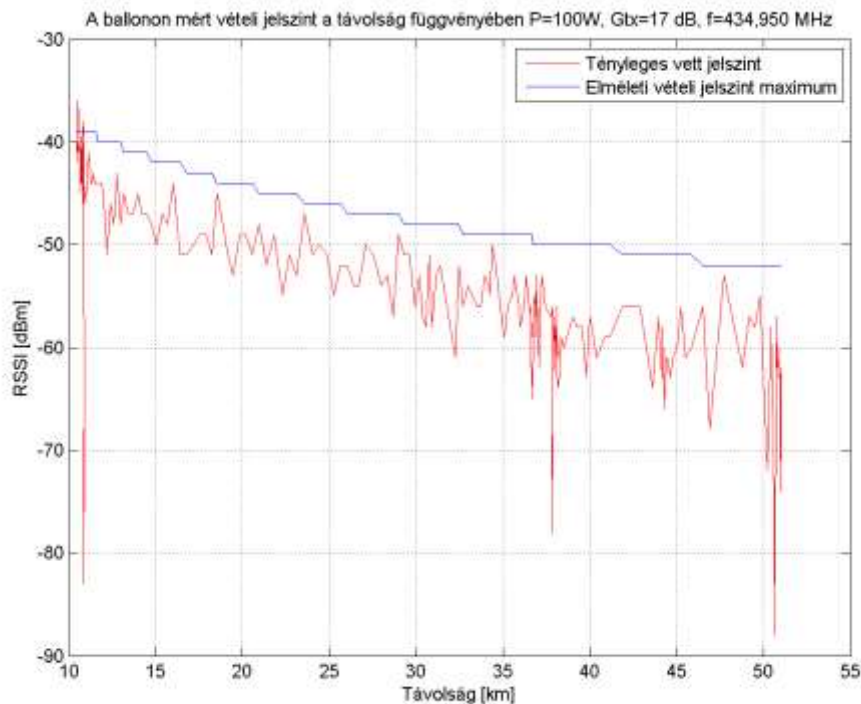
Parancsküldés a ballon részére

A negyedik ballonos reptetés alkalmával egy másféle kísérletet is beiktattunk a mérőrendszerbe.

Ez a kísérlet azt jelentette, hogy az egyes spektrumképek lesugárzása után a ballon a digitális rádió vevőjével vételi üzemmódra kapcsol és a földi állomástól várt egy parancsot, aminek hatására megmérte az aktuális pozíció esetén a parancs által produkált jelszintet, és ezt telemetria adatként visszasugározta a földi állomásra.

Ezzel az eljárással, lényegében a tényleges szabadtéri terjedést feltételezve képet kaptunk arról, hogy a későbbiekben mekkora jelszint lesz majd szükséges az 5 cm-es kockaműhold vezérléséhez.

A vételi jelszint értéke a ballon és a földi állomás távolságának függvényében a következő: 25. ábra.



25. ábra

A parancsküldés mérési eredményének értékelése

A mérési eredmény a ballon oldalon a már bemutatott szimulált (7. ábra) karakterisztikával rendelkező antennára, a földi állomás oldalán egy 17 dB nyereségű kereszt Yagi antenna rendszerre (azimutális és eleváló forgatóval) illetve 100 W adóteljesítmény esetére vonatkozik (Masat-1 elsődleges automatizált és távvezérelt földi állomása). Ezen paraméterek mellett a 25. ábrán feltüntettük az elméletileg várható jel nagyságát kékkkel, illetve a tényleges mért jelszintet pirossal.

A piros görbe vonatkozásában egy jelentős mértékű fluktuáció látható az ábrán, amely a ballon fizikai mozgásából, forgásából, imbolygásából adódik. Ez a fluktuáció – néhány kivételtől eltekintve – gyakorlatilag egy 10 dB-es sávot jelent. Ez fizikailag azt jelenti, hogy az antenna iránykarakterisztikájának tényleges fluktuációja a szimulált értékhez képest nem 5, hanem 10 dB. Ezt a 10 dB többletsillapítást mind lejövő mind pedig felmenő oldalon figyelembe kell venni az 5 cm-es kockaműhold rádiójának esetében is.



A Smog-1 kockaműhold rádiókommunikációs rendszerének link számítását az 1. táblázat tartalmazza:

Frekvencia	437	MHz
Hullámhossz	0,69	m
Föld sugár	6370	km
Pályamagasság	400	km
Horizont távolság	2293	km
Szabadtéri szakaszcsillapítás	152	dB
Műholdfedélzeti adóteljesítmény	20	dBm
Adóantenna nyereség	0	dBi
Vevőantenna nyereség	10	dBi
Vételi RF teljesítmény szint	-122	dBm
2-GMSK adatsebesség	5000	bit/s
RF sávszélesség	7500	Hz
Vételi zajteljesítmény szint	-133	dBm
Vételi jel-zaj viszony	10	dB

1. táblázat

Pesszimista feltételezéssel éltünk a vevőantenna nyereségére vonatkozóan, amely egy horizont kommunikációra vonatkoztatott 10 dBi-t jelentett, ami a gyakorlatban 17 dBi. Így a mérésünk alapján van még 7 dB fading tartalék a rendszerben, vagyis a megcélzott 5 kbit/s adatsebesség a gyakorlatban az 5 cm-es kocka műhold esetében is realizálható lesz.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] RODDY, D., "Satellite Communications" Fourth Edition, McGraw Hill Higher Education, 2006
- [2] BALANIS, C. A., "Antenna Theory: Analysis and Design", Wiley-Interscience, 2005
- [3] Levente DUDÁS, Lajos VARGA, Rudolf SELLER, "The Communication Subsystem of Masat-1, the First Hungarian Satellite", Signal Processing, Symposium. Jachranka, Poland, 2009, pp. 1-4.
- [4] Levente DUDÁS, Lajos VARGA, "Masat-1 COM", Antenna Systems & Sensors for Information Society Technologies COST Action IC0603, Dubrovnik, 2010
- [5] Levente DUDÁS, Levente PÁPAY, Rudolf SELLER, "Automated and Remote Controlled Ground Station of Masat-1, the First Hungarian Satellite", International Conference Radioelektronika 2014, Pozsony, Slovakia, 2014
- [6] <https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Si4464-63-61-60.pdf>
- [7] <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/C8051F326.pdf>
- [8] http://www.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/MAX-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-10106%29.pdf

Szüllő Ádám¹

SAR AUTOFÓKUSZ ALGORITMUSOK VIZSGÁLATA ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA²

A szintetikus apertúrájú radar (SAR) elven alapuló mikrohullámú képalkotási módszer matematikailag egy holografikus jelfeldolgozási módszert takar, mely légi járművön / műholdon elhelyezett, oldalvást néző radar berendezés segítségével alkot reflexiós térképet a vizsgált földfelszínről. A haladási irányú felbontás az antenna apertúra méretének növelésével javítható, azonban a hordozó járművek korlátozott mérete (különösképpen UAV-k esetén) nem teszi lehetővé tetszőlegesen nagy antenna alkalmazását. A felbontás növelése érdekében jelfeldolgozási technikákat alkalmazva, a légi jármű mozgását felhasználva egy virtuálisan nagyobb apertúrájú antenna hozható létre, mely jelentősen képes finomítani a képalkotás felbontását. A SAR feldolgozási elv feltételezi az ismert pályán történő haladást, ez azonban a környezeti hatások (pl. turbulencia) miatt nem érhető el teljesen. Ezen zavarok a képalkotás által kapott eredmény minőségét jelentősen ronthatják. Az úgynevezett autofókusz algoritmusok segítségével a már elkészült SAR képek utólagos minőségjavítása végezhető el.

STUDY OF SAR AUTOFOCUSING ALGORITHMS AND PRACTICAL APPLICATIONS

The microwave imaging method based on the synthetic aperture radar (SAR) principle is mathematically a holographic signal processing method that forms a reflection map about the examined ground surface using radar equipment installed on aircraft or a satellite. The axial resolution can be improved by increasing the size of the antenna aperture, however the limited size of the carrier vehicle (especially in the case of UAVs) does not allow applying arbitrarily large antenna. In the interest of increasing the resolution a virtually larger aperture can be synthesized by using signal processing techniques, utilizing the movement of the aircraft, which is able to significantly refine the imaging resolution. Processing principle SAR presupposes the known track progress, however, this is not fully achieved due to the environmental effects (primarily gust). These disorders can significantly worsen the quality of the result of the signal processing. Improving the quality of the completed SAR images can be performed posteriorly by the so called autofocusing algorithms.

SZINTETIKUS APERTÚRÁJÚ RADAR ELV

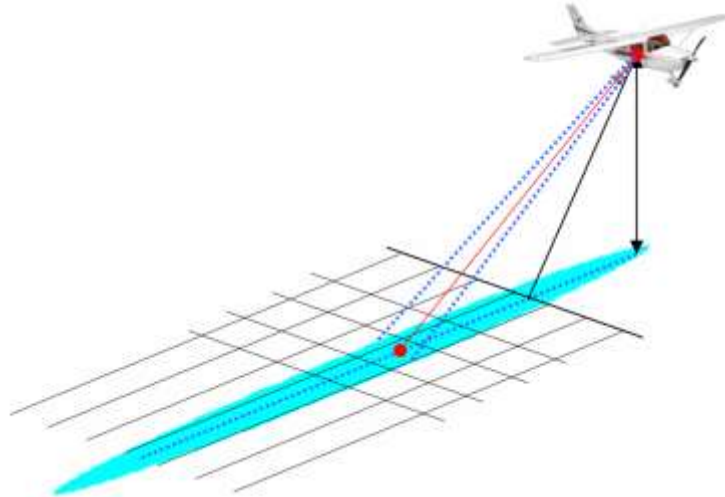
A SAR elv létrejötté a SLAR³ technika továbbgondolásának köszönhető. Az 1. ábrán látható SLAR mérési elv esetén a mozgó légi jármű egy lapszkemnerhez hasonlatosan a haladási irányra merőlegesen sorról sorra alkot egy-egy képszeletet a földfelszínről.

A SLAR elven készült radarképek egyes pixeleinek intenzitás értéke a megfeleltetett földterület átlagos reflexiós tényezőjével arányos. Ezzel magyarázható például, hogy a 2. ábrán látható vízfelületek (Tisza, és holtágai) szinte teljesen fekete árnyalatúak, mivel - annak ellenére, hogy a vízfelszín jól reflektálja az alkalmazott rádióhullámokat – a radarberendezés irányába szinte egyáltalán nem verődik vissza rádiójel (eltükrözi a síkhullámokat).

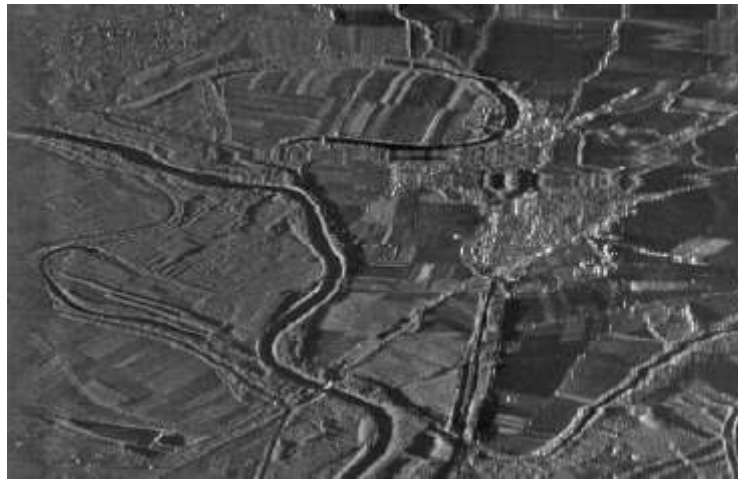
¹ BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék Mikrohullámú Távérzékelés Laboratóriuma; szullo@hvt.bme.hu

² Lektorálta: Dr. Ludányi Lajos NKE Katonai Repülő Tanszék, ludanyi.lajos@gmail.com

³ Sideway Looking Airborne Radar - Valós apertúrájú oldalra néző lokátor



1. ábra SLAR mérési elv [1]



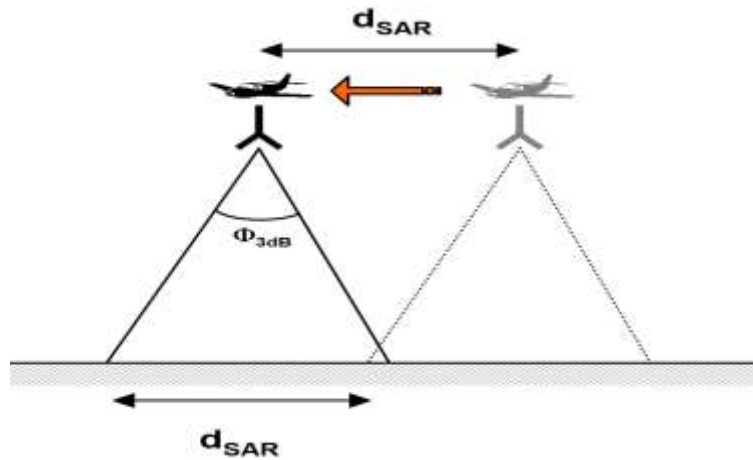
2. ábra SLAR kép Szajol térségéről

A haladási irányra merőleges radiális felbontás az alkalmazott jel sávszélességének növelésével javítható, ez impulzusüzemű radar esetén az impulzus hosszának csökkentésével, vagy félvezetős radar esetén spektrum-kiterjesztéses moduláció és impulzuskompressziós vevő alkalmazásával érhető el. Ilyen módon a radiális felbontás szinte tetszőleges mértékben növelhető. A haladási irányjal megegyező axiális felbontást azonban az alkalmazott antenna irányélességi szöge korlátozza, mely az antenna haladási irányjal megegyező méretével fordítottan arányos. Az irányélességi szögtől való függés egyértelmű következménye, hogy az antennától távolabb egyre kisebb lesz a felbontás. A fordított arányosságból következik, hogy az antenna méretének növelése szükséges az axiális felbontás növelése érdekében. Ez azonban a hordozó jármű méretéből adódóan nem választható meg tetszőlegesen nagy méretűre.

Apertúraszintézis

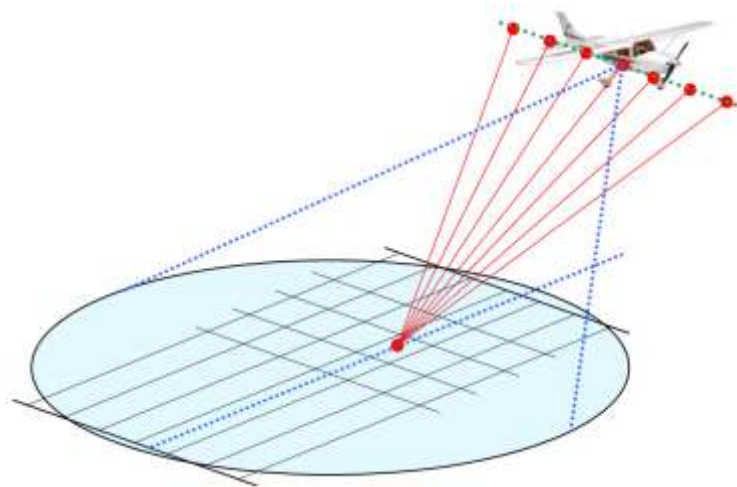
Az apertúraszintézis elvét felhasználva egy SLAR radar által készített, fázisinformációt is tartalmazó reflexiós felvétel axiális felbontása jelentősen megnövelhető. Ezen jelfeldolgozási módszer további pozitív hozadéka, hogy az axiális felbontás immár nem függ az antennától

való távolságtól, ez teszi lehetővé műholdas SAR rendszerek gyakorlati alkalmazását. A 3. ábrán látható módon a szintetikus apertúra mérete (d_{SAR}) addig a pontig növelhető, ameddig a radar különböző pozícióiból megvilágított területeknek van közös pontja.



3. ábra Szintetikus apertúra mérete

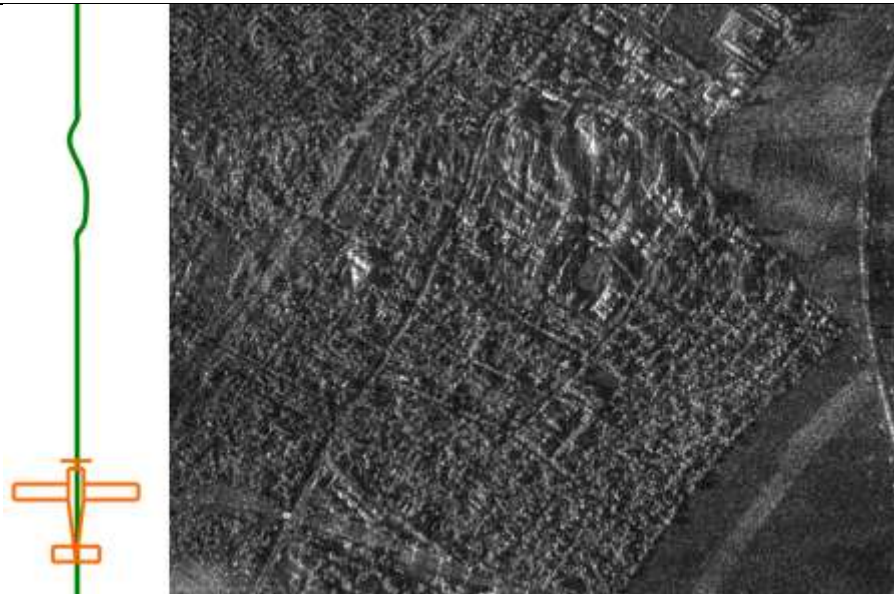
A fókuszált SAR feldolgozás esetén a pálya egyes pontjain felvett mérési eredmények kerülnek fázishelyes összegzésre, ezt nevezzük az adott pontra történő fókuszálásnak. A SAR kép pixeljeinek előállításához ismerni kell a pálya egyes pontjainak távolságát az adott pixelektől, így elvégezhető a hullámszám (alkalmazott frekvencia) ismeretében a szükséges fáziskorrektúra (4. ábra).



4. ábra SAR mérési elv [1]

PÁLYAHIBÁK OKOZTA KÉPMINŐSÉGROMLÁS

A hordozó jármű által megtett tényleges pálya nem ismert mértékben eltér a feltételezett pályától. Ennek mértéke ugyan csökkenthető inerciális és navigációs szenzorok alkalmazásával, azonban teljesen nem küszöbölhető ki. Különösen kis méretű és tömegű légi járművek (elsősorban UAV-k) esetén a különféle turbulens és a haladás során változó nagyságú légáramlások jelentősen meg tudják zavarni az ideális pályáívet. Az 5. ábrán látható oldalirányú szellőkés okozta pályahiba hatása az elkészült SAR képre, amelyen a megfelelő radiális irányú sávban lecsökkent a kép élessége.



5. ábra Pályahiba okozta képminőségromlás [1]

A feltételezett pálya függvényében elkészített SAR felvételek minőségjavítása az úgynevezett autofókusz algoritmusok segítségével valósítható meg.

AUTOFÓKUSZ ALGORITMUSOK VIZSGÁLATA

Az autofókusz algoritmusok közös jellemzője, hogy a már elkészült SAR képeken próbálnak minőségjavítást végrehajtani. Általában a SAR feldolgozás eredményeként csupán az egyes pixelek magnitúdóját szokás megadni, azonban ezen lépés előtt a feldolgozott kép pixelei még komplex számokkal írhatóak le, vagyis a magnitúdón kívül fázis információval is rendelkeznek. Az autofókusz algoritmusok lényegében a fázishibákat próbálják minimalizálni, úgy, hogy egy választott paramétert / paramétereket minimalizálnak. A fáziskorrekciókat minden esetben a frekvenciatartományba transzformált képen végzik el, azonban a paraméter minimalizálásra már a normál, időtartománybeli tartományon kerül sor. A fáziskorrekciós paraméterek és a minőséget jellemző paraméter(ek) közötti csatolás miatt nem adható meg analitikus megoldás, ezért minden esetben iterációs közelítést használnak; emiatt az autofókusz algoritmusok meglehetősen számításigényesek az iterációnkénti oda-vissza transzformációk következtében.

PGA algoritmus[2]

Fázis gradiens autofókusz (PGA⁴) esetén az algoritmus első lépésben megkeresi a legerősebb szórópontokat, majd a kép sorait cirkulárisan úgy forgatja, hogy a kiválasztott pontok a kép közepére essenek. A fáziskorrekciók elvégzése a frekvenciatartományba transzformált képen történnek meg. A fáziskorrekciós információk mátrix sajátérték-sajátvektor felbontáson alapuló módszerrel kaphatóak meg.

Az algoritmus első lépéséből egyértelműen látható annak korlátja, ugyanis túlságosan elmosódott SAR kép esetén a PGA módszer nem képes értékelhető minőségjavítást elérni.

⁴ PGA – Phase Gradient Autofocus

Minimum entrópia autofókusz[3]

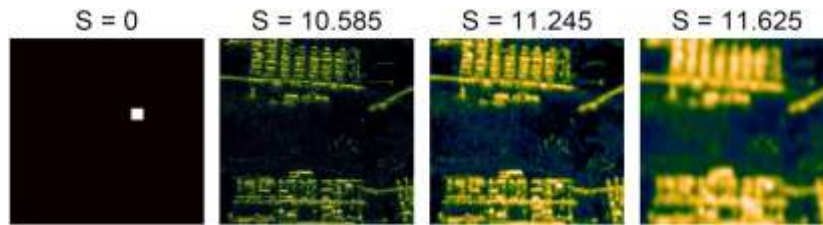
Minimum entrópia autofókusz a teljes képre vonatkozó egyetlen egy paraméter minimalizálásával képes javítani a képminőségen. Az (1) egyenlet által leírt entrópia értékét választották a minimalizálandó paraméternek, ahol $p_{r,a}$ a (2) egyenlet szerint normalizált $[r,a]$ indexű komplex pixelt jelenti a feldolgozott SAR képben.

$$S = -\sum_{r,a} |p_{r,a}|^2 \log(|p_{r,a}|^2) \quad \forall p_{r,a} \in \mathbb{C} \quad (1)$$

$$\sum_{r,a} |p_{r,a}|^2 = 1 \quad (2)$$

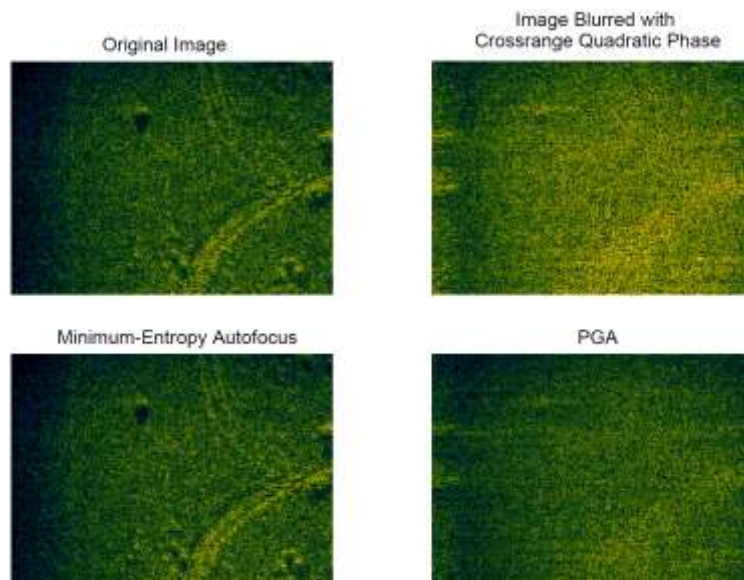
A [3]-ben megadottak szerint az algoritmus célja a (3) képlet által leírt Φ fáziskorrektív vektortól függő entrópia minimalizálási probléma elvégzése.

$$\arg \min_{\Phi} (S(\Phi)) \quad (3)$$



6. ábra Példaképek különböző entrópia értékekre [3]

A 6. ábrán látható utolsó 3 kép esetén azonos területről készült, de egyre nagyobb utólag hozzáadott fázishibával SAR feldolgozott kép látható. Egyértelműen megállapítható, hogy nagyobb entrópia paraméterhez rosszabb képminőség tartozik.



7. ábra Mesterségesen elrontott SAR kép autofókuszálása minimum entrópia és PGA algoritmusokkal [3]

A 7. ábrán egy valós SAR képhez adott fázishiba kompenzálása látható minimum entrópia és PGA módszer segítségével. Ahogy már korábban említésre került, a PGA algoritmus túlságosan

elmosódott képek esetén nem képes értékelhető minőségjavulást okozni, emiatt vizsgálódásomat a továbbiakban kizárólag a minimum entrópia módszerre korlátozom.

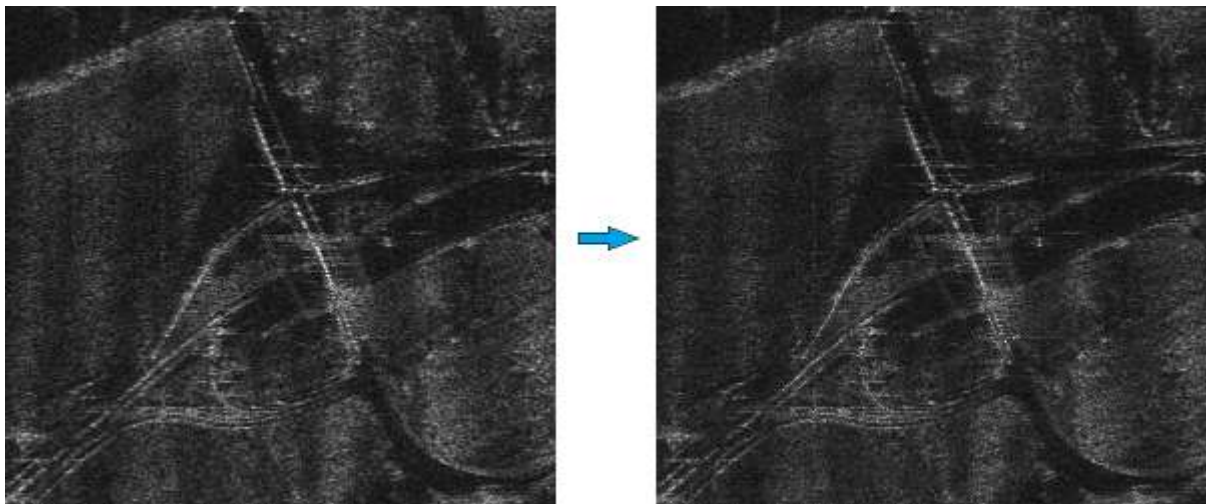
EREDMÉNYEK

A kisrepülőgépes radarfelvételeket a 8. ábrán látható, a tanszékünk (BME-HVT) és a BHE által kifejlesztett kisméretű SAR eszközzel készültek, mely egy Cessna gyártmányú kisrepülőgéppel repült a mérések során.



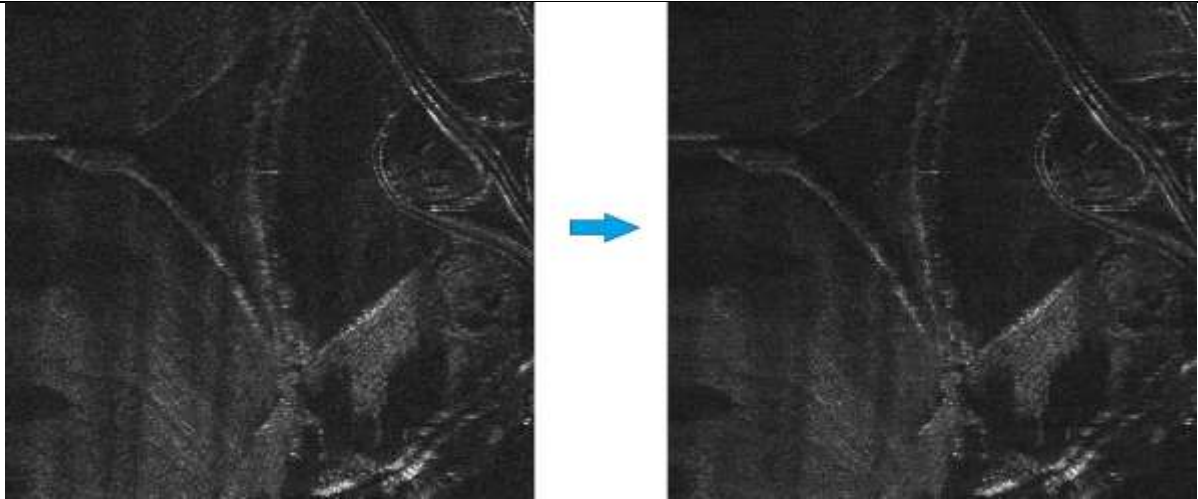
8. ábra Kisméretű SAR berendezés

A 9. ábrán látható SAR képeken egy autópálya csomópont látható. A jobb oldali részábrán az autofókuszálás utáni eredmény látható; megállapítható, hogy - különösen a világos görbék esetén - a kép élessége láthatóan javult.



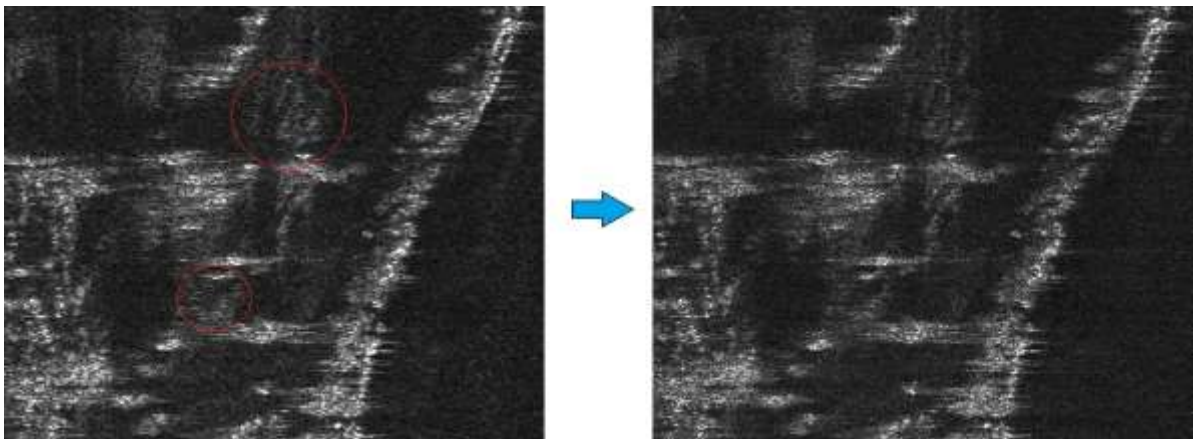
9. ábra Autópálya csomópont autofókuszálással

A 10. ábrán szintén egy autópálya csomópont látható. Itt is elsősorban a nagyobb szórópontok esetén figyelhető meg a képminőség javulása.

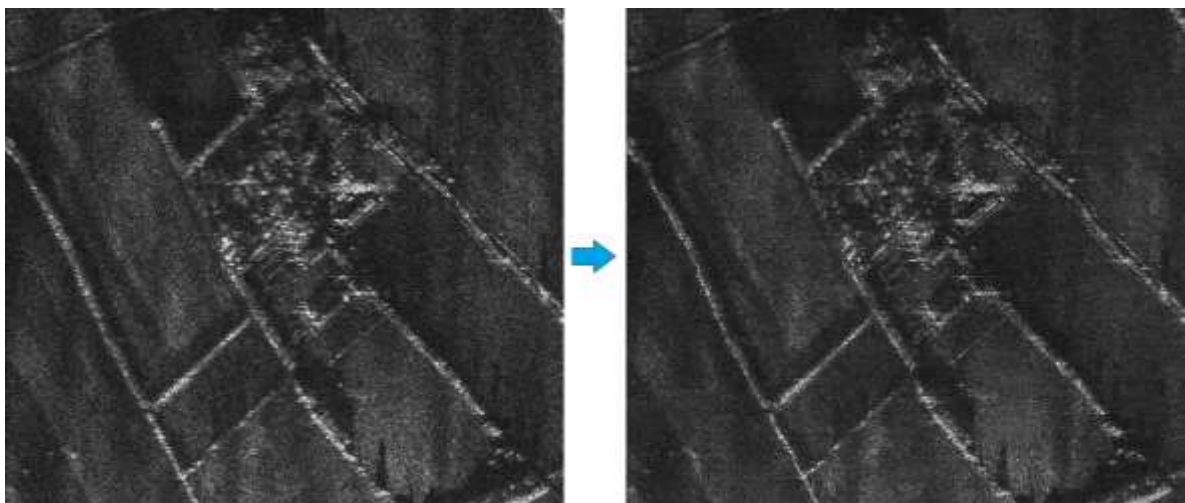


10. ábra Autópálya csomópont és mezők

A 11. ábrán folyópart és ártéri erdők láthatóak. Az eddig jellemző nagyobb reflexiójú pontokon kívül a piros körökkel jelölt területeken is megfigyelhető, hogy élesebb lett a kép, a részletek jobban kivehetők.



11. ábra Folyópart és ártéri erdők



12. ábra Mezőgazdasági üzem

A 12. ábrán egy (feltételezhetően) mezőgazdasági üzem és a körülötte lévő mezőgazdasági területek láthatóak.

ALGORITMUS TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A minimum entrópiás autofókusz algoritmus legnagyobb hátrányának a nagy számítási igény tekinthető. Ez a nagymennyiségű diszkrét Fourier transzformáció alkalmazásának következménye. Természetesen a Diszkrét Fourier transzformáció nagysebességű változata, az FFT⁵ került alkalmazásra. Tipikusan az autofókuszált SAR kép nagyságrendileg 2048 pixel szélességű. Az FFT számítási igénye jól közelíthető a (4)-ben megadott mértékkel.

$$O(N \log_2(N)) \quad (4)$$

Az FFT műveletet a kép minden egyes sorára el kell végezni, tehát tipikusan 2048 elemű FFT-ket kell elvégezni.

Tapasztalom alapján az elkészült kép minőségén a kép független oszlopokra bontása egy bizonyos mértékig nem ront, ez a határ nagyjából a 32 és 64 pixel szélességű oszlopok között található. Ha 64 elemű FFT-ket kell elvégezni, akkor az (5)-ben megadott műveletvégzési nyereség érhető el.

$$\frac{2048 \log_2(2048)}{\left(\frac{2048}{64}\right) 64 \log_2(64)} = \frac{\log_2(2048)}{\log_2(64)} \approx 1,8333 \quad (4)$$

Tehát majdnem kétszeres a sebességbeli javulás (pontosan kétszeres javulást 45 elemű FFT alkalmazása esetén lehetne elérni).

A sebességbeli javulás mellett további előnyt jelenthet a kisebb pontszámú FFT művelet alkalmazása, ha az autofókuszálást egy célhardverrel akarjuk elvégeztetni. Egy 64 elemű komplex FFT FPGA-ban történő realizálása könnyen kivitelezhető, míg egy nagy, akár több ezer pontos FFT megvalósítása kérdéses.

ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapíthatjuk, hogy a SAR autofókusz algoritmusok (különösképpen az általam adaptált és továbbfejlesztett minimum entrópia módszeren alapuló) láthatóan képesek javítani a már elkészült SAR képek minőségén. A továbbfejlesztésem után jelentős, akár kétszeres sebességbeli javulás is elérhető.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét nyilvánítja A Magyar Közlekedési Mérnökképzésért Alapítványnak a SAR autofókusz projekt támogatásáért.

⁵ FFT – Fast Fourier Transform, gyors Fourier transzformáció



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] R. SELLER, K. KAZI, V. RÖSNER, L. DUDÁS, J. FÖLDES Small Sized Synthetic Aperture Radar Development, 19th Telecommunications forum TELFOR 2011, Serbia, Belgrade, November 22-24, 2011.
- [2] D. E. WAHL, P. H. EICHEL, D. C. GHIGLIA, C. V. JAKOWATZ Phase gradient autofocus – a robust tool for high resolution SAR phase correction, IEEE Transactionson Aerospace and Electronic Systems, vol. 30, no. 3, pp. 827–835, July 1994.
- [3] T. J. KRAGH Monotonic iterative algorithm for minimum-entropy autofocus, Adaptive Sensor Array Processing (ASAP) Workshop, Lexington, Massachusetts, June 2006.

Major Gábor¹

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰ RENDSZEREK NEMZETBIZTONSÁGI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSÁVAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK²

Az elmúlt évtizedben rohamos fejlődést mutató pilóta nélküli légi jármű rendszerek³ alkalmazására való igény napjainkban olyan speciális szakterületeken is megjelenik, mint a nemzetbiztonsági hasznosítás. E modern technikai eszközrendszerek és azok fejlett fedélzeti szenzorjainak képességei, új utat nyithatnak meg e szolgálatok alkalmazási módszereiben, eljárásaiban. Magyarország egyre nagyobb szerepet vállal a pilóta nélküli légi jármű rendszerek fejlesztésében, alkalmazási módszereinek kutatásában, felhasználásában. A nemzetbiztonsági területen megjelenő igény kielégítéséhez részletekre menő, tudományos eredményekkel igazolt kutatásokra van szükség, melyek eredményeként az ország terrorfenyegetettségének felderíthetősége is növekedhet. Mindemellett számos olyan tevékenységbe is bevonható még ezen rendszerek, amit jelenleg a nemzetbiztonsági törvény még nem ismer, így szabályozni sem áll módjában. Ez a közlemény rövid áttekintést ad a releváns hazai közleményekről, és tartalmazza a szerző egyéni következtetéseit.

RESEARCHES IN CONNECTION WITH UTILIZATION OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS IN THE FIELD OF NATIONAL SECURITY

Nowadays the claim to use unmanned aerial systems showing rapid development in the last decade is appearing in special fields like utilization of national security. These modern technological toolbars and the abilities of their advanced on-board sensors may open a new way in applying methods and proceedings of these services. Hungary is taking bigger and bigger role in developing of unmanned aerial systems, in research and utilization of their application methods. There is need for investigations authorized by scientific achievements. As a result of these researches, the country's ability to scout threat of terror may increase. Nevertheless, the utilization of these systems can be brought in on several activities which the national security law has not known yet, so it is not in the position to control them, either. This statement offers a brief survey of relevant Hungarian bulletins and it contains the private conclusion of the author.

Kulcsszavak: nemzetbiztonság, pilótanélküli légi jármű rendszerek, felderítés, alkalmazási módszerek

BEVEZETÉS

Úgy a katonai, mind a polgári életben egyre nagyobb igény mutatkozik a pilóta nélküli légi jármű rendszerek alkalmazására. E modern repülőeszközök univerzálisan használhatók fel különböző típusú megfigyelési és felderítési feladatokra elsősorban a fegyveres erők, a katasztrófavédelem, a környezetvédelem, a nemzetbiztonság és még sok más területen.

Napjainkban a légi robotokkal a veszélyesnek minősülő feladatok elvégzésére számtalan konkrét igény fogalmazódik meg, melyek közül a leggyakoribbak a katonai és a katasztrófavédelemi feladatok. Az UAS-ek, mint az információk megszerzésének modern technikai eszközei, kiválóan felhasználhatók lennének a nemzetbiztonsági célú feladatokban is. Alkalmazási körük ki-

¹ őrnagy, Phd hallgató, Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, major.gabor7@gmail.com

² Lektorálta: Dr. Palik Mátyás alezredes, tanszékvezető egyetemi docens, Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Tanszék, palik.matyas@uni-nke.hu

³ UAS – Unmanned Aerial Systems

terjedhetne az illegális tevékenységek megfigyelésére, helyszínelésben való részvételre, üldözési és elfogási akciókban, de akár nagyobb tömegmegmozdulások, tüntetések esetén azok folyamatos megfigyelésére. E közben a hangadók és a rendbontók beazonosítására, vagy más antiterrorista intézkedések foganatosítására is.

A fent említetteket összefoglalva kérdésként merül fel, hogy az UAS-ek nemzetbiztonsági célú felhasználása során milyen repülési jellemzőkkel (repülés-technikai paraméterek) bíró légi jármű lehet alkalmas? Azt milyen alkalmazási módszerekkel és eljárásokkal lehet a kitűzött feladatokban alkalmazni? További vizsgálat tárgyát képezheti a személyiségi és az adatbiztonsági- adatvédelmi jogokkal kapcsolatos kérdések köre is.

ELŐZMÉNYEK A HAZAI FELHASZNÁLÁSBAN

A légi járművek fejlesztésének magyarországi története a korábbi Haditechnikai Intézet Szojka III. nevű fejlesztési projektjéhez köthető. A többcélú, kisméretű, pilóta nélküli repülőgép komplexumot a Cseh Köztársasággal folyó hadiipari kooperáció keretében fejlesztették. A projekt során a cseh partner szállította a sárkányt és a repülésvezérléshez szükséges szervókat. A végrehajtandó feladatoknak megfelelően több modifikációt is terveztek kidolgozni (a TV-kamerával felszerelt vizuális alapfelderítő – Szojka–III/TV, a sugárfelderítő – Szojka–III/G, a rádiólokációs – Szojka–III/RT, a rádió-felderítő és zavaró – Szojka–III/RA, a nagy érzékenységgű vizuális felderítő – Szojka–III/VTV és az infrakamerás vizuális felderítő – Szojka–III/IK) [1].

A program alapvető nehézségét mindvégig a repülőgép kedvezőtlen vezethetőségi tulajdonságai jelentették, ezen belül is a gyakorlott pilóták számára is mindig kritikus leszállási manőver, amely gyakran végződött géptöréssel. A projektet közös megegyezéssel megszüntették, az eszközöket elosztották a fejlesztők között. A cseh hadsereg azt követően továbbfejlesztette és 2011 decemberéig rendszerbe tartotta a komplexumot [2].

További magyar vonatkozásként mindenképpen említést kell tenni a teljesen hazai fejlesztésű és építésű Denevér típusú repülőgépről, amely szintén katonai megbízásra készült volna a kilencvenes években. Az egyébként a korát jóval megelőző technikai újításokat is tartalmazó prototípus legyártása, majd annak a katonai felsővezetők számára történt bemutatása után –véltően pénzügyi források hiánya miatt – a fejlesztést leállították. A Szojka projekt befejezése után 1995. április végén, a Composit Kft. a Haditechnikai Intézettől megbízást kapott egy megnövelt méretű, nagyobb terhelhetőségi mutatóval rendelkező, kerek futóművéről önállóan fel- és leszállni képes, „utód” pilóta nélküli felderítő repülőgépgép kifejlesztésére [3].

Az Aero-Target Bt. és jogelődje az Aero-Meat Kft. 1999 óta fejleszti, üzemelteti és gyártja a Magyar Honvédség részére a Meteor–3 célrepülőgép családot. Ezeket a gépeket elsősorban a földi légvédelmi erők személyi állományának kiképzésére alkalmazzák, valódi repülőgépeket célként szimulálva, gyakorló rakétalövészeteken. A 2005-ben a gyártása, üzemeltetése terén többéves tapasztalattal és referenciával rendelkező cég elnyerte a Magyar Honvédség célrepülőgépeinek korszerűsítésére kiírt pályázatot [4]. A Meteor–3 R kísérleti példányával 2004. december 28-án végzett sikeres tesztrepülés tette lehetővé az alacsony költségű, teljesen magyar gyártású célanyag szolgáltatását.



A korábbi Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem volt Elektronikai hadviselés tanszéke, mint a H-AEROBOT kutatócsoport⁴ alapítója, az elmúlt közel egy évtizedben számos fejlesztővel és gyártóval intenzív K+F tevékenységet folytatott a robotika, ezen belül kiemelten az UAV⁵-k alkalmazásának kérdéseiben. A kutatócsoportot Dr. Makkay Imre professzor alapította azzal a céllal, hogy megfelelő válaszokat adjanak a hadseregekkel szemben támasztott XXI. századi kihívásokra. A kutatók feladatuknak tekintették a fejlesztés, gyártás és a személyi felkészítés irányainak meghatározását, amelyeket a felsőoktatás, a tudományos kutatás és a technikai korszerűsítés kiemelt területeiként kezel [5].

2006 decemberében kis hatótávolságú pilótánélküli repülőgép beszerzésére kiírt pályázaton a lengyel pályázót hirdette ki győztesnek a Honvédelmi Minisztérium. A lengyel WB Electronics cég ugyan drágább ajánlatot nyújtott be, mint riválisai, de a gyártó fejlettebb technikai jellemzőkkel rendelkező eszközt ígért [6]. A sikeres pályázat után, a tervek szerint a SOFAR UAV-t az afganisztáni Magyar PRT⁶ kapta volna meg, 2007 első félévében. Némi késéssel 2007 júliusában érkeztek meg az eszközök Debrecenbe, ahol augusztusban megkezdődött az állomány kiképzése és a rendszer tesztelése. A tesztelés során azonban olyan problémák merültek fel, amelyek miatt vissza kellett küldeni a rendszert a lengyel szállítónak. Ezzel a SOFAR igen rövid hazai pályafutása véget ért.

Igazi magyar siker lett a Meteor-3M további fejlesztése, a sugárhajtóműves Meteor-3MA katonai célrepülőgép története, amely kevesebb, mint két év alatt jutott el a tervezéstől a csapatpróbáig [7].

Esztergomban, a HM EI Zrt. telephelyén készült el az az 5 darab célrepülőgép, amit a Magyar Honvédség 2009 decemberében vehetett át. A három főből álló fejlesztő gárda nevéhez fűződik a sárkányszerkezet optimalizálásától kezdve a fedélzeti elektronikai rendszer kialakításán át a sugárhajtómű beépítéséig az összes munkafolyamat kivitelezése. Az UAV továbbfejlesztése jelenleg is folyik, melynek szándékolt célja a katasztrófavédelem, a tűzoltóság vagy a határrendészet felderítési területein folyó feladatokban való részvétel.

A HM EI Zrt. 2007-ben kezdett felderítő feladatokra is alkalmas drónok fejlesztésébe, melynek célja a Magyar Honvédség igényeinek kiszolgálása volt. A légi jármű család tagjait 2012 őszén mutatták be nyilvánosan. A gépeket és annak kiszolgáló egységeket kizárólag magyar szakemberek munkájával, hazai alpanyagok és szoftverek felhasználásával készítették [6].

A katonai alkalmazáson túl ezek az eszközök a civil életben is sokoldalúan felhasználhatók a térképészet, a geodézia, a mezőgazdaság vagy az erdészet, de akár a katasztrófavédelem, erdőtüzek, vagy olyan katasztrófa sújtotta zónákban, amelyek nem közelíthetők meg másképpen.

Polgári célú UAV rendszert fejlesztett ki a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. vezetésével a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mobil Innovációs Központja és az Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Kara részvételével 2008-ban létrejött konzorcium [8]. A projekttervben egy maximum 12 kg felszálló tömegű, 3 kg hasznos teher hordozására alkalmas, elektromos meghajtású, nagy megbízhatóságú kommunikációs rendszerrel ellátott, élő rádiókapcsolattal 15–20 km-es hatósugárral rendelkező UAV kifejlesztése volt a cél.

⁴ Tagjai: ZMNE Elektronikai hadviselés tanszék, Aero-Target Bt., Sósballon Kft., Hungarian Aircraft Kft., HM Technológiai Hivatal, HM EI Rt.

⁵ Unmanned Air Vehicle – pilóta nélküli légi jármű

⁶ Provincial Reconstruction Team – Tartományi újjáépítési csoport

A nemzetbiztonsági szolgálatokról szóló, 1995. évi CXXV. törvény, Magyarország függetlenségének és törvényes rendjének védelme érdekében, számos feladattal ruházta fel a titkosszolgálati területen dolgozókat.

Ezek közé a feladatok közé tartozik például, hogy megszerzi, elemzi, értékeli, felderíti, információkat gyűjt a nemzetbiztonságot veszélyeztető külföldi és hazai szervezett bűnözésről, különösen a terrrorszervezetekről, amelyeket napjainkban kiemelt veszélyforrásokként kezel minden nemzetbiztonsággal foglalkozó szervezet. Amióta létezik a vegyészet, valamint elkészítettek az első fegyvereket, azóta fenyegető nemzetközi probléma a jogellenes kábítószer- és fegyverkereskedelem, amellyel kapcsolatban ugyancsak feladatokat fogalmaz meg a hivatkozott törvény. Nemzetközi szerződésből vállalt kötelezettség is többek között a tömegpusztító fegyverek és alkotóelemeik, illetve az előállításukhoz szükséges anyagok és eszközök jogellenes nemzetközi forgalmának felderítése és ezeket elhárítása.

A törvényben meghatározott nemzetbiztonsági szolgálatok végrehajtják a hatáskörükbe tartozó személyek, nemzetbiztonsági védelmét, valamint objektumai műveleti védelmének feladatait.

Ezeket a műveleteket végezheti a feladataik sikeres teljesítése érdekében titkos információgyűjtés keretében a törvény által meghatározott módszerek igénybevételével. A módszerek, legyenek azok külső engedélyhez kötöttek, vagy csupán belső engedélyezésűek, minden esetben az ember közvetlen jelenlétét és beavatkozását igényli és tételezi fel. Még ez akkor is igaz, ha technikai eszköz alkalmazására van lehetőség, mivel ezeket az eszközöket a felhasználás helyére kell juttatni és ott üzemképes állapotba helyezni. A hivatkozott törvény minden esetben pontosan fogalmazva meghatározza azt, hogy milyen esetekben és körülmények megléte esetén használhatóak a technikai eszközök [9]. „*A nemzetbiztonsági szolgálatok a titkos információgyűjtés speciális eszközeit és módszereit csak akkor használhatják, ha az e törvényben meghatározott feladatok ellátásához szükséges adatok más módon nem szerezhetők meg.*”⁷

A felsorolt feladatrendszerhez, a szükséges technikai eszközök adaptálásával számos lehetőség kínálkozik az UAS-ek között, melyek egy-egy speciális feladat végrehajtására használhatóak lennének. Elég, ha csak a szabadtéri, vagy akár az épületen belüli megfigyelést, lehallgatást nézzük. Ezen túl, számos esetben szükséges a célszemély követése és ez idő alatt a figyelemmel kísérése. Igen, mondhatnánk, hogy ezek a feladatok megoldhatók jelenleg is. Amit az UAS-ek alkalmazása kínál a telepített eszközökkel szemben, az a mobilitás, a gyors bevetethetőség, és ezáltal az információk valós időben történő eljuttatása a döntéshozók számára. Az információk (mint például a képi, hang, vagy egyéb mérhető, detektálható paraméter) modern informatikai eszközökkel és eljárásokkal történő feldolgozásával segítheti a mindgyorsabb döntéshozatalt. Mindezen tényezők jelentősen növel(het)ik a pontosságot, gyorsaságot és a hatékonyságot. Ezzel elérhető, hogy egy-egy műveleti akció végrehajtása közben a kitzűzött cél a szakszerűség és a törvényszerűség mezsgyéjén, az emberi élet felesleges kockáztatása nélkül és a felhasznált eszközök épségének megtartása mellett, a lehető leggyorsabban és legpontosabban kerüljön végrehajtásra.

⁷ 1995. évi CXXV. törvény 53 §. (2)

Az UAV-k fejlődéstörténetét áttekintve látható [10], hogy a pilóta nélküli repülőgépeket eddigi három különböző fejlesztési irány jellemezte:

- fegyverként alkalmazva, különféle pusztító eszközöket szereltek rá, helyeztek el benne és azok segítségével kívánták rombolni, pusztítani a szembenálló fél erőit és eszközeit;
- célrepülőgépként hasznosítva a légvédelmi erők békeidős kiképzését biztosította, élet-szerű körülményeket nyújtva számukra;
- rajta különféle szenzorokat elhelyezve alkalmassá tették, a levegőből történő információszerezésre és továbbításra, elősegítve ezzel a különböző vezetési szinteken a megalapozott döntések meghozatalát.

A technika fejlődésével, a pilóta nélküli repülőgépek megjelenésével lehetőség nyílt a katasztrófavédelmi feladatok még szélesebb körben történő hatékonyabb ellátására az emberi élet kockáztatása nélkül. (mint például az 1. számú képen bemutatott művelet) Alkalmazhatják őket légi felderítési, sugár felderítési, tűzoltási feladatok végrehajtására egyaránt, azonban vannak olyan szakszolgálati tevékenységek, amelyekben teljes egészében nem lehet kiváltani a szakszolgálati személyzet munkáját.



1. ábra A Honeywell cég T-Hawk típusú UAV-ja által készített video felvétel részlete a sérült Fukushimai atomerőműről⁸

A fejlesztési és felhasználási irányok, lehetőségek bemutatásából kimaradt a nemzetbiztonsági célú megközelítés. Ennek egyszerű oka az, hogy jelenleg hazai irodalma ennek a területnek nem érhető el.

A Nemzetbiztonsági Szolgálatok tevékenységében felhasználható pilóta nélküli légi jármű rendszerek képességeinek vizsgálatával kapcsolatos kutatások elsődleges célja, hogy ajánlásokat fogalmazzunk meg ezzel az eszközrendszerrel biztosított tevékenységek ellátására, a szükséges technikai eszközök felhasználására és a működési eljárásaikra.

Az ilyen irányú kutatások hozzájárulhatnak a Nemzetbiztonsági Szolgálatok ez irányú képességének növeléséhez.

⁸ Forrás: https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=rpN8VQ_UL4c (2014. október 10.)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Furján Attila: Szojka III/TV A több célú, kisméretű pilóta nélküli repülőgép komplexum. In: Új Honvédségi Szemle 1998/1. pp. 675-683.
- [2] MoD&AF of Czech Republic: History: SOJKA III, <http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=6312> (2014.10.09.)
- [3] Vég Pál: A Denevér rövid története, <http://www.repulomuzeum.hu/Sztori/Denever/Denever.htm> (2014.10.09.)
- [4] Koncz Miklós Tamás: Automatikus irányítású célrepülőgépek pályatervezése, Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2006, http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2006_cikkek/koncz_miklos_tamas.pdf (2014.10.09.)
- [5] Kovács László-Ványa László: Pilóta nélküli repülőgépek kutatás-fejlesztési tapasztalatai Magyarországon, Hadtudomány, XVII. évfolyam 2. szám, 2007. június, http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2007/2/2007_2_5.html (2014.10.09.)
- [6] Rátonyi Krisztián Ferenc: Pilótánélküli felderítő repülő a Magyar Honvédségben, Repüléstudományi Közlemények 2013. 2. szám a Repüléstudományi Konferencia 2013 különszáma 2011. április 11., http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-51-Ratonyi_Krisztian_Ferenc.pdf (2014.10.09.)
- [7] Deák Gábor József: Csapatpróbára ment a magyar kémrepülőgép, Magyar Hírlap, 2010. december 21., http://www.magyarhirlap.hu/tudomany/csapatprobara_ment_a_magyar_kemrepulogep.html (2014.10.09.)
- [8] Kazi Károly: Magyar fejlesztésű, teljesen automatizált UAV rendszer, Repüléstudományi Közlemények, XXIV. évfolyam, 2102.2. különszám, pp. 999-1013, http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/82_Kazi_Karoly.pdf (letöltés ideje: 2014. 10. 09.)
- [9] 1995. évi CXXV. törvény a nemzetbiztonsági szolgálatokról. http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99500125.TV (letöltés ideje: 2014. 10. 09.)
- [10] Dr. Palik Mátyás: 1. A pilóta nélküli repülés rövid története pp. 25-63. in: Dr. Palik Mátyás (Szerk): Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek NKE, 2013

Szabó Sándor¹ – Tóth Rudolf²

ADALÉKOK A LÉGIERŐ FORCE PROTECTION³ KÉPESSÉGÉNEK NÖVELÉSÉHEZ⁴⁵

A repülőterek és létesítményei minden esetben kiemelt célpontot jelentenek a szemben álló felek részére. Megmaradásuk, vagy megsemmisülésük alapvetően befolyásolja egy-egy művelet sikeres végrehajtását. Ennek megfelelően a katonai vezetés minden esetben kiemelt figyelmet fordított és fordít ma is a repülőterek védelmére, azok működőképességének megőrzésére és fenntartására. A szerzők – a teljesség igénye nélkül – bemutatnak néhány megoldást, technikai eszközt, melyek eredményesen járulhatnak hozzá a légierő FORCE PROTECTION képességének növeléséhez.

INCREASE THE FORCE PROTECTION CAPABILITY OF THE AIR FORCE

The airports and their facilities always were priority target for the enemies. Their persistence or destruction fundamentally influence the successful implementation of any operation. Accordingly, in all cases the military leadership paid particular attention to the protection of airports and to the preserve and maintain their viability. The authors – without the claim of the completeness – present some solutions and technical device, which may contribute to increase the Air Force's FORCE PROTECTION ability.

BEVEZETÉS

Napjainkban a különböző – a Washingtoni Szerződés 5. cikkelye szerinti (háborús) és az 5. cikkely hatálya alá nem tartozó (válságreagáló) – katonai műveletek végrehajtása során kiemelten fontos feladatokat oldanak meg a légierő csapatai. „A légierő technikai eszközei mozgékonyságának kihasználásával magas szinten képes a (had)műveletek támogatására és jelentősen megkönnyítheti az előre nem látható, váratlan feladatok végrehajtását is. A légi szállítási feladatok végrehajtásával, a szükséges erők és eszközök kellő időben és kellő helyre történő eljuttatásával a légierő jelentősen megnövelheti a szárazföldi erők helyváltoztatási, műveleti képességét – és ebből adódóan – tevékenységük hatékonyságát is!”⁶

¹ (CSc) egyetemi tanár, Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Vezetőképző Intézet Műveleti Támogató Tanszék, szabo.sandor@uni-nke.hu

² (PhD) egyetemi docens, toth.rudolf@uni-nke.hu

³ „Az FP mindazon rendszabályok és eljárások összessége, amelyek végrehajtásának célja, hogy csökkentsék a saját személyi állomány, a létesítmények, a felszerelések, a hadműveletek és az információk sérülékenységet bármilyen ellenséggel és fenyegetéssel szemben minden helyzetben, ezzel megőrizve a saját cselekvési szabadságot és a saját haderők műveleti hatékonyságát. E célok a kockázati tényezők helyes és folyamatos kezelésével érhetőek el.” Forrás: Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány 2004/1. 114–122. oldal. Url: <http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/2004/1/11kovacs/Chapter1.htm>, 2015.01.16.

⁴ Bírálta: Dr. Kovács Zoltán alezredes, egyetemi docens, Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Vezetőképző Intézet, Műveleti Támogató Tanszék, E-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu

⁵ Lektorálta: Dr. Palik Mátyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszerződési Egyetem, palik.matyas@uni-nke.hu

⁶ Orosz Zoltán: A helikopterek katonai alkalmazásának lehetőségei és a katonai alkalmazás valósága Magyarországon. Repüléstudományi Közlemények 17. évfolyam, Különszám. pp. 1–11. 2005. Url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/orosz_zoltan.pdf, 1. oldal. 2009.02.06.



A Washingtoni Szerződés 5. cikkelye szerinti (háborús) és az 5. cikkely hatálya alá nem tartozó (válságreagáló) műveletek során a szárazföldi erők tevékenysége nem nélkülözheti a légierő támogatását. A légi felderítés, a csapatok légi oltalmazása, tűztámogatása, meghatározó jelentőségű az adott művelet sikeres végrehajtása szempontjából. De a felsorolt feladatok mellett gyakran előfordul az is, hogy a csapatokat, vagy a harci technikai eszközöket és anyagokat rövid idő alatt kell nagyobb távolságokra szállítani, átcsoportosítani. Mindezek szükségessé teszik a műveleti területen vagy annak közelében olyan ideiglenes, vagy állandó repülőterek kialakítását és működtetését, amelyek biztosítják a feladatokat végrehajtó repülőeszközök biztonságos le- és felszállását.

A repülőtér, mint a repülőgépek, helikopterek és más légi járművek elhelyezésére, kiszolgálására, fel- és leszállására alkalmas és az ehhez szükséges építményekkel, berendezésekkel ellátott terület⁷ igen jó célpontot jelent az ellenség, vagy a terroristák számára, így védelmük minden esetben kiemelt jelentőségű feladat.

A FORCE PROTECTION feladatok meglehetősen széleskörűek és számtalan feladat végrehajtását teszi szükségessé.⁸ A szerzők – a teljesség igénye nélkül – bemutatnak néhány megoldást, technikai eszközt, melyek eredményesen járulhatnak hozzá a légierő FORCE PROTECTION képességének növeléséhez.

Az FM 5-430-00-2/AFJPAM 32-8013, Vol II⁹ szabályzat 14. fejezete részletesen ismerteti a parkoló repülőeszközök megóvásával kapcsolatos legfontosabb erődítési, álcázási feladatokat.

A védelem hatékonysága jelentősen növelhető, ha minimalizálni tudjuk a repülőtérre történő illegális bejutások számát és lehetőségét. Ezt elsősorban a repülőtér területének körbekerítésével és beléptető rendszerek kialakításával valósítható meg. Az őrzés-védelem megvalósításának egyik kiemelt formája a műszaki és technikai megoldásokra alapozott módszer, amely szinte korlátlan megoldási lehetőségekkel rendelkezik. Ezek közül emeltük ki és mutatjuk be az alábbi új fejlesztést, a Falck Schmidt Defence Systems (FSDS) védelmi rendszert.

FORCE PROTECTION RENDSZER (FORCE PROTECTION SYSTEM – FSP)^{10,11,12}

A Falck Schmidt Defence Systems bemutatta a legújabb, polgári és katonai területen egyaránt alkalmazható, árboc alapú védelmi rendszerét. A kifejlesztett műszaki megoldás széleskörű lehetőségeket kínál a különböző fegyverek és érzékelők kiválasztásához, telepítéséhez.

⁷ Forrás: Hadtudományi lexikon: Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995, ISBN 963 04 5226 X, 1191. oldal.

⁸ A lehetséges feladatok részletezését lásd: Kovács Tibor–Faa József: A „FORCE PROTECTION” – feladatok tartalma, tervezése, végrehajtása az állampolgárok érdekében folytatott bűnmegelőző tevékenység során. Műszaki Katonai Közlöny 2004/1-4. szám, 75–89. oldal.

⁹ Forrás: FM 5-430-00-2/AFJPAM 32-8013, Vol II Planning and design of roads, airfields, heliports in the theater of operations – airfields and heliports design. Headquarters Department of the Army Department of the Air Force, Washington, DC, 1994. Url: http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/fm5_430_00_2.pdf, 2012.02.05.

¹⁰ Forrás: <http://www.f-sds.com/container-based-military-force-protection-system.aspx>, 2015.01.16.

¹¹ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/FPS.pdf>, 2015.01.16.

¹² Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 2015.01.19.

Emelhető árbocra szerelt távirányítású fegyverrendszer

A rendszerhez tartozik egy 50-es kaliberű¹³ távirányítású általános fegyverrendszer, hőkamera, lézer távmérő, melyek egy megemelhető árboc platformon kerültek elhelyezésre. A komplett rendszer egy 20 lábás¹⁴ ISO konténerbe került beépítésre.



1. ábra A Force Protection Rendszer¹⁵

A konténerbe épített távirányítású fegyverrendszer egyaránt szállítható hajón, síkgyas pótkocsin vagy függesztett teherként, továbbá könnyen, gyorsan telepíthető, másodpercek alatt használatra kész.

A fejlesztés kiválóan alkalmas:

- előretolt megfigyelő bázis (Forward Observation Base – FOB) peremterületének védelmére;
- határvédelemre;
- repülőterek és létesítmények biztosítására;
- kormányzati épületek, követségek, olajfűrótornyok stb. biztonságának fokozására,
- hajók kalózkodás elleni védelmére.

A fentiekben túl a rendszer alkalmas még a különböző objektumok peremterületeinek felderítésére, megfigyelésére és ezáltal az ellenséges tevékenység észlelésére, visszaszorítására.

A konténer felszerelhető robbantás és a kézfegyverek tüze elleni védelmi rendszerrel. A konténer kialakítása lehetővé teszi az integrált kommunikációs, harctéri vezetési rendszerek, beleértve az információs és célmegjelölő földrajzi kijelzők elhelyezését, beépítését is. A konténer magába foglal egy raktárhelyiséget is, ahol a tartalék áramforrás és a klímaberendezés került elhelyezésre.

¹³ 12,7 mm (<http://en.wikipedia.org/wiki/Caliber>)

¹⁴ 20 láb = 6.096 méter

¹⁵ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/FPS.pdf>, 1. oldal. 2015.01.16.



2. ábra A konténer kialakítása¹⁶



3. ábra Az emelő árboc¹⁷

Tulajdonságok, jellemzők és lehetőségek:

- szabványos 20 lábás ISO konténer – Telepíthető szárazföldi, tengeri és légi úton. Hevederrel rakodható;
- az emelhető árboc, a rajta elhelyezett síkfelülettel, platformmal együtt, képes 250 kg tömeg megemelésére, 5 méteres emelési magasságig;
- távirányítású fegyverrendszer (CROWS II). A rendszer fel van szerelve egy 50-es kaliberű általános fegyverrendszerrel;
- közelharc és páncéltörő rakétarendszer. A Javelin páncéltörő rakéta indítórendszere opcionálisan integrálható az árbocrendszerre;
- nappali és éjszakai megfigyelő kamera. Infravörös kamera és lézeres távolságmérő;
- a konténer magába foglalja harcászati műveleti központot (Tactical Operation Centre – TOC), a robbantás és a kézfegyverek tüze elleni védelmi rendszert és a raktárhelyiséget;
- integrált kommunikációs, harctéri vezetési rendszerek is beépíthetők a vásárlói igényeknek megfelelően.

Szabványos árbocok felderítésre és megfigyelésre^{18,19,20}

A Falck Schmidt típusú szabványos árbocok az emelhető platformokkal ideálisak a felderítés és a megfigyelés számára, a fegyverek elhelyezésére, az elektronikai hadviselés és célfelderítés végrehajtására, valamint szükség esetén fegyverek elhelyezésére. A rendszer kialakítása történhet helyhez kötötten, de elérhető mobil kivitelben is.

¹⁶ Forrás: <http://www.f-sds.com/container-based-military-force-protection-system.aspx>, 2015.01.16.

¹⁷ Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyards/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 33. oldal. 2015.01.19.

¹⁸ Forrás: <http://www.f-sds.com/military-standard-masts.aspx>, 2015.01.16

¹⁹ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 2015.01.16.

²⁰ Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyards/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 2015.01.19.



Elektromos meghajtású teleszkópos árboc megoldások

Az FSDS széles skáláját kínálja a kitolható és visszahúzható elektromos meghajtású teleszkópos árboc rendszereknek, melyek alacsony energiafogyasztással rendelkeznek. Ezek az árbocok az igényeknek megfelelően különböző fegyverrendszerekkel és érzékelőkkel szerelhetők fel, ezért kiválóan alkalmasak felderítési és megfigyelési feladatok végrehajtására is. A rendszer különböző teherbírású és emelési magasságú lehet, bármilyen járműre felszerelhető, valamint alkalmazható helyhez kötött formában, vagy mobil kivitelben. Az árbocok kezelőfelülete bármilyen érzékelő berendezés vagy fegyverrendszer számára könnyen testre szabható.

A rendszer főbb jellemzői:

- az összes elektromos hajtás alacsony energiafogyasztású;
- zárt rendszer védi mozgató mechanizmust;
- könnyű és nagy szilárdságú (merev) anyagok alkalmazása;
- könnyű mozgathatóság és árboc meghosszabbítási lehetőség;
- harmonikás, tömlős kiegészítő védelem a homok és jegesedés ellen;
- nagy megbízhatóság, minimális karbantartási igény;
- a rendszer bevált a hadszíntéri alkalmazás során.

Az új árbocrendszer ugyanazon a technológián alapul, amelyet 2007 óta sikeresen alkalmaznak a művelési területeken.

Tulajdonságok:

Általános jellemzők:

- az árboc kitolási és visszahúzási ideje: 20–45 másodperc;
- hasznos teher: 30–400 kg;
- az árboc tömege 60–340 kg;
- tápellátás: 24 V DC;

Méretetek:

- az árboc kitolhatósága: 5–16 méter;
- az árboc tárolási magassága: 1,5–2,4 méter;
- az árboc külső átmérője: 196–456 mm.

Minőségbiztosítás:

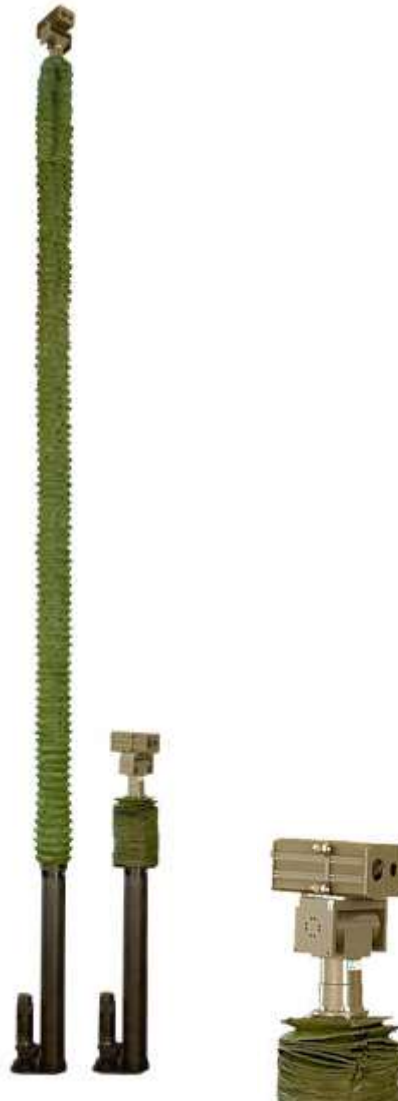
- ISO 9001: 2008 – AQAP 2110 jóváhagyott minőségirányítási rendszer.

Környezeti adatok:

- működési hőmérséklet: -40°C és $+70^{\circ}\text{C}$;
- tárolási hőmérséklet: -55°C és $+70^{\circ}\text{C}$.

Választható lehetőségek:

- árboc hasznos teher szintező berendezés;
- az árboc / hasznos teher ballisztikai védelme.



4. ábra Kistömegű árboc²³

5. ábra Optikai eszköz²⁰

Az FSDS rendszer széles skáláját kínálja az olyan kitolható és visszahúzható elektromos meghajtású teleszkópos árbocoknak, melyek kis tömegűek, megbízható, stabil működésűek és kiválóan alkalmasak katonai célú felderítési, megfigyelési feladatokhoz szükséges eszközök, berendezések rögzítésére, mozgatására stb. Kialakítás szempontjából megkülönböztetünk helyhez kötött és mobil telepítésű berendezéseket, rendszereket.

Tulajdonságok:

Általános jellemzők:

- az árbocok száma: 5;

²¹ Forrás: <http://www.f-sds.com/military-light-weight-masts.aspx>, 2015.01.16.

²² Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 2015.01.19.

²³ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/lwm.pdf>, 1. oldal, 2015.01.20.

- az árboc kitolási és visszahúzási ideje: 20 s;
- elektromos vagy kézi működtetésű;
- hasznos teher: 20 kg;
- az árboc tömeg kamera nélkül: 40 kg;
- tápellátás: 24 V DC.

Méretetek:

- az árboc kitolhatósága: 6 m;
- mozgási tartomány: 4,5 méter;
- tárolási magasság: 1,5 méter;
- külső átmérő: 130 mm;
- helyigény: 400 × 250 mm-es.
- környezeti adatok:
- működési hőmérséklet: -40°C és $+70^{\circ}\text{C}$;
- tárolási hőmérséklet: -55°C és $+70^{\circ}\text{C}$.

Típus	LWM 60-5.0-1.0	LWM 60-5.9-1.4	LWM 50-8.2-1.6	LWM 40-11.2-1.9	LWM 30-16.0-2.4
Hasznos terhelés	60 kg	60 kg	50 kg	40 kg	30 kg
Emelési magasság	5,0 m	5,9 m	8,2 m	11,2 m	16,0 m
Összezárt magasság	1,0 m	1,4 m	1,6 m	1,9 m	2,4
Emelési idő a maximális magasságig	15 s	17 s	25 s	30 s	45 s
Az árboc tömege	60 kg	60 kg	70 kg	120 kg	170 kg
Mozgékonyosság	1 m	1 m	1 m	2 m	3 m

1. táblázat Kis tömegű árbocok típusai, fontosabb adatai²⁴



6. ábra Helyhez kötött kistömegű emelhető árboc²⁵



7. ábra Mobil kistömegű emelhető árboc²⁶

Kis tömegű árbocok jellemzői az 5–16 méteres emelési magasság és a maximum 60 kg hasznos teher emelése.

²⁴ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 2. oldal. 2015.01.16.

²⁵ Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 12. oldal. 2015.01.19.

²⁶ Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 36. oldal. 2015.01.19.

Emelhető árbocú platformok katonai célokra^{27,28,29}

A Falck Schmidt Defence Systems széleskörű tervezési ismeretekkel gyárt kompozit anyagból készült árbocokat katonai felhasználásra is. A katonai igényeknek megfelelően az FSDS képes akár kistömegű vagy magas mobilitású árbocok, továbbá emelhető árboc platformok előállítására, amelyek holtjátéka kicsi, szabadalmaztatott elektromos és kézi meghajtással rendelkeznek, nagyon stabilak és karbantartási igényük nagyon alacsony. A változó igények kielégítésére a jelenleg gyártott és szállított árbocok emelési magassága 0,5–20 méter és a hasznos teher tömege elérheti akár a 2 tonnát is.

A katonai célú Falck Schmidt emelhető árboc platform legfontosabb jellemzői, kialakítási és alkalmazási formái az alábbiak.

Jellemzői:

- mozgathatóság felemelt árboccal;
- belső kábelezés/kábelkötegelés;
- elektromos hajtás, tartalék kézi működtetéssel;
- rövid telepítési idő;
- kis tömeg;
- külső/belső/toronyra/tetőre szerelhetőség.



8. ábra Felderítő-, megfigyelő rendszer gumikerekes harcjárművön³⁰



9. ábra Távirányítású fegyverrendszer lánctalpas harcjárművön³¹

²⁷ Forrás: <http://www.f-sds.com/military-elevated-mast-platform.aspx>, 2015.01.16.

²⁸ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/EMP.pdf>, 2015.01.16.

²⁹ Forrás: ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 2015.01.19.

³⁰ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/EMP.pdf>, 1. oldal. 2015.01.16.

³¹ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 1. oldal. 2015.01.16.

Tulajdonságok:

Általános jellemzők:

- az összes elektromos hajtás alacsony energiafogyasztású;
- tartalék kézi működtetés (kitolás és visszahúzás);
- belső kábelkötegelés mind az árboc mind a hasznos teher részére;
- nagy teherbírású árboc, a hasznos teher akár 250 kg-ig (Egyedi tervezéssel akár 1500 kg-ig);
- alacsony holtjáték (visszahatás);
- korlátlan mobilitás behúzott árboccal;
- végtelen emelési lehetőség változó magasságba;
- intelligens vezérlési rendszer számítógépes csatlakozási lehetőséggel;
- nagy megbízhatóság;
- teljesítmény: névleges 28 V DC, MIL-STD-1275A kompatibilis;
- emelési magasság: kb. 5 m;
- tárolási magasság: kb. 1,5 m;
- tömeg kb. 220 kg, beleértve a kábelköteget és hajtásrendszert is;

Felhasználói előnyök:

- nem kell eltávolítani az árboc rakományát mozgás előtt;
- nem kell elhagyni a járművet a telepítés során;
- rövid telepítési idő: a teljes magasság elérése 15 másodperc;

Környezeti adatok:

- működési hőmérséklet: -40°C és $+70^{\circ}\text{C}$;
- tárolási hőmérséklet: -55°C és $+70^{\circ}\text{C}$.

Választható lehetőségek:

- árboc hasznos teherszintező berendezés;
- Az árboc/hasznos teher ballisztikai védelme.

Minőségbiztosítás:

- ISO 9001: 2008 – AQAP 2110 jóváhagyott minőségirányítási rendszer.



10. ábra Figyelés a fák fölött³²



11. ábra Rejtett figyelés végrehajtása³³

³² Forrás: <http://www.f-sds.com/download/fsds%20company%20overview.pdf>, 5. oldal. 2015.01.16.

³³ Forrás: A szerzők által kivágott képkocka a <https://www.youtube.com/watch?v=XeRpirWaymU> videóból. 2015.01.16.



Típus	HMM 90-4.6-1.0	HMM 90-6.3-1.4	HMM 90-8.5-1.6	HMM 90-11.0-1.8	HMM 90-15.0-2.4
Hasznos terhelés	90 kg	90 kg	90 kg	90 kg	90 kg
Emelési magasság	4,6 m	6,3 m	8,5 m	11,0 m	15,0 m
Összezárt magasság	1,0 m	1,4 m	1,6 m	1,8 m	2,4 m
Emelési idő a maximális magasságig	15 s	18 s	25 s	32 s	45 s
Az árboc tömege	125 kg	125 kg	160 kg	190 kg	210 kg
Sebesség első- / másodrendű utakon	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h

2. táblázat A nagy mozgékonyaságú árbocok típusai, fontosabb adatai³⁴

A nagy mozgékonyaságú árbocok jellemzői a 4,5–15 méter emelési magasság és maximum 90 kg hasznos teher emelése.

Típus	EMP 400-2.4-0.9	EMP 400-4.0-1.1	EMP 400-6.0-1.3	EMP 300-8.0-1.5	EMP 300-11.0-1.9
Hasznos terhelés	400 kg	400 kg	400 kg	300 kg	300 kg
Emelési magasság	2,4 m	4 m	6 m	8 m	11 m
Összezárt magasság	0,9 m	1,1 m	1,3 m	1,5 m	1,9 m
Emelési idő a maximális magasságig	6 s	10 s	17 s	20 s	30 s
Az árboc tömege	150 kg	190 kg	240 kg	280 kg	340 kg
Sebesség első- / másodrendű utakon	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h

3. táblázat A megemelhető árboc platform típusai, fontosabb adatai³⁵

A megemelhető árboc platform jellemzői a 2–11 méter emelési magasság és a maximum 400 kg hasznos teher emelési képesség.

A kialakított rendszereket elsőként a dán hadseregben a PIRANHA III gumikerekes és a speciálisan kialakított M113-as lánctalpas harcjárművekre szerelték fel. A afganisztáni hadszíntéren szinte napi rendszerességgel használják az emelhető árboc platformra szerelt speciális elektromos hadviselési rendszert.

³⁴ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 2. oldal. 2015.01.16.

³⁵ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 2. oldal. 2015.01.16.



12. ábra Emelhető árboc platformra szerelt elektronikai hadviselési rendszer³⁶

A HESCO ELEMEK NÉHÁNY ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGE A LÉGIERŐ ÉLETKÉPESSÉGÉNEK FOKOZÁSA ÉRDEKÉBEN

A Falck Schmidt Defence Systems (FSDS) védelmi rendszer alaprendeltetésének, fajtáinak és műszaki jellemzőinek ismertetése után a légielő életképességének, (működőképességének) fokozása érdekében a HESCO elemek néhány alkalmazási lehetőségét mutatjuk be teljesség igénye nélkül, mivel ezek alkalmazási lehetősége és területe szinte kimeríthetetlen.

„Gyorsan telepíthető hadszíntéri készlet” (Rapid in-theatre deployment – RAID)³⁷,

A repülőterek védelme során az egyik kiemelten fontos feladat a repülőterre történő illegális bejutás megakadályozása. Ez rendszerint a repülőter területének körbekerítésével és beléptető rendszerek kialakításával valósítható meg.

A körbekerítés egyik eszköze lehet a HESCO cég által kifejlesztett „Gyorsan telepíthető hadszíntéri készlet” (Rapid in-theatre deployment – RAID), amely több méretben áll rendelkezésre.

Típus	Magasság	Szélesség	Hosszúság
RAID szabvány változat			
RAID 7 H	2,21 m	2,14 m	333 m
RAID 7	2,21 m	2,14 m	237 m
RAID 10	2,21 m	1,52 m	224 m
RAID 12	2,14 m	1,06 m	321 m
RAID újra felhasználható változat			
RAID 7 RH	2,21 m	2,14 m	333 m
RAID 7 R	2,21 m	2,14 m	237 m
RAID 10 R	2,21 m	1,52 m	224 m
RAID 12R	2,14 m	1,06 m	321 m

4. táblázat A RAID főbb típusai, jellemzői³⁸

³⁶ Forrás: <http://www.f-sds.com/download/EMP.pdf>, 1. oldal. 2015.01.16.

³⁷ Forrás: <http://blaythorne-equipment.co.uk/hesco-raid.html>, Blaythorne_RAID_Leaflet.pdf, 2011.12.13.

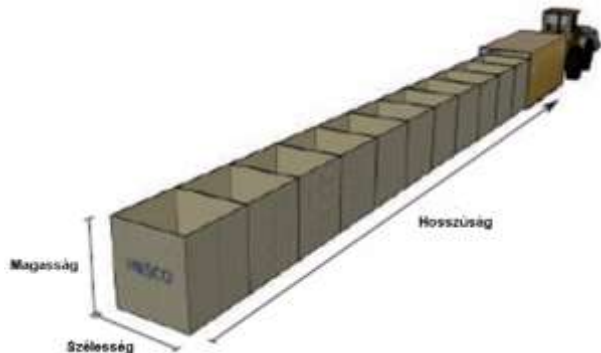
³⁸ Forrás: <http://hesco.com/products/rapid-deployment/raid-rapid-deployment-system>, 2014.11.15.

A „H” jelzés az adott típus nehéz változatát jelenti (RAID 7 H, RAID 7 RH), melynek szállítási tömege megközelítőleg 14 tonna.

A gyorsan telepíthető hadszíntéri készlet (RAID) főbb típusainak közös jellemzője, hogy a már rendszeresített és széles körben használt szabványos HESCO építőelemeket alkalmazza – Mil 7, Mil 10 és MIL 12 típusú –, újra felhasználható változatban, melyek egy speciálisan kialakított 20 lábás ISO konténerben kerültek elhelyezésre. A konténer szabványos gépkocsival szállítható, telepíthető, de szükség esetén a készlet telepítése harcjárművel is végrehajtható, így szállítótér igényük minimális.



13. ábra RAID készletek konténerben³⁹



14. ábra A RAID készletek méretei³⁵

A RAID 7 készletből, melynek alapja a Mil 7 típusú HESCO építőelem, 2,13 m vastag, 2,21 m magas és 333 m hosszú fal alakítható ki.



15. ábra A RAID készlet telepítése³⁵



16. ábra A RAID készlet telepítése³⁵

³⁹ Szabó Sándor–Kovács Tibor: Új HESCO építmények. Műszaki Katonai Közlöny, 2012. XXII. évfolyam, 2. szám. 33. oldal. Url: <http://hkh.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012szeptember/2012.2szam%20ossz.pdf>, 2014.11.22.



Adatok	RAID 7/RAID 7 H	RAID 10	RAID 12
Telepítési hossza	333/337 m	224 m	321 m
A fal vastagsága	2,14/2,14 m	1,52m	1,06 m
A fal magassága	2,21/2,21 m	2,21 m	2,21 m
A részelem hossza	27,74 m (5+4+4 db elem)	30,5 m (5+5+5+5 db elem)	33 m (5+5+5+5+5+5 db elem)
A töltőanyag mennyisége ⁴⁰	~ 1500–1600 m ³	~ 700–800 m ³	~ 700–800 m ³
Bruttó tömege	~ 10/14 t	~ 10 t	~ 10 t
Ívben történő telepíthetőség	Igen	Igen	Igen
Sarok (derékszögű) csatlakoztathatóság	Igen	Igen	Igen
Rövidíthetőség	Igen	Igen	Igen
Hosszabbíthatóság	Igen	Igen	Igen
Szélesíthetőség	Igen	Igen	Igen
Készletezve	Konténerben	Konténerben	Konténerben

5. táblázat A RAID készletek főbb jellemzői^{41,42,43}

A RAID 10 készletből, melynek alapja a Mil 10 típusú HESCO építőelem, 1,52 m vastag, 2,21 m magas és 224 m hosszú, a RAID 12 készletből viszont, melynek alapja a Mil 12 típusú HESCO építőelem, 1,06 m vastag, 2,21 m magas és 321 m hosszú „fal” építhető. A RAID 12 készletben a HESCO építőelemek két sorban kerültek elhelyezésre. Telepítésük rövid időt vesz igénybe, néhány perc alatt végrehajtható. A RAID készletek alkalmazásának előnye, hogy a készlet a telepítést követően azonnal csökkenti a védett objektumra történő közvetlen rálátást, minimális a telepítés kézimunka erőigénye, továbbá a tároló konténer a RAID készletek telepítése után egyéb célra is felhasználható. A HESCO elemek feltöltése után igen masszív kerítést kapunk, amely rendkívül ellenálló, valamint a telepített RAID készletek akadályjellege a HESCO elemek tetejére helyezett szögesdrótakadályokkal tovább növelhető.⁴⁴

A 2012-es sorozatú Mil elemek, amikor már nincs rájuk szükség, könnyen eltávolíthatók a telepítési helyükről, valamint megbízhatóan mentesíthetők, ártalmatlaníthatók, továbbá tárolhatók vagy újra felhasználhatók.

HESCO elemek alkalmazhatósága a repülőeszközök védelmére

A repülőtereken megszámlálhatatlan eszköz, berendezés, objektum védelme szükséges az ellenséges támadásokkal szemben. Ezek közül talán az egyik legfontosabb feladat a repülőeszközök – repülőgépek, helikopterek – védelme. Ezek az eszközök a szárazföldön igen sérülékenyek, védelmük megkülönböztetett figyelmet igényel. A műszaki rendszabályok közül leghatékonyabbak az erődítési és álcázási megoldások. Ezek közül mutatunk be néhány lehetőséget, melyek eredményesen járulhatnak hozzá életképesség megőrzéséhez.

⁴⁰ A töltőanyag mennyiségét meghatározza a töltőanyag állaga (száraz, nedves), szemcsenagysága, a tömörítés mértéke, valamint a HESCO elemek „hasasodása” a tömörítés hatására.

⁴¹ Forrás: HESCO Construction Guide for Engineers. Version 2. Basic construction guidelines p. 2.25 HESCO Bastion Ltd. Leeds, United Kingdom. 2011. URL: <http://www.ktsav.com/katalog/Construction%20Guide%20v2%20LR.pdf>, 2010.04.03.

⁴² Forrás: HESCO Bastion Concertainer Technical Information. HESCO Military Products Ltd, London 2005. p. 4. URL: <http://www.ktsav.com/katalog/5/kat.pdf>, 2010.04.03.

⁴³ Forrás: http://www.hesco.com/sites/default/files/downloads/HESCO_MIL_R_Techsheets_24_10_13.pdf, 2014.06.24.

⁴⁴ Forrás: Padányi József: Újszerű műszaki eszközök a békefenntartásban. Haditechnika, 2001/4. 16. oldal.

A repülőeszközök legnagyobb veszélynek a szárazföldön a biztonságos tároló helyek – hangárok – elhagyása után vannak kitéve. Művelési területen az alkalmazott repülőeszközök számához képest rendszerint nem is áll rendelkezésre kellő számú védelmi építmény, hangár, ezért legtöbb esetben a repülőeszközök a szabadban kerülnek elhelyezésre.



17. ábra Merevszárnyúak az ég alatt⁴⁵



18. ábra Forgószárnyasok „fedetlenül”⁴⁶

Az ilyen típusú elhelyezés egy támadás, vagy egy véletlen tűz, robbanás esetén beláthatatlan következményekkel jár. Ezek elkerülése és megelőzése érdekében a szabályzataink egy sor rendszabály betartását írják elő. Ilyen kötelezően betartandó előírás a szabadban tárolt repülőeszközök közötti minimális távolság meghatározása és betartása, vagy védőfalak létesítésének követelményei, a védőfalak közötti tárolás szabályai. A szükséges védelem biztosítása érdekében meghatározzák a különböző támadófegyverekre vonatkozóan az egyes védőfalak védelmi képességeit, valamint a felhasznált és alkalmazott anyagok függvényében a védelmi falak minimálisan elvárt vastagságát úgy, hogy azok legyenek képesek az egyes fegyverek repeszhatásainak ellenállni. Az alábbi táblázat néhány lőszerre és légibombára vonatkozóan bemutatja a repeszhatás elleni védelemhez szükséges, különböző anyagokból épült falvastagságokat.

Az anyagok vastagsági követelményei a repeszvédelem érdekében							
Anyag	Nagy robbanóerejű lőszeres és rakéták			Általános rendeltetésű bombák			
	75 mm	105 mm	155 mm	45 kg	120 kg	225 kg	450 kg
Falak							
Tégla falazat (cm)	10,16	15,24	20,32	20,32	25,4	33,02	43,18
Normál beton (cm)	10,16	12,7	15,24	20,32	25,4	38,1	45,72
Vasbeton (cm)	7,62	10,16	12,7	17,78	22,86	30,48	38,1
Fűrészelt faanyagok (cm)	20,32	25,4	35,56	38,1	45,72	60,96	76,2
Zsaluzat közé ömlesztett anyagok							
Tégla törmelék (cm)	22,86	25,4	30,48	45,72	60,96	71,12	76,2
Kavics, kis kövek (cm)	22,86	25,4	30,48	45,72	60,96	71,12	76,2
Föld (cm)	38,1	45,72	60,96	60,96	76,2	-	-
Homokzsákok megtöltve							
Tégla törmelékkel (cm)	25,4	25,4	50,8	50,8	50,8	76,2	101,6
Kavicssal, kis kövekkel (cm)	25,4	25,4	50,8	50,8	50,8	76,2	101,6
Homokkal (cm)	25,4	25,4	50,8	76,2	76,2	101,6	101,6
Földdel (cm)	50,8	50,8	76,2	76,2	101,6	101,6	127
Mellvédek							
Homok (cm)	30,48	45,72	60,6	60,96	91,44	91,44	121,92
Föld (cm)	60,96	91,44	121,92	91,44	121,92	152,4	-

6. táblázat A különböző anyagok védővastagsága repeszhatás ellen⁴⁷

⁴⁵ Forrás: <http://static.theglobeandmail.ca/e30/incoming/article20958546.ece/ALTERNATES/w220/cf-18.JPG>, 2015.01.21.

⁴⁶ Forrás: http://www.worldwide-military.com/Military%20Heli's/Attack%20heli%20plaatjes/Groot/Apache_3.jpg, 2015.01.21.

⁴⁷ Forrás: FM 5-430-00-2/AFJPAM 32-8013, Vol II Planning and design of roads, airfields, heliports in the

Megjegyzés: A számok a száraz anyagokra vonatkoznak. Ha nedves anyagot használunk, dupla méretekkkel kell számolni.



19. ábra Merevszárnyú repülőeszközök állóhelyei elválasztó biztonsági fallal⁴⁸

A repülőeszközök állóhelyein HESCO elemek alkalmazásával nagyon rövid idő alatt kialakíthatók az eszközök védelmét szolgáló elválasztó biztonsági falak vagy az eszközök fedezékei.

Természetesen a fenti hagyományos HESCO elemeken kívül még számtalan más anyag is felhasználható védelmi falak építésére.⁴⁹ Hadszíntéri alkalmazás esetén kézenfekvő megoldás a HESCO MIL gyorstelepítésű építőelemek használata, amelyek gyakorlati használhatósága már bizonyított, szabványos és újra felhasználható kivitelben már elérhetők, beszerezhetők 0,6–2,21 m magasságig. A hagyományos és az újra felhasználható elemek méretei megegyeznek. Az „R” betű az újra felhasználható elemek jelzése.

Termék	Magasság	Szélesség	Hosszúság
MIL1 5442 R	1,37 m	1,06 m	10 m
MIL2 2424 R	0,61 m	0,61 m	1,22 m
MIL3 3939 R	1,00 m	1,00 m	10 m
MIL4 3960 R	1,00 m	1,52 m	10 m
MIL5 2424 R	0,61 m	0,61 m	3,05 m
MIL6 6624 R	1,68 m	0,61 m	3,05 m
MIL7 8784 R	2,21 m	2,13 m	27,74 m
MIL8 5448 R	1,37 m	1,22 m	10 m
MIL9 3930 R	1,00 m	0,76 m	9,14 m
MIL10 8760 R	2,21 m	1,52 m	30,50 m
MIL11 4812 R	1,22 m	0,30 m	1,22 m
MIL12 8442 R	2,13 m	1,06 m	33 m

7. táblázat Az újra felhasználható elemek főbb méretei⁵⁰

A védelem jellegétől függően a különböző erődítési építmények mérete és védelmi képessége eltérő lehet, ezért más-más formában és módon kerülnek kialakításra. Az „FM 5-430-00-2/AFJPM 32-8013, Vol II. Planning and design of roads, airfields, heliports in the theater of operations – airfields and heliports design” három védelmi szintet különböztet meg.

theater of operations – airfields and heliports design. Headquarters Department of the Army Department of the Air Force, Washington, DC, 1994. Fortifications for Parked Army Aircraft 14-2 oldal, 14-1 táblázat alapján. Url: http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/fm5_430_00_2.pdf, 2012.02.05.

⁴⁸ Forrás: <http://www.ausairpower.net/ADF/Revetments-DF-ST-86-09158-1S.jpg>, 2015.01.23.

⁴⁹ Lásd részletesebben: Kovács Zoltán: Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen. Repüléstudományi Közlemények XXVI. évfolyam 2. szám. 2014. 106–113. oldal.

⁵⁰ Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.hesco.com/recoverable-units> oldali táblázat alapján. 2014.11.15.

Részleges védelem: az erődítési építmény kialakítása és méretei lehetővé teszik az erődítési építményből a helikopterek biztonságos fel- és leszállását, ugyanakkor a motortér védtelen. A merevszárnyú repülőgépek geometriai méretei viszont megadják az erődítési építmény minimális méreteit.

Fokozott védelem: A fokozott védelmet biztosító falak méretei úgy vannak meghatározva, hogy azok az elérhető maximális védelem biztosítása mellett a munkaerő és anyagi eszközök legtakarékosabb felhasználása mellett épüljenek, továbbá védjék a repülőeszközöket és azok kiszolgáló rendszereit, de megengedhető, hogy a helikopterek rotor lapátjai a fal fölé emelkedjenek.

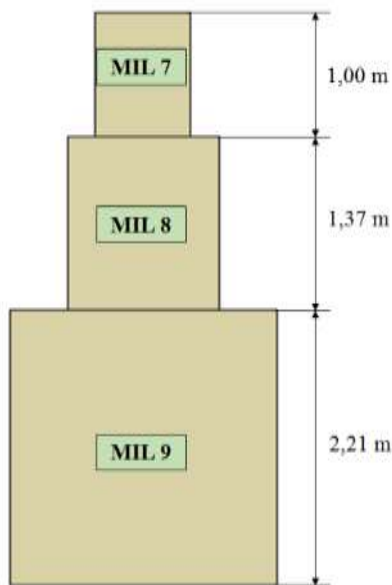
Teljes körű védelem: A védelmi falak méreteit úgy kell meghatározni és azokat megépíteni, hogy teljesen körülvegyék a légi járművet, biztosítsák annak teljes védelmét. Bár a helikopterek rotorjainak lapátjai a védőfalon belül vannak, a szélességi méreteket a fokozott védelemnél megadottak szerint ajánlott kialakítani. Az alábbi táblázat néhány repülőeszköz erődítési építményeinek méreteit mutatja be.

A légi jármű típusa (teherbírása)	Részleges védelem			Fokozott védelem			Teljes védelem		
	Szélesség	Magasság	Hosszúság	Szélesség	Magasság	Hosszúság	Szélesség	Magasság	Hosszúság
Megfigyelő helikopter (pilóta és megfigyelő)	6,09	1,21	12,19	6,09	2,13	12,19	14,02	3,96	13,71
Többrendeltetésű / támadó helikopter (2 fős személyzet, akár 1295 kg hasznos teher)	7,62	1,67	15,24	7,62	2,74	15,85	17,67	4,87	20,72
Szállító helikopter (4 fős személyzet, akár 10 tonna hasznos teher)	10,66	3,35	24,38	10,66	5,18	27,43	24,99	5,79	27,43
Merevszárnyú megfigyelő, többrendeltetésű, kutató, kiképző	20,11	3,65	15,24	-	-	-	20,72	4,57	15,85
VTOL / STOL	9,14	3,35	18,28	-	-	-	-	-	-

8. táblázat Az egyes repülőeszközök erődítési építményeinek méretei⁵¹

A repülőeszközök védelmére a gyakorlatban jól alkalmazható, HESCO MIL 7, MIL 8 és MIL 9 elemekből épült védőfalak kerültek kialakításra, amelyek rövid idő alatt megépíthetők. Erre jó példák az alábbiak.

⁵¹ Forrás: FM 5-430-00-2/AFJPAM 32-8013, Vol II. Planning and design of roads, airfields, heliports in the theater of operations – airfields and heliports design. Headquarters Department of the Army Department of the Air Force, Washington, DC, 1994. Fortifications for Parked Army Aircraft 14-13 oldal, 14-4 táblázat alapján. Url: http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/fm5_430_00_2.pdf, 2012.02.05.



20. ábra HESCO védőfal kialakítása repülőeszközök részére⁵²

21. ábra A HESCO MIL 7, MIL 8 és MIL 9 elemekből épített védőfal repülőeszköz részére⁵³

Ezek kiválóan ellenállnak a különböző kaliberű fegyverek tüzeinek, a repszhatásoknak, valamint a robbanás során keletkező lökőhullámok hatásainak is.



22. ábra Helikopterek HESCO fedezékben⁵⁴

Természetesen a bemutatott megoldásokon és a felhasznált anyagokon kívül még számtalan megoldás létezik, melyeket eredményesen használnak a légierő csapatai életképességének megőrzése érdekében. A szerzők a bemutatott példákkal a figyelmet kívánták ráirányítani a kérdés fontosságára.

⁵² Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a HESCO Construction Guide for Engineers. Version 2. Design of Concertainer structures. p. 3.24. oldali ábra alapján. HESCO Bastion Ltd. Leeds, United Kingdom. 2011. Url: <http://www.ktssav.com/katalog/Construction%20Guide%20v2%20LR.pdf>, 2010.04.03.

⁵³ Forrás: HESCO Bastion Concertainer Technical Information. Annex C, p. 28. HESCO Military Products Ltd, London 2005. Url: <http://www.ktssav.com/katalog/5/kat.pdf>, 2010.04.03.

⁵⁴ Forrás: http://www.militarysystems-tech.com/files/militarysystems/imagecache/gallery_main/supplier_images/hesco-defensive-earth-filled-barriers-l_0.jpg, 2015.01.23.

A háborús példák sokasága bizonyítja, hogy a repülőterek és létesítményei minden esetben kiemelt célpontot jelentettek a szemben álló felek részére. A repülőterek megléte vagy megsemmisülése alapvetően befolyásolták egy-egy művelet sikeres végrehajtását. A katonai vezetés minden esetben kiemelt figyelmet fordított a repülőterek védelmére, azok életképességének megőrzésére és fenntartására. A szerzők a kérdés fontosságára való tekintettel – a teljesség igénye nélkül – bemutattak néhány megoldást, technikai eszközt, melyek eredményesen járulhatnak hozzá a légierő FORCE PROTECTION képességének növeléséhez.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KOVÁCS TIBOR: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. *Hadtudomány* 2004/1. 114–122. oldal. Url: <http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2004/1/11kovacs/Chapter1.htm>, 2015.01.16.
- [2] KOVÁCS TIBOR–FAA JÓZSEF: A „FORCE PROTECTION” – feladatok tartalma, tervezése, végrehajtása az állampolgárok érdekében folytatott bűnmegelőző tevékenység során. *Műszaki Katonai Közlöny* 2004/1-4. szám, 75–89. oldal.
- [3] KOVÁCS ZOLTÁN: Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen. *Repüléstudományi Közlemények* XXVI. évfolyam 2. szám. 2014. 106–113. oldal. Url: <http://www.repulestudomany.hu/>, 2014.12.12.
- [4] OROSZ ZOLTÁN: A helikopterek katonai alkalmazásának lehetőségei és a katonai alkalmazás valósága Magyarországon. *Repüléstudományi Közlemények* 17. évfolyam, Különszám. pp. 1–11. 2005. Url: http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/orosz_zoltan.pdf, 1. oldal. 2009.02.06.
- [5] PADÁNYI JÓZSEF: Újszerű műszaki eszközök a békefenntartásban. *Haditechnika*, 2001/4. 16. oldal.
- [6] SZABÓ SÁNDOR–KOVÁCS TIBOR: Új HESCO építmények. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2012. XXII. évfolyam, 2. szám. 33. oldal. Url: <http://hbk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012september/2012.2szam%20ossz.pdf>, 2014.11.22.
- [7] FM 5-430-00-2/AFJPAM 32-8013, VOL II PLANNING AND DESIGN OF ROADS, AIRFIELDS, HELIPORTS IN THE THEATER OF OPERATIONS – AIRFIELDS AND HELIPORTS DESIGN. Headquarters Department of the Army Department of the Air Force, Washington, DC, 1994. Url: http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/fm5_430_00_2.pdf, 2012.02.05.
- [8] HADTUDOMÁNYI LEXIKON: Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995, ISBN 963 04 5226 X, 1191. oldal.
- [9] HESCO BASTION CONCERTAINER TECHNICAL INFORMATION. HESCO Military Products Ltd, London 2005. Url: <http://www.ktssav.com/katalog/5/kat.pdf>, 2010.04.03.
- [10] HESCO CONSTRUCTION GUIDE FOR ENGINEERS. VERSION 2. HESCO Bastion Ltd. Leeds, United Kingdom. 2011. Url: <http://www.ktssav.com/katalog/Construction%20Guide%20v%20LR.pdf>, 2010.04.03.
- [11] ftp://port119.ds1-hi.adsl.cybercity.dk/ftp-server/Henryk/AMW_Navy%20Shipyard/Falck%20Schmidt/FSDS%20presentation.pdf, 2015.01.19.
- [12] <http://blaythorne-equipment.co.uk/hesco-raid.html>, [Blaythorne_RAID_Leaflet.pdf](#), 2011.12.13.
- [13] <http://hesco.com/products/rapid-deployment/raid-rapid-deployment-system>, 2014.11.15.
- [14] <http://static.theglobeandmail.ca/e30/incoming/article20958546.ece/ALTERNATES/w220/cf-18.JPG>, 2015.01.21.
- [15] <http://www.ausairpower.net/ADF/Revetments-DF-ST-86-09158-1S.jpg>, 2015.01.23.
- [16] <http://www.f-sds.com/container-based-military-force-protection-system.aspx>, 2015.01.16.
- [17] <http://www.f-sds.com/download/Electrical%20driven%20telescopic%20masts%20solutions%20140513.pdf>, 2015.01.16.
- [18] <http://www.f-sds.com/download/EMP.pdf>, 2015.01.16.
- [19] <http://www.f-sds.com/download/FPS.pdf>, 2015.01.16.
- [20] <http://www.f-sds.com/download/flds%20company%20overview.pdf>, 2015.01.16.
- [21] <http://www.f-sds.com/download/lwm.pdf>, 2015.01.20.
- [22] <http://www.f-sds.com/military-elevated-mast-platform.aspx>, 2015.01.16.



-
- [23] <http://www.f-sds.com/military-light-weight-masts.aspx>, 2015.01.16.
- [24] <http://www.f-sds.com/military-standard-masts.aspx>, 2015.01.16
- [25] <http://www.hesco.com/recoverable-units>, 2014.11.15.
- [26] http://www.hesco.com/sites/default/files/downloads/HESCO_MIL_R_Techsheets_24_10_13.pdf, 2014.06.24.
- [27] http://www.militarysystems-tech.com/files/militarysystems/imagecache/gallery_main/supplier_images/hesco-defensive-earth-filled-barriers-l_0.jpg, 2015.01.23.
- [28] http://www.worldwide-military.com/Military%20Heli's/Attack%20heli%20plaatjes/Groot/Apache_3.jpg, 2015.01.21.
- [29] <https://www.youtube.com/watch?v=XeRpirWaymU> videó. 2015.01.16.

Korponai János¹ – Bányainé Tóth Ágota² – Illés Béla³

KÖZÚTI ÉS LÉGI KOMBINÁLT FUVARÓZÁS KÖZÖTTI VÁLASZTÁS A FÖLDRAJZI ELHELYEZKEDÉS ÉS AZ ÁTFUTÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN⁴

A légi áruszállítás a repüléstörténet rövid múltja ellenére folyamatos fejlődést mutat, egyre nagyobb részesedést nyerve a polgári élet és a gazdasági szektor szereplői számára. Ez a fejlődés elsősorban a különleges kezelést igénylő fuvarozási feladatokra adott széles körű megoldásoknak köszönhető. A légi és kombinált légi szállítás jellemzően nagy távolságokra történő gyors szállítások lebonyolítására nyújt alternatívát. A légi fuvarozás többnyire magas költségszint mellett és földrajzi korlátozások között valósítható meg, ugyanakkor sok esetben alternatíva nélküli megoldást biztosít az időkritikus szállítmányok célba juttatásához.

SELECTION BETWEEN ROAD TRANSPORT AND COMBINED AIR FREIGHT IN VIEW OF LOCATION AND LEAD TIME

Despite the short history of aviation, air freight shipment shows continuous development, obtaining more and more area for the members of civil sphere and economic sector. First of all this development is continuous owing to the wide range of solutions given for the shipments which require special treatment/handling. Air and combined air freight shipment serves as an alternative mainly for long distances and prompt deliveries. Air shipment is feasible besides high cost levels and geographical restrictions, at the same time in several cases it serves as a sole solution for the in-time delivery of time-critical shipments.

LÉGI FUVARÓZÁS TÉRHÓDÍTÁSA

A légi fuvarozás magába foglalja mind az áruk légi szállítását (Cargo, postai küldemények, stb.), mind a légi személyszállítással összefüggő tevékenységek összességét. A légi közlekedés személyek és áruk légi úton történő biztonságos, többségében menetrendszerű szállítását jelenti a légitforgalmi szolgálat, mint ellenőrző és irányító rendszer felügyeletének biztosítása mellett [1].

Az áru fuvarozás különböző megvalósulási formái közül a légi fuvarozás rendelkezik a legrövidebb múlttal. A legelső légi szállításra mintegy 100 éve került sor, ugyanakkor a civil piaci szereplők számára csak az 1960-as évekre vált szélesebb körben elérhetővé. A fejlődés napjainkig töretlen, egyre nagyobb teret hódít a gazdaság minden szegmensét érintve.

A teljes fuvarozási volumenből való térnyerése elsősorban a termelés nemzetközivé válásának, a beszerzési és elosztási piacok globalizálódásának és a gazdasági élet felgyorsulásának tudható be. Ehhez szükség volt a technika rohamos fejlődésére is, melynek köszönhetően elérhetővé vált a polgári repülés és a civil gazdasági szereplők számára úgy földrajzi értelemben, mint a költségek tekintetében [3].

¹ doktorandusz, Miskolci Egyetem, janos.korponai@gmail.com

² egyetemi docens, Miskolci Egyetem, altagota@uni-miskolc.hu

³ intézetigazgató egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, altilles@uni-miskolc.hu

⁴ Lektorálta: Dr. Palik Mátyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, palik.matyas@uni-nke.hu



A légi fuvarozás bővülésével járó logisztikai szolgáltatások fejlődése (készletcsökkentés, rövidebb átfutási idők) tovább növelte a légi fuvarozás iránti érdeklődést.

LÉGI SZÁLLÍTÁSOK JELLEMZŐI

A légi áruszállítás igénybevétele alapvetően két tényezőre vezethető vissza. Az elsődleges ok a gazdaságos szállításban keresendő, azaz az adott áru legkedvezőbb szállítási módozattal történő célba juttatása légi áruszállítás igénybevételével biztosítható.

A gazdaságosság mellett azonban másik tényezőként meg kell említeni, hogy bizonyos szállítási feladatok lebonyolítására nem rendelkezünk más alternatívával, így a költségérzékenység ezekben az esetekben háttérbe szorul. Ilyen fuvarfeladatok jellemzően:

- időkritikus szállítmányok (gyógyszerek, vérkészítmények, gyorsan romló áruk);
- elzárt földrajzi terület, lakatlan vagy infrastrukturálisan ki nem épített területek;
- tárgyak magasba emelése és pozicionálása.

Légi vagy kombinált légi áruszállítást elsősorban akkor célszerű igénybe venni, ha kis mennyiségű, fajlagos tömegegységre vetítve nagy értékű árukat kell nagy távolságra, rövid határidővel eljuttatni. Leggyakrabban szállított áruk közé sorolhatók a romlandó áruk, mechanikai műszerek, nagy értékű áruk, segély és egyéb ellátmányok, katonai eszközök, valamint a sürgős szállítmányok [2][5].

Légi áruszállítás előnyei:

- a személyszállítás és az árutovábbítás legtöbbször össze van kapcsolva;
- nagy szállítási távolságok esetén viszonylag rövid az áru rendeltetési helyre juttatásának ideje;
- a többi közlekedési alágazathoz képest – a felszállást és leszállást kivéve – viszonylag kicsi az árut érő mechanikai igénybevétel, ezért kedvezőbb a csomagolás költségigénye is;
- baleseti statisztikát tekintve a legbiztonságosabb eszköznek tekinthető;
- nagy távolságot lehet vele áthidalni, illetve ki nem épített infrastruktúra mellett is megoldható légi szállítás;
- pontos árukövetést tesz lehetővé;
- előre lehet kalkulálni a tarifákat;
- nincsenek közlekedési akadályok, a menetidő pontosan meghatározható.

Légi áruszállítás hátrányai:

- a szállítási mód az áruknak csak egy bizonyos köre esetén vehető számításba;
- a szállítási határidők betartását a szélsőséges időjárási viszonyok zavarhatják;
- általában szükség van az áruk repülőtérré való fel-, illetve elfuvarozására, ebből következően szükség lehet többszöri átrakására, illetve átmeneti tárolásra, amelyek együttesen jelentős mértékben megnövelhetik az áruk rendeltetési helyre történő kiszállítását;
- a többi közlekedési alágazathoz képest a legnagyobb a szállítás fajlagos energiaigénye, ezért viszonylag magasnak tekinthetők a fuvardíjak;
- környezetvédelmi szempontból kedvezőtlen lehet a zajhatás és az emisszió;
- kisebb távolságon költségesebb és a reptéri kiszolgálási tevékenységek időráfordítása miatt nem gyorsabb a közútnál;
- jelentős mértékű beruházás szükséges a rendszer felépítéséhez és működtetéséhez;

- a „háztól házig” elv csak ritkán működik, az esetek túlnyomó többségében kombinált fuvarozási módot kell használni;
- a repülőtéri sztrájkok megbéníthatják a teljes légi forgalmat [5][6].

IDŐKRITIKUS SZÁLLÍTMÁNYOK KÖZÚTI ÉS LÉGI KOMBINÁLT FUVAROZÁSI MÓDOZATAI

Időkritikus szállítmányok esetében rendszerint csak másodlagos kérdés a felmerülő fuvar költség mértéke. Legfontosabb szempont maga a szállítás lebonyolítása, hiszen a szállítási késésből eredő következményes kár lényegesen magasabb összeg is lehet (pl.: autógyártásban a vevőnél szalagleállás miatti kötbér), illetve az esetek egy részében ezek a következmények nem is számíthatók (pl.: autógyártásban a jövőbeni rendelések kiesése, vagy szervátültetésre váró személy műtétének meghiúsulása stb.).

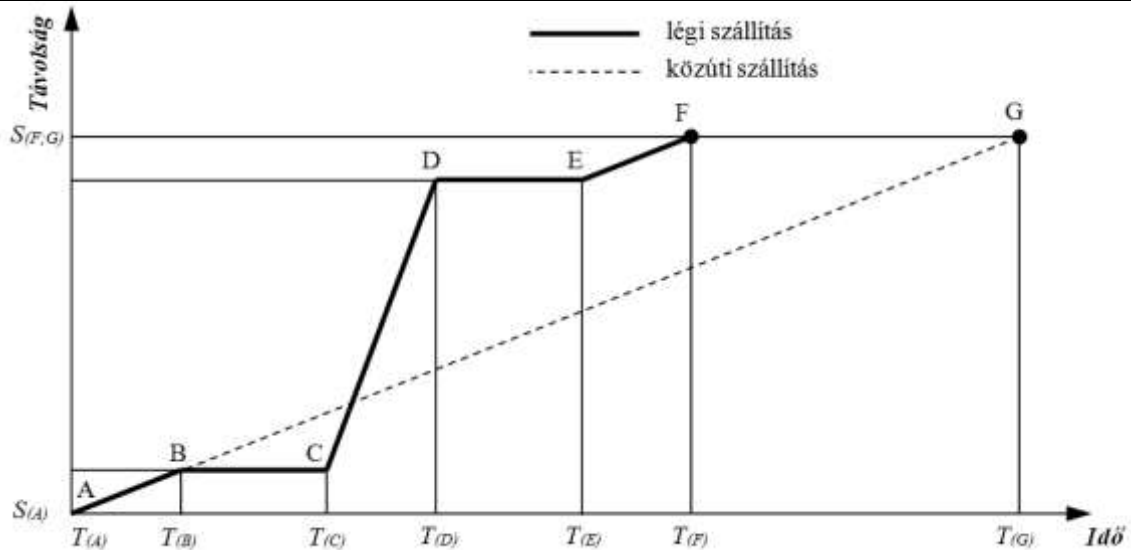
Ezekben az esetekben is meg kell vizsgálni azonban, hogy milyen más lehetőségek adódnak a szállítmány határidőre történő célba juttatására. Több szóba jöhető alternatíva esetén mérlegelni kell, hogy melyik megoldás nyújtja a megfelelő szállítási módozatot. A mérlegelés során több szempont is befolyásolja a döntést attól függően, hogy a költség vagy a szállítási határidő betartásában rejlő kockázat a nagyobb.

Költségérzékenység esetén, ha a meghatározott időponton belüli szállításra több alternatíva is biztosítottnak tűnik, akkor a döntés a kedvezőbb költséggel jellemezhető szállítási módozat mellett szól. Kockázatkerülő magatartás esetén azonban a szállítás átfutási idejének bizonytalanságából adódó kockázat csökkentése az elsődleges cél, így a döntés az alacsonyabb bizonytalansággal jellemezhető módozat mellett szól.

A légi szállítást és a közúti fuvarozást a megtett távolság és idő függvényében ábrázolva megállapítható, hogy a légi szállítás a fuvarfeladat megkezdésétől az áru rendeltetési helyre történő kiszállításáig több szakaszból áll, mely szakaszok eltérő intenzitású mozgást tükröznek, míg közúti fuvarozás esetén a teljes távolság többnyire egy konstans meredekségű függvénnyel jellemezhető, mely konstans maga a jármű egységnyi idő alatt megtett átlagos távolsága (1. ábra).

Az 1. ábrán vázolt modellben először fogalmazzuk meg a célfüggvényeket. Az első célfüggvény az egyes járatok által megtett úthossz minimalizálása. Ezen célfüggvényben a központi raktár és a körjárat első objektuma, az egyes objektumok közötti, illetve az utolsó objektum és a központi raktár közötti úthosszak járatokra és vizsgálati időintervallumokra vonatkozó értékét kell összegezni.

Természetesen e leegyszerűsített modell esetében eltekintünk azokról a nem várt eseményektől, melyek jelentősebb kihatással lehetnek a szállítási időtartam hosszára. Figyelman kívül hagyjuk a közúton történő szállítás esetén pl. a balesetek miatt felmerülő forgalmi akadályokat, hasonlóképpen a légi szállítás során az előforduló sztrájk következtében jelentkező kiszámíthatatlan késéseket, illetve mindkét fuvarozási módozat esetében a kedvezőtlen időjárás viszonyokat.



1. ábra Közúti és légi kombinált fuvarozás átfutási idejének összehasonlítása

Légi szállítás esetén a két végpont közötti árumozgatás jellemzően nem tisztán légi úton történik, az esetek túlnyomó többségében szükség van valamilyen mértékű távolság közúton történő áthidalására a felrakási hely és az indulási repülőtér között (1. ábra (A) és (B) pontok közötti távolság), valamint az érkezési repülőtér és a kiszolgáltatósi hely között (1. ábra (E) és (F) pontok közötti távolság). A teljes szállításra fordított idő nagymértékben függ a repülőtereken elvégzett tevékenységek időszükségletétől (légi paletta képzés, dokumentáció kezelés, az áruk viszonylat szerinti rendezése stb.), valamint a légi szakaszt megelőző és azt követő közúti fuvarozás együttes időszükségletétől.

Közúti fuvarozás esetén a nem várt közlekedési akadályoktól és a kedvezőtlen időjárási viszonyoktól eltekintve jól kalkulálható az adott távolság megtételéhez szükséges idő. A teljes időtartam tervezésekor a jogszabály által előírt pihenési idővel és a sebességkorlátozások figyelembe vételével meghatározható az átlagos haladási sebesség, melyet a szaggatott vonal ábrázol (1. ábra). Időkritikus áruk közúti szállítása esetén megállapítható, hogy a két végpont közötti árumozgatás jellemzően tisztán közúton történik, és az idő szűkösségéből adódóan a fuvarozók közötti átrakódás is csak ritkán fordul elő.

Az 1. ábra függőleges tengelyén jelölt két végpont közötti távolság, azaz $S(A)$ és $S(F;G)$ közötti szakasz jelenti a teljes szállítási távolságot, míg a vízszintes tengely mutatja az adott időszükségletet. A légi szállítás esetén a $T(A)$ és $T(F)$ között eltelt időszak, míg közúti szállítás esetén $T(A)$ és $T(G)$ közötti időtartam szükséges a fuvarfeladat lebonyolításához. A felvázolt példa esetében a légi szállítás rövidebb átfutási idővel valósítható meg, mint a közúti fuvarozás, azonban ez a gyakorlatban több tényező eredőjétől függ.

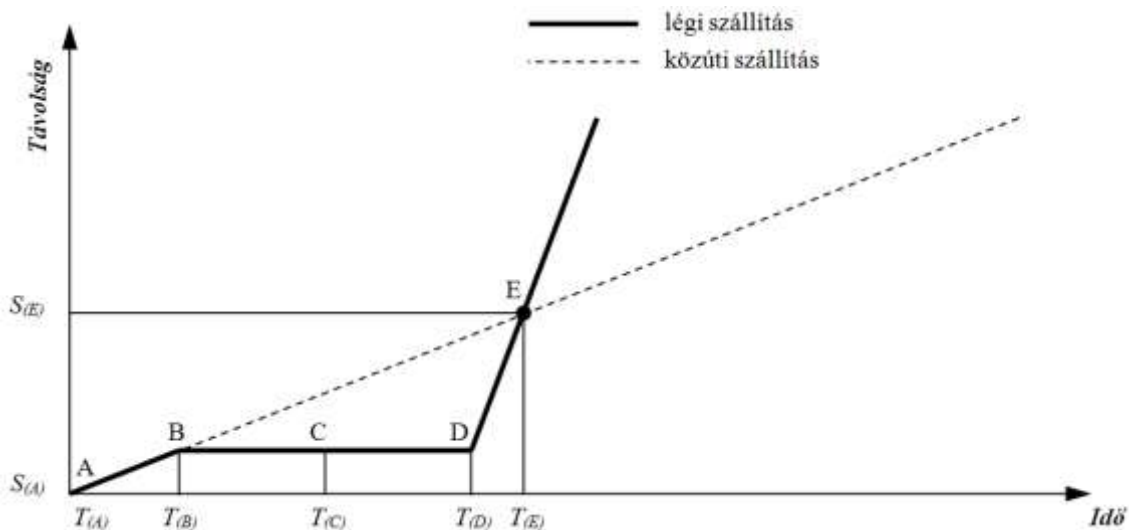
KÖZÚTI ÉS LÉGI KOMBINÁLT FUVARÓZÁS KÖZÖTTI VÁLASZTÁS A FÖLDRAJZI ELHELYEZKEDÉS FÜGGVÉNYÉBEN

A két fuvarozási megoldás időszükségletét összehasonlítva megállapítható, hogy egy adott földrajzi távolságig a tisztán közúti fuvarozás rövidebb idő alatt végezhető el, majd egy adott ponton a ráfordított idő kiegyenlítődik. Az adott földrajzi távolságot meghaladva azonban a légi-közúti kombinált szállítás együttes időráfordítása a tisztán közúti fuvarozáshoz képest kedvezőbbé válik.

Bármely felrakási hely esetében ábrázolható az a távolság, ahol a közúti és a kombinált légi fuvarozás között időráfordítás egyenlővé válik. Ehhez ismerni kell a felrakási hely és az indulási repülőtér közötti távolságot (A) és (B) közötti távolság, valamint az indulási repülőtér és az érkezési repülőtérén várható tevékenységek időszükségletét, azaz a T(C) és T(B) valamint a T(E) és T(D) pontok között eltelt időt.

A gyakorlatban az áttekinthetőbb ábrázolás érdekében a függvényt át kell rajzolni (2. ábra). Az indulási repülőtérig történő szállítást és a reptéren szükséges tevékenységek időráfordítását követően a repülési szakasz helyett az érkezési repülőtér tevékenységének időszükségletét jelenítjük meg, ezzel összevonva minden olyan tevékenységet, amely a repülési szakaszon kívül bármilyen mértékű időráfordítást igényel.

Mindkét szállítási megoldás esetében egyenletes elméleti átlagsebességgel ábrázolva az egységnyi idő alatt megtehető távolságot azt kapjuk, hogy a két egyenes metszéspontjának feleltethető meg az azonos időszükséglettel jellemezhető földrajzi pont. Ez a pont az egyszerűsített modell esetében az érkezési repülőtér fogja jelenteni, ahonnan az árut még a rendeltetési helyére kell továbbítani.



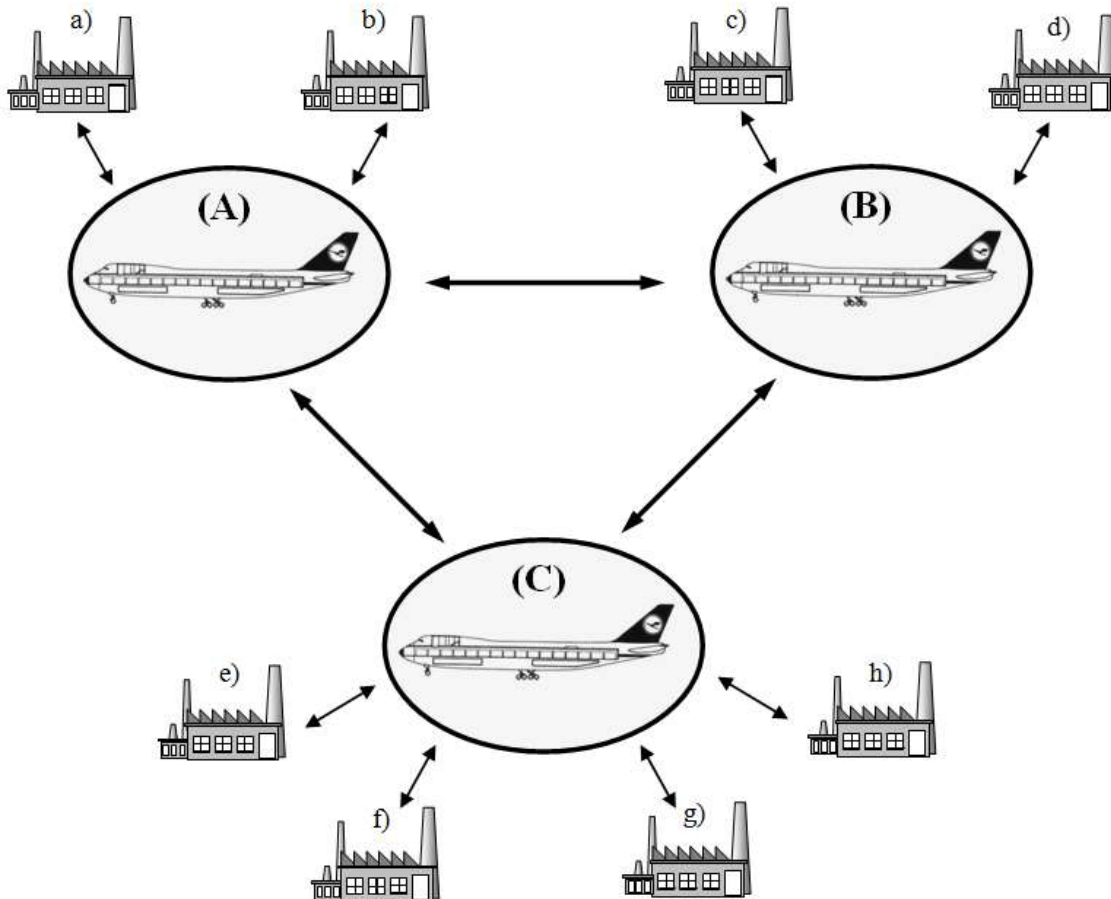
2. ábra A hálózatszerűen működő szolgáltatási rendszer egy általános modellje

A 2. ábra függőleges tengelyén jelölt $S(E)$ távolságnak és a vízszintes tengelyen megjelenített $T(E)$ időpontnak a metszéspontjában ábrázolt (E) pont tükrözi azt az (A)-(E) földrajzi távolságot, amely azonos időtartam alatt érhető el a közúton történő szállítással, és a légi fuvarozással. Megállapítható, hogy az (E) jelű földrajzi pontot megelőző távolságok közúton gyorsabban elérhetőek, mint légi kombinált szállítással, míg az (E) földrajzi pontnál távolabb eső területek esetében ez fordított relációt mutat.

Különböző célországok repülőtérén eltérő mértékű idővel kell kalkulálnunk, mely időtartam meghatározásakor az esetleges vámügyintézással vagy egyéb ország specifikus eljárással is számolnunk kell. Ezzel a módszerrel egyszerűen kirajzolható egy térkép, amely az időkritikus áruk megfelelő szállítási módozatának kiválasztásánál nyújthat segítséget.

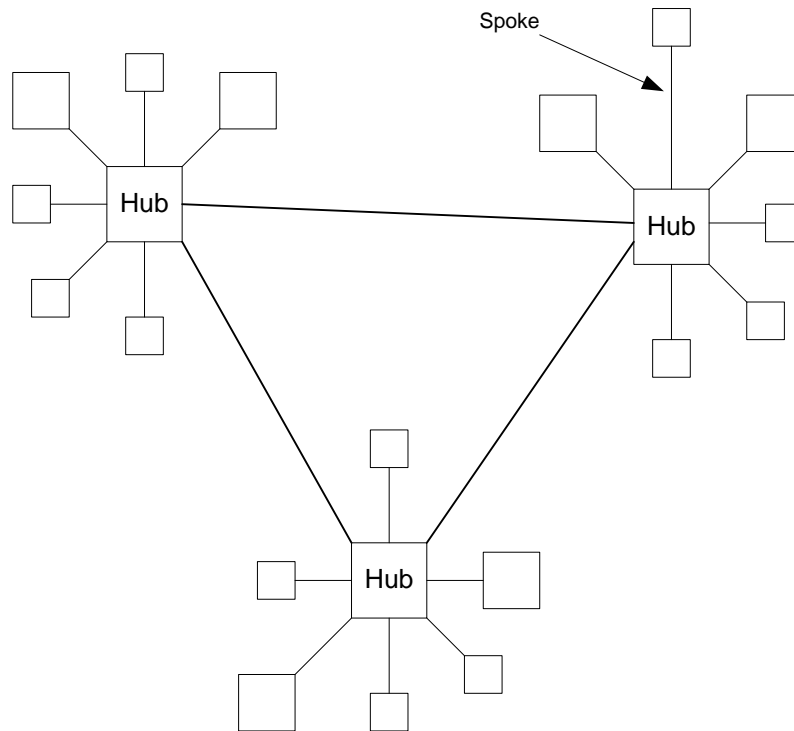
A HUB-AND-SPOKE RENDSZER MŰKÖDÉSE

A „háztól-házig” szállítási elv tisztán légi fuvarozás esetén csak ritkán működik, az esetek túlnyomó többségében kombinált fuvarozási módot kell használni. Ez elsősorban abból az infrastrukturális kötöttségből adódik, hogy a légi fuvarozás (néhány speciális szállítási megoldástól eltekintve) valamely légikikötők közötti áruszállítást, illetve a repülőterek és a felrakó - lerakó helyek közötti fuvarozást jelenti (3. ábra).



3. ábra Háztól-házig történő légi áruszállítás szakaszai

Hasonlóképpen a repülőterek is úgynevezett „hub-and-spoke”, azaz „kerékagy és küllő” rendszerbe illeszkednek. A nagyobb repülőterek gyűjtő-elosztó központokként („hub”) funkcionálnak, amelyekhez a ráhordó és elosztó járatokon keresztül kapcsolódnak a kisebb forgalommal rendelkező repülőterek (4. ábra). A kisebb repülőterek fuvarozás során történő igénybevételére rendszerint akkor kerül sor, ha ezáltal a rendszer optimálisabb megoldást biztosít a megbízó számára, azaz kedvezőbb költséggel vagy rövidebb határidővel oldható meg a teljes fuvarfeladat lebonyolítása.



4. ábra Hub-and-spoke

A „hub-and-spoke” rendszer arra a gazdasági alapelvre épül, hogy a nagyobb kapacitású repülőgépek esetében a fajlagos szállítási költség kedvezőbben alakul, mint a kisebb kapacitású légi járművek esetében. A repülési távolság növekedésével arányosan azonban a távolságnak megfelelően kell a repülőgépet is megválasztani, melyek mérete az átrepült hatótávolság növekedésével azonos irányú összefüggésben áll. Ebből adódóan hosszabb útvonalakon a nagyobb kapacitású repülőgépek alkalmazása jelenti a költséghatékony megoldást, melyek optimális kihasználásához szükség van az utasok és áruk megfelelő koncentrálására is, amelyet a gyűjtőelosztó repülőterek biztosítanak.

A LÉGI ÁRUFUVAROZÁS HATÁSA A GAZDASÁGRA

A légi fuvarozás befolyással van az egyes régiók fejlődésére. Általánosságban megállapítható, hogy minél fejlettebb egy adott régióban a légi közlekedés, annál nagyobb mértékben járul hozzá a gazdasági fejlődéshez. A repülőterek köré logisztikai szolgáltatók települnek, melyek tevékenységi körük kiszélesítésével kedvező gazdasági környezetet teremtenek a régió piaci szereplői számára [4].

A logisztikai tevékenység lebonyolításához szükséges infrastruktúra kiépítése a gazdasági szereplők elsődleges előnye mellett a polgári szektor számára is ún. másodlagos előnyöket nyújt. A repülőterek közelében beinduló gazdasági fellendülés következtében új munkahelyek jönnek létre. Az új munkahelyek bővülése a régió fogyasztására is kedvezően hat, mely multiplikatorthatással lendíti az adott régió gazdasági fejlődését, hosszú távú előnyöket teremtve az ott élő közösség számára.



Amellett, hogy a repülőterek közelében a gazdasági fellendülés megfigyelhető, a repülőterektől távol eső területeken tevékenykedő nagyvállalatok is igyekeznek bekerülni a légi szállítás vonzáskörébe, biztosítva ezzel a vállalkozás kedvezőbb körülmények közötti működését. Több esetben előfordul, hogy a vállalkozások az Önkormányzatokkal összefogva repülőtereket tartanak fenn, esetenként időszakosan repülőtereket nyitnak meg, avagy saját gyárterületükön építenek ki kisebb repülőgépek vagy helikopterek kiszolgálására alkalmas pályákat, ezzel elérhetőbb földrajzi és időbeli közelségbe tudnak kerülni a nagyobb repülőterek által megcélózható távolság áthidalásában.

ÖSSZEGZÉS

A légi szállítmányozás a legtöbb nemzetközi logisztikai hálózatnak alapvető eleme, elengedhetetlen az áru áramlás szervezésében és kontrollálásában, csakúgy, mint az energia, információ és egyéb erőforrások, mint termékek, szolgáltatások és emberek eljuttatásában a termelés helyétől a piacig. Globalizálódott világunkban professzionális logisztikai támogatás nélkül szinte elképzelhetetlen lebonyolítani a nemzetközi kereskedelmet, globális export és import folyamatokat, alapanyagok illetve termékek nemzetközi áramlását és gyártását.

A légi áruszállítás elérhető távolságba hozza a világ legtávolabbi részén működő vállalkozásokat, ezzel felgyorsítva a globalizációs folyamatokat. A földrajzilag távolabbi beszerzési és elosztási piacok integrálásával új lehetőségek nyílnak meg a gazdasági szereplők számára. A légi szállítás azonban az esetek többségében a különböző szállítási módokhoz hasonlóan csak egy alternatíva az adott fuvarfeladat lebonyolítására, mely módok közül a megfelelő döntést elsősorban a gazdaságossági, biztonsági és időtényezőt mérlegelve lehet meghozni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Logisztikai, Informatikai, Mechatronikai Kiválósági Központ keretében valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KOMÁROMI N. (2003): Beszerzési és értékesítési logisztika. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő
- [2] KUMMER, S. – GRÜN, O. – JAMMERNEGG, W. (2009): Grundzüge der Beschaffung, Produktion, Logistik. Pearson Studium, München
- [3] MANG BÉLA (2012): A légi áruszállítás lehetőségei Magyarországon. Miskolci Egyetem jegyzet
- [4] NYAKASNÉ TÁTRAI JUDIT (2006): Szállítmányozás II. Universitas-Győr Kht., Győr
- [5] SZEGEDI Z. – PREZENSZKI J. (2003): Logisztika-menedzsment. Kossuth Kiadó, Budapest
- [6] VÖRÖSMARTY GY. – TÁTRAI T. (2010): Beszerzés: stratégia, folyamatok, információ. Complex Kiadó Kft., Budapest

Számel Bence Domonkos¹ – Baranyi Edit² – Szabó Géza³

LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓI MUNKATERHELÉS MEGHATÁROZÁSÁ- NAK TÁMOGATÁSA ARCHÍV RADARADAT-MANIPULÁLÓ ÉS – MEGJELENÍTŐ FUNKCIÓKKAL⁴

A légiforgalmi irányítók munkaterhelésének optimális szinten tartása kiemelt fontosságú a légi közlekedés biztonsága és hatékonysága szempontjából. Mindez indokoltá teszi olyan matematikai módszerek kidolgozását, amelyekkel a munkaterhelés meghatározható a légiforgalom jellemzői alapján. Az ilyen módszerek validálásához ugyanakkor szükség van a munkaterhelés más úton történő megállapítására is, ami történhet méréssel vagy szakemberek véleménye alapján. Utóbbi alkalmazása esetén szükség van egy olyan eszközre, amely lehetővé teszi tetszőleges forgalmi szituációk megtervezését és azok radarképének megjelenítését. Cikkünkben bemutatjuk egy erre a célra alkalmazható szoftver tool követelményeit (és a szoftver jelenleg rendelkezésre álló verzióját), részletesen ismertetve a követelményeket olyan funkciókra vonatkozóan, mint a radaradatok módosítása, azok megjelenítése, valamint a légiforgalom különféle összetettségi szinteken, különböző paraméterek alapján történő szimulációja.

SUPPORTING AIR TRAFFIC CONTROLLER WORKLOAD ESTIMATION WITH RADAR DATA MANIPULATION AND DISPLAY FUNCTIONS

Keeping the workload of air traffic controllers at an optimum level is of high importance for the sake of both safety and efficiency of air traffic. This makes the development of mathematical methods which enable the estimation of controller workload based on certain characteristics of air traffic reasonable. The validation of such methods however, requires other ways of obtaining information about workload through measurement or expert opinions. Application of the latter makes it necessary to create a tool that enables designing custom air traffic situations and displaying their radar pictures. In this paper we will present the specification (and currently available version) of a software aimed at fulfilling this purpose. We provide a detailed description of requirements related to functions like modification of radar data, displaying radar data and several levels of air traffic simulation based on different parameters.

BEVEZETÉS

Napjainkban a légiforgalmi irányítási (ATC) rendszerekkel szemben támasztott két legfontosabb követelmény a légiforgalom biztonságos és hatékony áramlásának biztosítása, azaz egyfelől a balesetek megakadályozása, másfelől pedig a légi járművek légtérben töltött idejének minimalizálása. Mindkét követelmény akkor valósulhat meg, ha a légiforgalmi irányítók munkaterhelése az optimális szint közelében van, aminek érdekében fontos, hogy a forgalmat opti-

¹ okl. közlekedésmérnök, PhD hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék, szamel.bence@mail.bme.hu

² okl. közlekedésmérnök, dr. univ. adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék, baranyi.edit@mail.bme.hu

³ okl. villamosmérnök, PhD, egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék, szabo.geza@mail.bme.hu

⁴ Lektorálta: Dr. Palik Mátyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, palik.matyas@uni-nke.hu

mális számú légiforgalmi irányító kezelje, a forgalom elosztása az irányítók között pedig szintén az optimum közelében legyen. Mindez másképpen megfogalmazva azt jelenti, hogy minden forgalmi helyzet esetében törekedni kell az optimális szektorszám és szektorkonfiguráció meghatározására. A szektorszám megállapítása jelenleg az ATC központok többségénél a légtérben, illetve annak szektoraiban található repülőgépek számának tapasztalati úton meghatározott maximális értéke alapján történik, a szektorkonfigurációval kapcsolatos döntéseket meghozó supervisor azonban emellett általában figyelembe veszi a forgalom egyéb jellegzetességeit is saját intelligenciáját és tapasztalatát használva. Ennek alapján jogosan merülhet fel az igény egy olyan döntéstámogató eszközre, ami képes a repülőgépek száma mellett figyelembe venni a forgalom komplexitását leíró különböző tényezőket és ezek alapján javaslatot tenni az alkalmazandó szektorkonfigurációra.

A döntéstámogató eszköz fejlesztése összetett folyamat, amelynek központi eleme a légiforgalom jellemzőinek (komplexitása) és a légiforgalmi irányítók munkaterhelésének kapcsolatát leíró összefüggés megismerése. Ezen összefüggés leírására több módszer is lehetséges, melyekben közös, hogy a megbízható működéshez igénylik néhány összetartozó komplexitás és munkaterhelés érték előzetes ismeretét. Ha egy adott módszer alkalmazásához össze kívánjuk gyűjteni a bizonyos forgalmi helyzetekhez tartozó munkaterhelés értékeket, akkor kézenfekvő módszer lehet az adott szituáció munkaterhelés generáló hatásairól szakemberek véleményét kérdezni. Ehhez ugyanakkor szükség van valamilyen eszközre, amellyel megmutathatjuk neki a vizsgált forgalmi szituációkat, illetve azok elemzése közben „mi lenne, ha” kezdetű kérdéseket tehetünk fel nekik a forgalmi jellemzők megváltoztatásával, illetve amellyel az adott szituáció komplexitást befolyásoló paramétereit számszerűsíteni tudjuk.

Cikkünk 1. fejezetében röviden bemutatunk egy lehetséges módszert a komplexitás és munkaterhelés kapcsolatának meghatározására, majd a 2. fejezetben ismertetjük a munkaterhelési értékek beszerzésének fontosságát és módszereit. A 3. fejezetben azzal foglalkozunk, milyen szerepet játszik a radaradatok manipulálása, megjelenítése és a légiforgalom szimulációja a munkaterhelés meghatározásában, továbbá részletesen leírjuk egy ezen feladatok ellátására alkalmas szoftver specifikációját. A 4. fejezetben bemutatjuk a felvázolt szoftver jelenleg rendelkezésre álló verzióját, az összefoglalásban pedig röviden megállapítjuk, milyen további teendők vannak a szoftver fejlesztését illetően.

SZEKTORKAPACITÁS SZÁMÍTÁSI MÓDSZER PARAMÉTEREZÉSE A MAGYAR LÉGTÉRRE

A légiforgalom komplexitásának leírására, valamint a komplexitás és a munkaterhelés között fennálló összefüggés feltárására többféle módszert dolgoztak ki. Az egyik, a gyakorlatban egyszerűen használható módszer az [1]-ben bemutatott neurális hálós szimuláción alapuló eljárás, aminek a magyar légtér ACC (Area Control Center) szektoraira elvégzett paraméterezésének részletei [2]-ben olvashatóak.

A szóban forgó módszer első lépésében meg kell határozni a komplexitási tényezőknek azon halmazát, melyeket a számítások során figyelembe tervezünk venni. Ahogyan az [3]-ból is ki-

derül, különböző komplexitási tényező halmazokkal különböző pontosságú eredmények nyerhetők ugyanazon módszerrel, ha azonban szisztematikus módszerrel csökkentjük a figyelembe vett tényezők számát a (szubjektív vélemények alapján) legkevésbé fontosak elvetésével, akkor a pontosság csökkenése nem jelentős. A felhasznált tényezőhalmaz meghatározása után el kell dönteni, milyen módon írjuk le az egyes tényezőket számszerű értékekkel. A neurális háló számítások elvégzéséhez ezután ki kell választani azokat a forgalmi szituációkat, amiket fel tervezünk használni a háló tanítása és működésének ellenőrzése során. Ezt követően – a módszer alkalmazásának egyik legfontosabb lépéseként – ismert szektorkonfigurációkat (azaz közvetett módon ismert munkaterhelés értékeket) kell rendelni a szituációkhoz, amihez a magyar légtérre paraméterezett módszer esetében aktív supervisorok szubjektív véleményei szolgáltak alapul. A neurális háló tanítása az ismert szituációk komplexitását leíró értékek és a hozzájuk tartozó optimálisnak tekintett szektorkonfigurációk egymáshoz rendelése alapján történik, az így betanított háló pedig képes becslést adni az optimális konfigurációra tetszőleges szituációra vonatkozóan.

A létrehozott neurális háló kimenetén megjelenő eredmények (melyek részletes értékelése [4]-ben látható) lehetséges szektorállapotokhoz („split”, „armed” és „merged” állapot) tartozó 0 és 1 közötti értékek. Ezen értékek azt mutatják, hogy egy adott szektornak adott forgalmi szituációban mi lenne az optimális állapota. Ideális esetben az optimális állapothoz tartozó érték 1 lenne, míg a nem optimális állapotokhoz 0 tartozna, a gyakorlatban azonban általában minden lehetséges állapothoz 0-tól különböző érték tartozik és a legnagyobb jelöli az optimálisnak vélt állapotot. Mivel a módszer alkalmazásának célja az optimális szektorkonfiguráció meghatározása, ezért a neurális háló kimenetén megjelenő szektorállapotokból elő kell állítani azt a megfelelő algoritmus használatával. A magyar légtérre alkalmazott módszer esetében ez az [5]-ben bemutatott algoritmus segítségével történt.

MUNKATERHELÉS ÉRTÉKEK MEGÁLLAPÍTÁSA

Az előző fejezetben bemutatott módszer esetében láhattuk, hogy fontos szerep jutott az egyes ismert forgalmi szituációkhoz tartozó munkaterhelés értékekkel kapcsolatos információszerezésnek. Általánosan kijelenthető, hogy a légiforgalmi komplexitás és a munkaterhelés között fennálló kapcsolat megbízható leírásához szükség van arra, hogy ismerjük bizonyos mennyiségű, ismert komplexitású forgalmi szituációhoz az adott szituáció által generált munkaterhelés értéket. Ehhez természetesen meg kell határozni azt a mérőszámot, ami a munkaterhelést közvetlen vagy közvetett módon kifejezi. A munkaterhelés közvetlen mérésére alkalmas lehet például az időegység alatt bizonyos tevékenységek végzésére fordított idő [6], míg a közvetett mérés az adott szituáció kezeléséhez szükséges optimális szektorszám megadásával történhet.

A vizsgálatba bevont légiforgalmi szituációkhoz tartozó munkaterhelés értékek meghatározásának két jellegzetes módja a mérésen és a szubjektív véleményeken alapuló eljárás. A méréses eljárások esetében a légiforgalmi irányítók tevékenységeit, viselkedését vizsgálják a különböző forgalmi helyzetek kezelése során és bizonyos jellemzők mérése által nyert értékekből következtetnek az adott szituáció által generált munkaterhelésre. A mérés jelentheti bizonyos tevékenységek (pl. egérkattintás, kommunikáció, címkék kezelése) számának vagy időszükségletének mérését valós időben vagy felvételek segítségével [7] és különböző fiziológiai jellemzők

mérését [8]. Az ilyen eljárások előnye, hogy aránylag objektív eredmények nyerhetőek vele. Az objektivitás ugyanakkor nem feltétlenül teljes, mivel az ilyen jellegű munkaterhelés meghatározás során szükség van valamilyen modellre is, ami megadja a különböző mért jellemzők és a munkaterhelés közötti összefüggést, ennek megalkotása során pedig elképzelhető, hogy szubjektív tényezők is közrejátszanak. A méréses eljárások egyik hátránya a magas költségigény, mivel az irányítói jellemzők mérése általában csak speciális műszerekkel lehetséges. További hátrányt jelenthet az is, hogy a mérést végző személyek vagy műszerek jelenléte a vizsgált légiforgalmi irányító munkakörnyezetében befolyásolhatja annak viselkedését, ami csökkenti az eredmények megbízhatóságát.

A szubjektív véleményeken alapuló módszerek alkalmazása során a szituációkhoz tartozó munkaterhelésről légiforgalmi irányítással foglalkozó szakemberek (pl. légiforgalmi irányítók vagy supervisorok) szolgáltatnak információt. Ennek egy jellegzetes megvalósítása úgy történhet, hogy a megkérdezett szakembernek megmutatnak egy vizsgált szituációt (pl. az azt ábrázoló radarkép segítségével), ő pedig elmondja, hogy szerinte az adott helyzetben milyen szektorkonfiguráció lenne az irányítói munkaterhelés szempontjából optimális. A módszer előnye, hogy egyszerűbben elvégezhető, mint a méréses eljárások, ugyanakkor az automatikusan végzett méréses módszerekhez képest nagyobb lehet a folyamat emberi időszükséglete. A módszer hátránya értelemszerűen a szubjektivitás. Egy-egy megkérdezés alapján általában egy-egy szakember véleménye ismerhető meg, ez pedig eltérő lehet a többi véleménytől, ha az adott szakember nem ugyanazokat a komplexitási tényezőket veszi számításba a döntése során vagy ugyanazon tényezőknek más fontosságot tulajdonít.

A munkaterhelés értékek (vagy szektorkonfigurációk) megállapítása mind a magyar légtérre paraméterezett neurális hálós módszer, mind más módszerek esetében (pl. [9], [1], [10]) a valóságban ténylegesen megvalósult forgalmi szituációk felhasználásával történt, ami több problémát is hordoz magában. Az egyik probléma szubjektív véleményeken alapuló információszerzési módszer esetében jelentkezhet, mivel ilyen esetben a forgalmi szituációk általában történeti és nem valós idejű adatok formájában állnak rendelkezésre. A probléma abból fakad, hogy történeti adatok alapján csak olyan szituációk jeleníthetők meg, amelyek bizonyos szinten magukban foglalják a légiforgalmi irányítás tevékenységének eredményeit is. Képzeljünk el például egy olyan légiforgalmi helyzetet, amelyben egy vagy akár több járatpár is azonos magasságon és egymást keresztező útvonalon halad úgy, hogy az útvonalaik metszéspontját várhatóan közel egy időben érik el. Az így kialakult konfliktusokat az ezért felelős légiforgalmi irányítónak fel kell oldania, ami a szóban forgó időszakban magas munkaterheléshez vezet. A munkaterhelés növekedése valós idejű mérésre alapozott módszerekkel kimutatható, a helyzetet néhány másodperccel követő szituáció történeti adataiban azonban már csak a feloldott konfliktusokat lehet megfigyelni, így ezekből nem derül ki, mekkora volt valójában a munkaterhelés.

A ténylegesen megvalósult szituációk használatából származó másik probléma a szituációk általános jellegéből ered és független attól, hogy milyen módszert használunk a munkaterhelés megállapítására. A munkaterhelés komplexitás alapján történő kiszámítására használt, korábban bemutatott módszer (és feltételezhetően a többi hasonló módszer is) csak akkor szolgáltat



megbízható eredményeket egy adott szituációra, ha annak jellemzői nem térnek el számottevően azon szituációktól, amiket az ismert be- és kimeneti értékek egymáshoz rendelése (esetünkben a neurális háló tanítása) során használtunk. Emellett az is igaz, hogy ha feltételezzük, hogy a légiforgalmi irányítás az üzemidő nagy részében általános, komplexitási értékeit tekintve (bizonyos szűk határok között) ismétlődő szituációkkal szembeül, akkor a vizsgálatba bevont, véletlenszerűen kiválasztott szituációk nagy része is az általános szituációk közé sorolható. Az előző két kijelentés alapján az állapítható meg, hogy véletlenszerűen kiválasztott hétköznapi szituációk használata esetén a szektorkonfiguráció számítására használt módszer, illetve egy arra alapozott döntéstámogató szoftver csak jellegzetes, hétköznapi szituációkra szolgáltatna megbízható eredményt. Ugyanakkor pontosan az említett szituációk azok, amelyekben a supervisorok saját tapasztalataik alapján a legnagyobb magabiztossággal hozzák meg a szektorok nyitására vagy zárására vonatkozó döntéseiket, azaz ilyen helyzetekben van a legkisebb létjogosultsága az automatizált döntéstámogatásnak.

A korábban felvázolt döntéstámogató rendszernek inkább olyan helyzetekben vehetik hasznát a supervisorok, amikor a légiforgalom általános jellegzetességei átmenetileg vagy tartósan megváltoznak. Átmenetei változást jelenthet például valamely, más ATC központok által felügyelt repülőtér vagy légtér forgalmára vonatkozó korlátozás, ami megnövekedett forgalomhoz vezet a légtérben. Tartós változás lehet például a légtér struktúrájának megváltozása (szektorhatárok módosulása) vagy egy új nemzetközi repülőtér létesítése, ami az adott ATC központ felügyelete alá tartozik.

MESTERSÉGES FORGALMI SZITUÁCIÓK LÉTREHOZÁSA

Az előző fejezetben felvázolt problémára – vagyis a nem mindennapi forgalmi helyzetek modellezésbe történő bevonására – a forgalmi helyzetek mesterséges létrehozása és szimulációja jelenti a megoldást. Ahhoz, hogy a szóban forgó, ritkán előálló szituációkra vonatkozóan meghatározhassuk a munkaterhelés értékeket, szükség van valamilyen szoftverre, ami képes a szituációk előállítására és megjelenítésére. Természetesen lehetőség lenne a szükséges forgalmi szituációk teljesen originális előállítására is, de célszerűbbnek tűnik valós, korábbi szituációk módosításával megteremteni az új helyzeteket. A korábbi szituációk kézenfekvő leírási (archiválási) formája pedig a radaradatok halmaza. Ebből kiindulva a szituációtervező szoftvernek a következő funkciókkal kell minimálisan rendelkeznie:

- radaradatok beolvasása;
- radaradatok megjelenítése;
- radaradatok manipulálása felhasználói beavatkozásra;
- radaradatok automatizált manipulálása;
- forgalomszimuláció előre beállított paraméterek alapján;
- forgalomszimuláció autonóm intelligencia alapján.

Radaradatok beolvasása

A radaradatok beolvasása talán a legegyszerűbb a felsorolt feladatok közül. Ugyanakkor, ha figyelembe vesszük, hogy a beolvasáshoz hozzátartozik a radaradatok feldolgozása is annak



érdekében, hogy a többi funkciót ellátó szoftverelemek számára könnyen kezelhető formátumban álljanak rendelkezésre, már jóval összetettebb funkciót kapunk.

A szoftver jelenlegi verziója a HungaroControl által fejlesztett és üzemeltetett MATIAS rendszer által is használt radaradat formátum kezelésére képes, ami várhatóan nem fog változni, amíg nem lesz szükség más központok bevonására a munkaterhelés meghatározásával foglalkozó kutatás ezen fázisába. Az ilyen formátumú, .rad kiterjesztésű szöveges fájlok a következő információkat tartalmazzák:

- időbélyeg (pl. 2012/07/29 00:00:11);
- TAR Észak jele (pl. 80 001);
- adott légijármű adatait rögzítő radar jele (8x vagy 4x);
- azonosított hívójel mutató (x1, x2);
- Track ID;
- a jármű földrajzi pozíciója (relatív koordinátákkal, a központhoz viszonyítva);
- a jármű sebessége (sebességvektor északi és keleti irányú koordinátája);
- a jármű magassági paramétere (FL-ben);
- a jármű hívójele.

A történeti radaradat állományok mellett a szoftver képes kell, hogy legyen mesterségesen létrehozott radaradatok beolvasására is. A mesterséges radaradatok létrehozásának egyik módja a radaradat fájlok manuális módosítása, ami technikailag egyszerűen megoldható, mivel szöveges állományokról van szó, amelyek egyszerű szövegszerkesztő programokkal módosíthatóak. Ennek a módszernek ugyanakkor komoly hátránya, hogy az adatok megfelelő módosítása érdekében nagy mennyiségű manuális keresést igényel a jellemzően nagy méretű .rad fájlokban belül. Mivel a manuális módosítás eredménye egy, a történeti adatokat tartalmazóhoz hasonló radaradat fájl, ezért a radaradat-kezelő szoftvernek ezen módszer támogatására nem kell semmilyen külön funkcióval rendelkeznie.

A másik módszer a radaradatok módosítására (illetve létrehozására vagy törlésére) egy, szoftveren belül implementált, megfelelő adatbeviteli mezőkkel ellátott felhasználói felület használata. A módszer felhasználói szempontból kényelmesebb a manuálisnál, és a létrejövő új adatállomány konzisztenciája is jobban biztosítható, ugyanakkor többlet funkcionalitást igényel a szoftver részéről. Az új adatok (új légijárművek) felvételéhez a felhasználói felületen egy-egy beviteli mezőnek (pl. szövegdoboznak) kell gondoskodni a hívójel, a földrajzi pozíció, a sebesség és a magasság beolvasásáról. A földrajzi pozíció esetében biztosítani kell, hogy azt földrajzi koordinátákkal (szélesség, hosszúság) vagy a központtól keleti és északi irányban mért, NM-ban értelmezett távolság formájában is meg lehessen adni. A sebesség esetében biztosítani kell a keleti és északi irányú komponens nagyságával, valamint az abszolút nagysággal és a haladási irány szögével történő megadás lehetőségét. Természetesen egy új légijármű hozzáadása esetén meg kell adni azt az időpontot is, amikor a bevitt adatok érvényesek, amihez szükség van egy idő megadására alkalmas mezőre is. Az idő megadásával kapcsolatosan fontos megjegyezni, hogy a radaradatokban szereplő időbélyegek 4 másodperc eltéréssel követik egymást, amiből az következik, hogy ha a cél az, hogy a bevitt adatok más légijárművek adataival együtt legyenek megjeleníthetőek, akkor még másodpercre kerekítve sem fogadható el tetszőleges időpont bevitele. Ennek megfelelően a szoftver feladatai közé tartozik az is, hogy a bevitt időadatnak



az időbélyegek között megjelenő értékek valamelyikére történő kerekítésével hozzárendelje az új járművet egy meglévő forgalmi szituációhoz.

A járművek adatainak módosításához és törléséhez hasonló felületet kell biztosítani, mint az új járműadatok felviteléhez, azzal a különbséggel, hogy az egyes mezőknek nem csak az adatbevitelt, hanem az adatmegjelenítést is lehetővé kell tenniük. A törölni vagy módosítani kívánt légi jármű megadásához az érvényesség időpontjára és a jármű hívójelére vonatkozó adatok beírását (vagy kiválasztását) kell lehetővé tenni. Törlés esetében azt is biztosítani kell, hogy a felhasználó kizárólag a hívójel kiválasztásával törölhesse a jármű adatait, ami értelemszerűen azt jelenti, hogy a jármű minden forgalmi szituációból eltűnik, amiben korábban benne volt.

Radaradatok megjelenítése

A földrajzi pozícióra, sebességre és magasságra vonatkozó adatok lehetővé teszik adott időpillanatra vonatkozóan egy-egy légi jármű és a hozzá tartozó fontosabb adatok grafikus megjelenítését. A földrajzi pozíció megjelenítése egy, a hazai légteret ábrázoló térképen történik. Mivel a megjelenítés során az egyik legfontosabb cél a gyors egyszerű értelmezés biztosítása a megjelenített képet néző supervisor számára, ezért a pozíció mellett a sebességet is érdemes valamilyen grafikus eszközzel ábrázolni. Ennek kézenfekvő módja az, ha minden légi járműhöz (az azt ábrázoló grafikus szimbólumhoz) hozzárendelünk egy-egy szakaszt, amelynek iránya a jármű sebességének irányával egyezik meg, hossza pedig arányos a sebesség nagyságával. Az ilyen vonalak használata mellett természetesen biztosítani kell a sebesség és a magasság számszerű értékének megjelenítését is a repülőgépet ábrázoló szimbólum közelében.

Az ismertetett módszer használatával lehetségessé válik egy-egy forgalmi helyzet statikus megjelenítése. Statikus megjelenítés alatt ebben az esetben egy pillanatképet kell érteni a légi forgalomról, ami egyszerűen használható eszközt jelent a supervisorok véleményének beszerzéséhez, azaz a szoftver elsődleges rendeltetésének megvalósításához. Mivel a supervisorok véleményére nem csak a teljes légtér, hanem a különböző szektorok forgalmával kapcsolatosan is szükség van, ezért a forgalom megjelenítéséhez használt grafikus felületen érdemes megjeleníteni (vagy legalábbis megjeleníthetővé tenni) az egyes földrajzi szektorok valamint a különleges légterek határait. Emellett azt is lehetővé kell tenni, hogy a képen ne a teljes légtér forgalma jelenjen meg, hanem csak bizonyos szektorok forgalma. Ennek beállítására az egyik lehetséges mód egy lista biztosítása a légtér elemi (tovább nem osztható) szektorairól, amiből kiválasztható lenne a megjelenítendő elemi szektorok halmaza.

A forgalom statikus megjelenítése láthatóan rendelkezik előnyökkel, azonban mind a supervisorai vélemények megismerése, mind a szoftver esetleges más célból történő felhasználása szempontjából hasznos lehet a forgalom mozgásának megjelenítése is valamilyen formában. Ehhez értelemszerűen szükség van arra, hogy a rendelkezésre álló radaradat állományból ne csak egy, a felhasználó által kiválasztott időbélyeghez tartozó részletet vegyünk figyelembe, hanem az azt megelőző és azt követő adattartomány egy részét is.

A dinamikus megjelenítés egyik lehetősége a statikusan megjelenített forgalmi kép kiegészítése az egyes járművek közelmúltbeli mozgására vonatkozó információval, amiből következtetni lehet azok közeljövőben várható mozgására. Ennek egyszerű módja lehet a légi forgalmi irányítási rendszerekben használt képernyőkön is megjelenő „track” alapul vétele, vagyis a jármű



néhány (a felhasználó által bizonyos határok között módosítható számú) korábbi pozíciójának megjelenítése az aktuális pozíciót jelző szimbólumtól eltérő jelöléssel. A „track” adatok megjelenítésének köszönhetően a megjelenített kép közelebb áll azokhoz a radarképekhez, amiket supervisor mindennapi munkája során lát, így könnyebb értelmezhetőséget tesz lehetővé, ezáltal növelve a szubjektív vélemény megbízhatóságát.

A dinamikus megjelenítés másik módja a forgalom alakulásának megjelenítése egy adott kezdő állapotból indítva. A kezdő állapot egy – a korábban ismertetett módon megjelenített – statikus forgalmi szituáció, ami alapján a felhasználó egyszerű szimulációt indíthat, ami végbe mehet a beolvasott radaradatok alapján vagy kizárólag a kezdeti forgalmi jellemzők alapján. A radaradatok alapján történő szimuláció segítségével a forgalom valós (vagy esetleg a felhasználó által az adatmódosító felület használatával megváltoztatott) alakulása jeleníthető meg. A módszer előnye, hogy valóság-hű mozgó képet ad a forgalomról, ugyanakkor alacsony performanciával jár, mivel minden egymást követő statikus képhez be kell olvasni a rendelkezésre álló adatállomány soron következő szakaszát. A szoftvernek képesnek kell lennie a folyamatos radaradat beolvasás segítségével végzett szimulációra, ugyanakkor nem ez a legszükségesebb funkció, mivel erre a célra más szoftverek (pl. a HungaroControl által fejlesztett LanRadar) hatékonyabb eszközt biztosítanak.

A kezdeti forgalmi jellemzők alapján indított szimuláció esetében mindössze annyi történik, hogy a légi járművek (pontosabban az azokat jelképező grafikus szimbólumok) a kezdeti haladási irányban a kezdeti sebességgel, a kezdeti magasságon haladnak, amíg el nem hagyják a légteret. A légi járművek mozgásának megjelenítése esetén a szoftvernek lehetőséget kell biztosítania a repült útvonalak megjelenítésére is a térképen. Ezáltal lehetséges lenne a légtéren belül gyakran használt „útvonalak” és a jellegzetes légiforgalmi áramlatok azonosítása, ami hasznos lehet a munkaterhelés áramlatok alapján történő jellemzése [10] vagy légtértervezési elemzések során. A szoftverben a szimuláció összetettebb formáit is meg kell valósítani, amikről a következő alfejezetekben lesz részletesen szó.

Radaradatok manipulálása

A radaradatok manipulálásáról röviden már esett szó a radaradatok beolvasásával foglalkozó alfejezetben, ezt a funkciót azonban érdemes részletesen is megvizsgálni és specifikálni. Az adatok módosításának biztosítása a szoftver egyik legfontosabb feladata, mivel – ahogyan már utaltunk rá – az egyszerű beolvasó és időben folyamatosan megjelenítő funkciót más szoftverek is képesek megvalósítani. Az adatmanipulálás történhet a felhasználó által vagy a szoftverbe épített intelligencia alapján.

A felhasználó számára az adatok módosításának egyik eszköze a korábban felvázolt felhasználói felület, de emellett lehetőséget kell biztosítani az adatoknak a grafikus megjelenítési felületen történő módosítására is. A grafikus felületen a felhasználó kiválaszthatja a megjelenített járműveket, majd erre szolgáló gombok (vagy helyi menüben megjelenő elemek) használatával jelezheti, ha törölni kívánja azokat vagy módosítani azok adatait. Adatmódosítás választása esetén meg kell jeleníteni egy olyan felületet, ahol lehetőség van az új pozíció, sebesség és magasság bevitelére. Mindhárom érték esetében lehetőséget kell biztosítani azok abszolút és az aktuális értékhez viszonyított relatív megadására is. A pozíció módosításával kapcsolatosan



lehetővé kell tenni a légijármű szimbólumának térképen történő áthelyezésével végrehajtott módosítást is (ami értelemszerűen megköveteli a képernyő koordináták átalakítását a radaradat állományokban található koordinátákká). A grafikus felületen lehetőséget kell adni új járművek hozzáadására is. Ez történhet hasonló felület segítségével, mint amivel a módosítás végbemegy (a relatív értékmegadás lehetősége nélkül), kiegészítve azzal, hogy a pozíciót a felhasználó a megjelenített térképen is kiválaszthatja.

Az automatizált radaradat manipulálásnak elsősorban a légi forgalom alakulásának szimulációjában van fontos szerepe, amit a következő alfejezetben részletezünk. Az automatizált adatmanipulálás lényege összefoglalva az, hogy az adatok megváltozása bizonyos – a felhasználó által definiálható – feltételek (pl. adott időpont vagy földrajzi pozíció elérése) teljesülése esetén megy végbe, előre meghatározott vagy véletlenszerű módon.

Forgalom szimulációja

A forgalom szimulációjának egyszerű módját már bemutattuk az adatok megjelenítéséről szóló alfejezetben, a szoftvernek azonban ennél összetettebb szimulációs feladatok megvalósítására is alkalmasnak kell lennie. Az egyszerű szimuláción felül meg kell valósítani az összetett szimuláció, az interaktív szimuláció és az intelligens interaktív szimuláció funkcióját is.

Összetett szimuláció

Az összetett szimulációnak kétféle esetét különböztetjük meg, amelyeknek a szoftverben külön-külön és együtt is megvalósíthatónak kell lenni. Az egyik eset a korábban ismertetett egyszerű szimuláció kiegészítése a légtérbe belépő új légijárművekkel. Erre azért van szükség, mert ezen többlet funkció nélkül egyszerű szimuláció használatkor rövid idő alatt lecsökkenne a megjelenített forgalom nagysága és komplexitása, más szóval egyre kevésbé valóságos forgalom jelenne meg. Az új járatok megjelenítése több módon is megvalósítható. Az egyik módszer a beolvasott radaradatok használata, ami alapján a szoftver minden megjelenítési időpontban felveszi a megjelenített járművek közé a radaradatokban szereplő, addig meg nem jelenített járműveket. A másik módszer az, hogy az új járművek véletlenszerű belépési pontokon jelennek meg és szintén véletlen sebesség és magasság értéket vesznek fel. Utóbbi esetben a belépő új jármű hívójele is véletlenszerű lesz. Új belépő járművet természetesen a felhasználó is létrehozhat az új jármű hozzáadását biztosító funkció használatával.

Az összetett szimuláció másik esete az, amikor a légijárművek ugyan a kezdeti sebességvektoruk és magasságuk tartásával kezdenek el mozogni, ezeket azonban később megváltoztathatják. Az értékek megváltozása előre megadott feltételek teljesülése esetén, szintén előre megadott módon következik be. A változás feltételét és értékét a felhasználó állíthatja be minden a szimuláció kezdetekor jelen lévő járműre. Feltétel lehet például egy adott időpont elérése vagy adott távolság megtétele. A szükséges beállításokhoz felhasználói felületet kell biztosítani, amelyen lehetőség van bármely megjelenített repülőgéphez tetszőleges számú feltétel megadására, valamint minden feltételhez egy-egy akció hozzárendelésére, ami a sebességvektor, a magasság vagy mindkettő adott értékkel történő megváltoztatása lehet.

Interaktív szimuláció



Az interaktív szimuláció az összetett szimuláció továbbfejlesztése azáltal, hogy a légi járművek által végrehajtott akciókat nem csak a szimuláció indítása előtt van lehetőség megadni, hanem a szimuláció közben tetszőleges időpontban is. Az interaktív szimuláció célja a légiforgalmi irányítás döntéseinek bevonása a forgalom szimulálásába, más szóval ennek segítségével válik lehetségessé ugyanazon forgalmi szituáció esetében a különböző irányítói döntések hatásának vizsgálata a forgalom komplexitására és ezáltal a munkaterhelésre. A szimuláció során az akciók (sebesség-, haladási irány- vagy magasság változtatás) végrehajtása tulajdonképpen nem más, mint a radar adatoknak az előző alfejezetben ismertetett módosítása a grafikus felületen. Ennek megfelelően az interakciók megvalósítása történhet az adatmódosításhoz is használt felhasználói felület használatával.

Intelligens interaktív szimuláció

Az intelligens interaktív szimuláció bevonása a szoftver funkciói közé a légiforgalmi irányítás döntéseit is tartalmazó szimuláció valóság-hűségének javítását szolgálja. A valóságban egy-egy irányítói döntés végrehajtásához részben az irányítás és a légi jármű közti kommunikáció időszükséglete, részben a repülőgépek fizikai korlátai miatt jóval több időre van szükség, mint amennyi a szoftverben végzett interaktív szimuláció esetén a megjelenített járműszimbólum adatainak módosításához kell. Az intelligens szimuláció során mindezt figyelembe kell venni és megfelelő késleltetéseket kell beállítani az akciók végrehajtásával kapcsolatban.

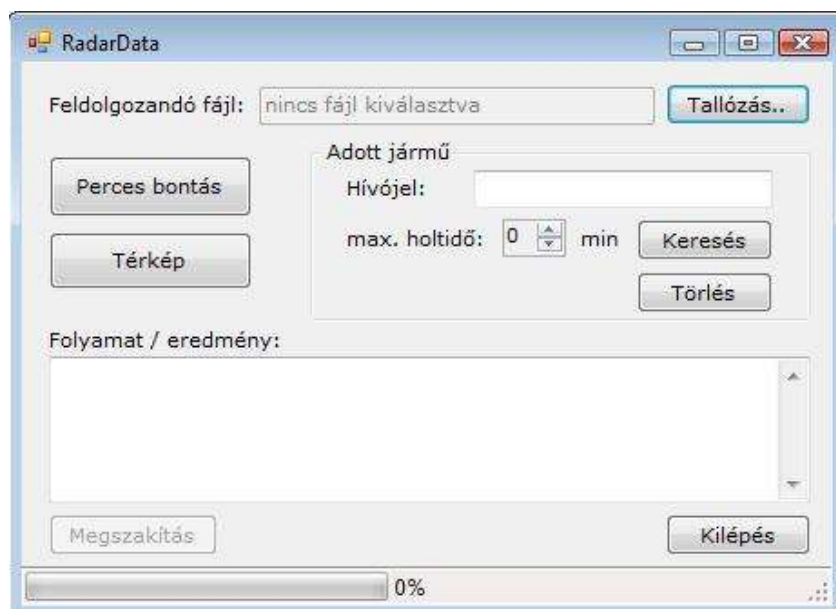
A kommunikáció időszükségletének bevonása a szimulációba úgy történhet, hogy a légi járművek az akció végrehajtására kiadott felhasználói parancs után csak bizonyos idő eltelével hajtják végre az akciót. Az időszükséglet módosításának lehetőségét a szoftverben biztosítani kell úgy, hogy legyen lehetőség egy minden járműre érvényes érték megadására, valamint egy-egy járműre vonatkozó egyedi értékek megadására is. Az akció végrehajtásának időszükségletét is figyelembe kell venni a szimuláció során, ami összetett feladat, mivel az időszükséglet egyfelől függ a szükséges változás nagyságától (pl. 4000 láb emelkedés több időt igényel ugyanazon repülőgépre, mint 2000 láb), másfelől pedig a különböző repülőgépek adottságaitól. Ennek megfelelően a szoftverben az akciók időszükségletét nem konkrét időértékek határozzák meg, hanem a különböző megjelenített járművekhez tartozó fordulási-, gyorsítási-, lassítási-, emelkedési- és süllyedési- ráták, amik minden akció esetén szorzódnak a megfelelő érték szükséges változásának nagyságával. A fenti ráták beállítására szintén lehetőséget kell biztosítani globálisan és egy-egy járműre vonatkozóan egyaránt.

A valóságos ATC rendszerekben az irányítói utasítások végrehajtásával kapcsolatosan előfordulhat olyan helyzet is, amikor a végrehajtás megkezdéséhez szükséges idő a szokásosnál is hosszabb, például azért mert a légi jármű elsőre nem érti az utasítást, így meg kell azt ismételni. Ennél is nagyobb problémát jelentenek az olyan szituációk, amikor a légi jármű személyzete látszólag megérti az utasítást (nincs hiba a visszaolvasásban vagy az irányító nem veszi azt észre), de ezt nem a légiforgalmi irányító által elvárt akció követi. A szoftverben az ilyen lehetőségeket is figyelembe kell venni. Ezek szimulációjának egyik lehetséges módja az, ha mind az akció késleltetésével, mind az akcióhoz tartozó értékváltozásokkal kapcsolatosan lehetővé tesszük, hogy azok bizonyos nullától különböző valószínűséggel felvehessenek a felhasználó által beállítottól eltérő értékeket is. Ennek megfelelően minden, az akciókat jellemző értékhez

(késleltetési idő, sebességváltozás, haladási irány változás, magasságváltozás), mint valószínűségi változóhoz meg kell adni egy-egy eloszlásfüggvényt. Az eloszlásfüggvények esetében – az intelligens szimuláció többi paraméteréhez hasonlóan – lehetővé kell tenni a beállítások módosítását a felhasználó számára is.

A RADARADAT MANIPULÁLÓ SZOFTVER JELENLEGI VERZIÓJA

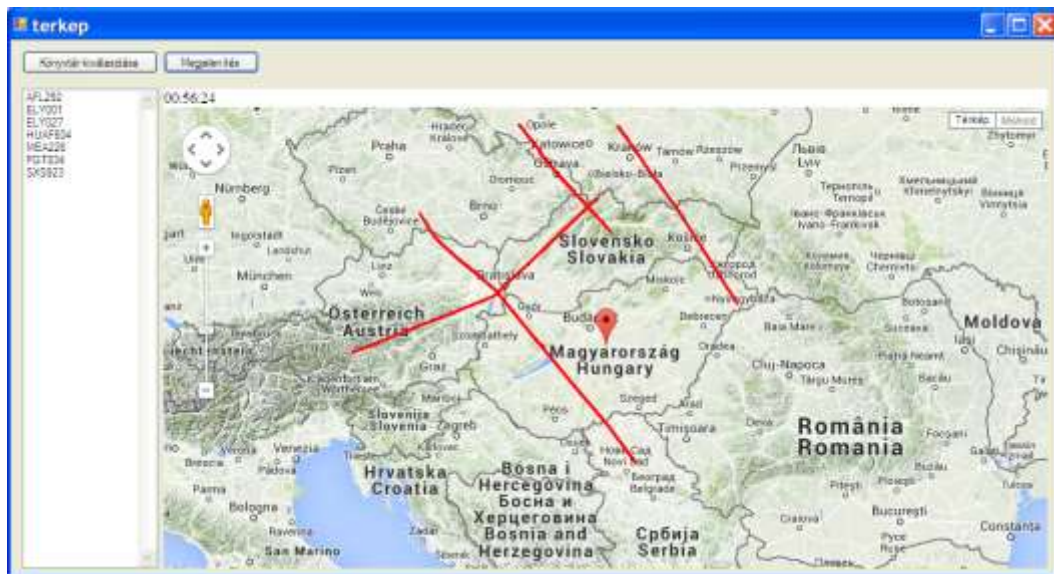
Az előző fejezetben felvázolt funkcionalitást megvalósító szoftver fejlesztése folyamatban van a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszékén. A szoftver ugyan kezdeti stádiumban van, de néhány működő funkcióval rendelkezik. A szoftver induló felhasználói felülete az 1. ábrán látható. A „Feldolgozandó fájl” szövegdozsbában lehetőség van a beolvasatni kívánt .rad fájl megadására. A jellemzően nagyméretű fájlok egyszerűbb kezelése érdekében a további feldolgozást és megjelenítést megelőzően készíteni kell egy fájlt, ami a radaradat fájl által tartalmazott időintervallum minden percére vonatkozóan tartalmazza az éppen a légtérben tartózkodó légi járművek hívójelét. A fájl elkészítése a „Perces bontás” gomb használatával történhet.



1. ábra A radaradat manipulálásra és megjelenítésre szolgáló szoftver jelenlegi verziójának felhasználói felülete

Ha rendelkezésre áll a perces bontást tartalmazó fájl, akkor lehetőség van a megjeleníteni kívánt járművek kiválasztására, amihez meg kell adni a kívánt jármű hívójelét a „Hívójel” szövegdozsbában, majd a „Keresés” gomb használatával ki lehet listáztatni a jármű adatait azokban a szituációkban, amikben a jármű szerepel. Annak érdekében, hogy ne kelljen minden keresési művelet során megvizsgálni a teljes radaradat állományt, lehetőség van egy léptetési lista segítségével megadni azt a keresés maximális holtidejét. Ha a keresés során a keresett jármű első előfordulását követően bármikor a holtidőnek megfelelő időintervallum átvizsgálása során egyszer sem jelenik meg újra a keresett jármű, akkor a keresés befejeződik (mivel a jármű feltételezhetően elhagyta a légtér). A kiválasztott járművek a felület alsó részén látható listában jelennek meg. A „Törlés” gomb ezen a felületen nem radaradatok törlését, hanem valamely járműnek a listából történő törlését hajtja végre. A listában összegyűjtött járművek pozíciójának

időbeni alakulása a „Térkép” gomb segítségével jeleníthető meg. A térképes megjelenítésre egy példa látható a 2. ábrán.



2. ábra: Légi jármű pozíciók alakulásának megjelenítése a szoftver használatával

A szoftver jelenlegi verziója a térképes megjelenítés során végignézi a beolvasott radaradat állományt és minden időpontban megjeleníti a térképen az előzőleg kiválasztott járművek pozícióját. Ezáltal kirajzoltatható az egyes járművek által repült útvonal.

ÖSSZEFOGLALÁS

A légiforgalom komplexitása és az irányítói munkaterhelés között fennálló kapcsolat feltárásához szükség van arra, hogy bizonyos ismert légiforgalmi szituációkhoz valamilyen forrás alapján ismerjük az általuk előidézett munkaterhelés nagyságát. Ezen információ beszerzésének egyik módja olyan szakemberek (ATC supervisorok) véleményének megismerése az egyes szituációk hatásáról, akiknek a mindennapi munka során is feladata a munkaterhelés optimális szintjének biztosítása. Annak érdekében, hogy a vélemények megismerése során ne csak a véletlenszerű történeti forgalmi szituációk nyújtotta szűkös lehetőségek álljanak rendelkezésre, szükség van arra, hogy történeti szituációk adatait módosítani tudjunk, illetve új tetszőleges szituációkat állíthassunk elő.

A fenti célok megvalósítása egy olyan szoftver kifejlesztésével történhet, amely képes létező radaradat állományok manipulálására, az eredeti vagy módosított radaradatok megjelenítésére, valamint a radaradatokat kiindulási adatként használva, többféleképpen paraméterezhető szimulációk futtatására is. A szoftver fejlesztése folyamatban van és a fejlesztés fázisai során törekedni fogunk a korábbi fejezetekben bemutatott specifikációban foglalt követésre. A fejlesztés során természetesen figyelembe kell venni a supervisorok véleményét is a szoftver tervezett és megvalósított funkcióival kapcsolatban, mivel részben őket tekinthetjük a szoftver felhasználóinak. Szükség esetén eszerint módosítani kell a már elkészült elemeket, illetve a tervezett elemek specifikációját.



Ezen túlmenően a szoftver értékes lehetőségeket nyújt majd a szimulációs képességek kiterjesztésével a légiforgalmi irányítás valamilyen okból nem optimálisan végrehajtott akciói légtérkapacitásra gyakorolt hatásainak elemzéséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.-nek a szakmai munka támogatásáért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GIANAZZA, D. – GUITTET, K. Evaluation of air traffic complexity metrics using neural networks and sector status, 2nd International Conference on Research in Air Transportation, 2006
- [2] SZÁMEL BENCE – MUDRA ISTVÁN – DR. SZABÓ GÉZA Applying Airspace Capacity Estimation Models to the Airspace of Hungary. Periodica Polytechnica: Transportation Engineering 2015: Paper 7512. 2015. <http://www.pp.bme.hu/tr/article/view/7512>.
- [3] SZÁMEL BENCE – DR. SZABÓ GÉZA Towards safer air traffic: Optimizing ATC controller workload by simulation with reduced set of parameters. In: Nowakowski et al. (szerk.) Safety and Reliability: Methodology and Applications: (ESREL2014.) CRC Press, 2014. pp. 979-987.
- [4] SZÁMEL BENCE – DR. SZABÓ GÉZA Légtérkapacitás számítás elméleti modellek alapján, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2014/2, pp. 296–318., 2014
- [5] SZÁMEL BENCE – DR. SZABÓ GÉZA Tapasztalati úton meghatározott légitársaság szám alapú és komplexitás alapján matematikai módszerrel számított szektorkapacitás értékek korrelációjának vizsgálata, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, IFFK 2014, Budapest, pp. 231-240., 2014
- [6] FLYNN, G. M. – BENKOUAR, A. – CHRISTIEN, R. Adaptation of Workload Model by Optimisation Algorithms and Sector Capacity Assessment, EEC Note No. 07/05, 2005
- [7] JANKOVICS ISTVÁN – NAGY ANDRÁS – DR. ROHÁCS DÁNIEL Developing the air traffic controllers' decision supporting system, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, IFFK 2014, Budapest, pp. 26-28., 2014
- [8] AVERTY, P. – ATHÈNES, S. – COLLET, C. – DITTMAR, A. Evaluating a new index of mental workload in real ATC situation using psychological measures, 21st Digital Avionics Conference, Irvine, CA, USA
- [9] KOPARDEKAR, P. – MAGYARITS, S. Measurement and prediction of dynamic density, 5th USA/Europe Air Traffic Management R & D Seminar, 2003
- [10] SONG, L. – WANKE, C. – GREENBAUM, D. Predicting Sector Capacity for TFM, 7th USA/Europe ATM R&D Seminar, 2007

Csermely Ildikó¹

TERÜLETFELHASZNÁLÁS ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI SZABÁLYOZÁS A LÉGIKÖZLEKEDÉSBEN²

A repülési műveletek és repülőtér üzemeltetéshez, terület felhasználás és környezetvédelmi szempontból, a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet, függelékei, napi névhasználat szerint Annexei sem adnak eljárásokat vagy ajánlásokat. Az ICAO létrehozásáról 1944 december 07-én, Chicagóban aláírt Egyezmény döntött. Az 1969-ben repülési zajról a repülőterek környezetében tartott rendkívüli találkozó adja a Doc 9184-ben, 1974-ben megtartott Eight Air Navigation Conference által, közzétett irányelvek alapját és ismerteti az egyes tagállamok által követett gyakorlatot.

LAND USE AND PLANNING AND ENVIRONMENTAL REGULATION OF AVIATION

Airworthiness is a term used to dictate whether an aircraft is worthy of safe flight. An amendment of this certificate is the noise certificate in accordance to ICAO Annex 16 and CS-36 regulated by National Authority and European Aviation Safety Agency. This directives asses noise limits of movement of flight for example take-off or landing. The ICAO doc. 9184 directives collect the main problems for land use planning and for condition of sustainable development.

A LÉGIKÖZLEKEDÉS KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI

A cikkem célja, hogy szakértői és jogász szemével hívjam fel a figyelmet a légi közlekedés környezetvédelmi szabályozásának újra gondolására. Mindezek kapcsán hangsúlyozni szeretném, hogy a nem megfelelő szabályozásból adódó konfliktusok sok esetben megelőzhetők lennének felelősségteljes településrendezési, hatósági és környezethasználói döntésekkel.

A környezetvédelem fontosságát nem szabad lebecsülnünk, azonban a kérdés túlzott előtérbe helyezése más szempontok kárára veszélyes, illetve visszas lehet. A 90-es években végbement társadalmi – gazdasági változások alapjaiban érintették – érintik a légi közlekedési szektort, és azon belül az annak bázisait képező repülőtereket is.

A légi közlekedési szektorból az állam mára gyakorlatilag teljes egészében kivonult, így megszűnt a repülőterek állami dotációja is. Mindez a repülőterek tulajdonosait, üzemben tartóit új feladat elé állította, meg kellett felelniük az új gazdasági rendszer adta sajátosságoknak, vagyis most, már saját maguknak kell gondoskodni fenntartásukról.

Fokozottan előtérbe kerültek más alkotmányos alapjogok, mint például az egészséges élethez, környezethez való jog, amelyet a repülőterek üzemben tartói is kötelesek biztosítani a környezetükben élők számára, és mindezt úgy, hogy közben a repülés biztonsága nem sérülhet, illetve azt folyamatosan fejleszteniük szükséges. Kenyeres János álláspontja szerint a légi jog azon jogterületek egyike, ahol szembetűnő interdiszciplináris ötvöződés érvényesül. Ugyanis a légi jognak különböző alrendszerei alkotják a légi jogot, a légi jogot, légi jogot,

¹ Csermely Ildikó, zaj- és rezgéscsökkentési szakértő, csermely.ildiko@gmail.hu

² Lektorálta: Dr. Palik Mátyás, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, palik.matyas@uni-nke.hu

büntetőjogot, európai uniós légi jogot, nemzetközi légi jogot és az űrjogot is. A repülőtereket a légiközlekedés báziselemének tekintik. Nem véletlenül.

Napjaink egyik leggyakrabban használt fogalma a **fenntartható fejlődés**. Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága 1987-ben, „Közös Jövők” címmel kiadott jelentésében a fogalmat a következőképpen definiálja: „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” A fenntartható fejlődés három alappilléren nyugszik, nevezetesen a szociális, a gazdasági és a környezeti pilléreken és mindháromat együttesen, kölcsönhatásaikat figyelembe véve, mérlegelve kell alkalmazni a különböző intézkedéseknél, cselekvéseknél.

A fenntartható fejlődés olyan társadalom kiépítését célozza meg, amely

1. megvédi és fejleszti a környezetét;
2. kielégíti a társadalmi szükségleteket;
3. támogatja a gazdaság eredményességét.

Magyarország számára alapvető fontosságú az ország elsősorú repülőterének, a Budapest Ferihegy Nemzetközi Repülőtérnek és más repülőtereknek – a nemzetközi légi forgalom számára is alkalmas – egymással összehangolt fejlesztése, működtetése. A vidéki repülőterek fejlesztését az Országos Területrendezési Tervvel és a településfejlesztési programokkal összhangban kell végrehajtani. A fenti szempontok közül bármelyiknek az indokolatlan előtérbe kerülése – így a környezetvédelemé is – un. „Fenntarthatási szakadékot” eredményezhet, amely a másik két szempont csorbulásával jár.

A társadalmi fenntarthatóság lényegében hozzáférési lehetőséget takar, amelyet minden állam köteles egyenlő esélyekkel és feltételekkel biztosítani bárki számára. A légiközlekedés szempontjából rendkívül fontos a fenntartható közlekedési szerkezet, amelynek egyik legfontosabb elemei maguk a repülőterek.

A repülőtér beilleszthetősége a környezetébe olyan eszme, amit úgy lehet kielégíteni, ha megfelelően tervezzük meg a repülőteret, ellenőrzés alá vonjuk a szennyezést keltő forrásokat és a repülőteret körülvevő területek használatát megtervezzük. Az ehhez rendelkezésre álló szakmai anyagok a nemzetközi közzétett adattárak, ICAO dokumentumok (Doc9501, Doc9184, Doc9911, Doc 4444, Doc 9137, Circular 205), ugyanakkor a 18/1998 (X.11) KHVM-KTM együttes rendelet mellékleteként kiadott repülőgépek zajemissziós adatai már nagyon elavultak.

Levegővédelem

A légi jármű hajtóművek működésének nem kívánatos melléktermékei a szénmonoxid, az el nem égett szénhidrogének, a nitrogén oxidjai és parányi szilárd részecskék. Ezek a levegőben lebegve, füst-fátyol alakjában képeznek látható bizonyítékot a levegőszennyezettségre. A látható füstfátyol sokkal kevésbé környezetszennyező és kevésbé káros a közegészségre, mint a hajtóművek másfajta emissziói

A repülőtereken és a közeli környezetükben végzett levegő-minőségi vizsgálatok azt mutatták, hogy ezeken a területeken az atmoszféra szennyezését főként a gépkocsiknak, a repülőtéri földi járműveknek és más városi szennyező forrásoknak kell tulajdonítani.

Zajvédelem

A repülőterek kezdetektől fogva szennyező anyagok kibocsátását okozta, mely problémára azonban csak akkor kezdett a figyelem összpontosulni, amikor a légitforgalom nagysága általánosan növekedni kezdett. Az utóbbi évek alatt a közfigyelem általánosan megnövekedett a környezetvédelem vonatkozásában és a közvélemény, illetve a lakosság tiltakozása hangsúlyozottá tette, hogy hatékony intézkedéseket kell tenni a repülőterek és szennyezéseinek elhárítására.

A repülőtéri zajterhelés messzemenően legjelentősebb összetevője a légijárművek hajtóműve. A légijármű hajtóművéből származó zaj erőssége és jellege eléggé változatos és attól függ, milyen típusú a hajtómű illetve, hogy milyen jellegű művelet van folyamatban. A repülőterekkel kapcsolatos zajártalom ezen kívül még szoros összefüggésben áll a légijárművek műveleti gyakoriságával és azzal, hogy ez a nap folyamán hogyan oszlik meg, hiszen az éjszakai zaj zavaróbb, mint a nappali.

A Légiközlekedési Hatósághoz benyújtott panaszok egyértelműen azt mutatják, hogy a lakosságot a maximális zajterhelés és annak gyakorisága zavarja.

Az európai szabályozást nem maximális zajértékére, hanem egy napszakra vonatkozó időtartam átlagára úgynevezett egyenértékű zajszintre határozták meg a jogalkotók.

A zajkorlátozás szükségessé tette, hogy a repülőtér környezetében elhelyezkedő területek zajszintjének csökkentése érdekében üzemeltetési eljárásokat vezessenek be. Így például előírt megközelítési és felszállási útvonalak kijelölése, bizonyos üzemeltetési szakaszokban a maximális tolóerő beállítása, általánosan alkalmazott légijármű zajcsökkentő eljárások.

Az előzőekben felsorolt intézkedések a zajt keletkezési helyén, üzemeltetési módszerekkel és időzítéssel hárítják el. Ezeken kívül a zaj következményeit a földhasználat megtervezésével és akusztikai védőgáttal lehet még csökkenteni.

A hazai jogszabályok módosításának fő célkitűzése a repülőterek szomszédságában fekvő területek felhasználásának során olyan vezérelvek megalkotása lehetne, melyekben már környezetvédelmi szempontok is előtérbe kerülnének.

Ennek fényében módosításra szorul a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól szóló 176/1997. (X.11.) Korm. rendelet, a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek, kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szóló 18/1997. (X.11) KHVM-KTM együttes rendelet, valamint a 159/2010. (V.6.) Korm. rendelet a repülőtér létesítésének, fejlesztésének és megszüntetésének, valamint a leszállóhely létesítésének és megszüntetésének szabályairól.

A jogalkalmazás során komoly hiányosságok mutatkoznak e rendeletek gyakorlati alkalmazhatósága tekintetében. Az egyes fogalmak pontos, taxatív meghatározása, csakúgy, mint a repülőterek létesítésére vonatkozó szabályok újragondolása nélkülözhetetlen. A mindennapok során problémákat vet az illetékes építésügyi szakhatóság értelmezése (az új szabályozás szerint a jegyzők jogosultak a szakhatósági díjszedésre). Célszerű lenne, ha a zajgátló védőövezet fogalmát a zajkontúr váltaná fel, így áthidalható lenne a kapcsolódó szakterületi jogszabályok és a

lakosság jogértelmezése. A szabályozott eljárási rend hiányára vezethető vissza a zaj emissziós adatbázis frissítésének szükségessége.

Zajvédelem természetvédelmi vonatkozásai

Bizonyos területeken a repülőtér bizonyos zajaitól való árnyékolásra lehet fákat ültetni. Japánban végeztek kutatásokat arról, hogy az erdős területeknek milyen a hangszigetelő jellegzetessége és bebizonyosodott, hogy az ésszerűen ültetett fák várhatóan jó védelmet nyújtanak a földi nekifutás zajával szemben. A lejtős feltöltés könnyíti a fák ültetését és jelentős hangszigetelő hatást lehet tőle elvárni már a kezdeti időszakban is, amikor a fák még nem nőttek fel teljes magasságukig, ugyanis magának a gátszerű feltöltésnek is jelentős hangszigetelő hatása van. Az örökzöld fákból álló 100 m széles sávnak hangcsillapítása 25–30 dB.

Ha valamely, hangszigetelő erdősáv kialakításához fafajta kiválasztani, gondolni kell olyan fajta kiválasztásra amelyik:

- 1) alkalmas a repülőtér klímaviszonyaihoz;
- 2) jó hangszigetelő tulajdonságú (pl.: télen nem hullatja le lombjait vagy tűleveleit, gyorsan és sűrűn növekszik stb.);
- 3) nem hordoz túlzott madár veszélyt;
- 4) könnyű a gondozása (pl.: egészséges fajta, nem könnyen támadják meg lombevő vagy mérgező rovarok, stb.).

Vízvédelem

Külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a repülőterek építési időszakában a víz ne tudjon elszennyeződni. A folyóvizek feltehető szennyezését okozó építészeti műveletek közé tartozik a növénytakaró eltávolítása, a növények elrohasztása és a növényirtó szerek. A növényzet eltávolítása általában azzal jár, hogy a folyóvizekbe bevitt talaj mennyisége megnövekszik. A növényirtó szereknek különösen permetezéssel alkalmazása hosszú élettartamú mérgező vegyszereket juttat a vízbe. Az épületekhez és a burkolatok kiképzéséhez felhasznált vegyszerek illetve a berendezésekből elszivárgó tüzelőanyagok ugyancsak hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a területen folyó vízi utak hidrológiai egyensúlyát felborítsák. Ha a repülőtér építkezése miatt valamely terület természetes vízvezetési módozatát megváltoztatjuk, ezáltal bizonyos folyóvizeket túlterheljük, ami áradásokra vezethet. Más esetekben a vízfolyás eltérítése miatt a folyóvizek kiszáradhatnak.

A növényzet és az állatvilág védelme

Sok országban van törvényes intézkedés bizonyos fajta növények és állatok védelmére. Ezeket figyelembe kell venni a repülőtéri fejlesztések tervezésekor és a repülőtér napi üzemeltetésének irányításakor. A kötelező előírásokon kívül lényeges hogy minden vonatkozásban vegyük figyelembe milyen változtatással jár a repülőtér kialakítása a növényzetre és az állatvilágra, hogy előre intézkedéseket tegyünk annak érdekében, hogy a környezeti szempontok nem kívánatos megzavarása minimális legyen. Bizonyos növények és állatok védelmi előírásai lehetetlenné tehetik a repülőtér építését bizonyos helyeken vagy a meglévő repülőtér bővítését. Ugyanezek az előírások megakadályozhatják a megközelítési és felszállási területeken a növényzet ellen-

őrzését illetve nagyon megnehezíthetik, hogy a repülőtéren bizonyos állatokat, különösen madarakat ellenőrzés alá vegyünk. Ha csak lehet, kerüljük el a repülőtér telepítését, ha ilyen korlátozások vannak érvényben.

Ha a repülőterek zavarják a növényeket és állatokat minden erőnkkel törekedjünk arra, hogy ezt a zavaró hatást minimumra csökkentsük. Általában érvényes hogy a vadállatok megszokott környezetük elhelyezésére rendelkezésre állnak más területek. Ha mégsem ez a helyzet, lehet mesterségesen kialakított megfelelő lakókörnyezetet kialakítani az állatvilág számára, talán úgy hogy bizonyos növényfajtaikat átültetünk, vagy mesterségesen tavakat hozunk létre.

Minden repülőtér más, mint ahogy más a repülőteret körülvevő területek is. A repülőterek szomszédságában különböző mértékben találhatunk östermészeti területeket pl.: erdőket, fátlan mezőket, folyókat, mocsarakat benyúló öblöket, amelyekben lehetnek vadon élő állatok vagy nem. Sok esetben az östermészeti területek jelenléte határozza meg a repülőtér helyének kiválasztását. Más esetekben a kiválasztás egyéb tényezőkre alapozódik, de az östermészeti területek létezése további előnyökkel jár.

Az östermészeti jellegzetességek jelenléte a bevezetés és felszállás területein sokat tett idáig a légijárművek zajproblémájának enyhítésében. Erre példa az egyik új repülőtér, amelyet egy folyó kanyarulatában helyeztek el, hogy kihasználják a közeli vízfelületet a futópálya mindkét végénél. Az öblök szélén feltöltött földön elhelyezett futópályák ugyancsak akadálymentes bevezetést tesznek lehetővé a víztükör fölött. Östermészeti jellegzetességeket a múltban és a jelenben is előnyösen lehet kihasználni nemcsak arra, hogy a repülőteret megvédjük a zajártalmi panaszok ellen, de arra is, hogy növeljük a repülőtér természeti szépségét és iránta forgalmi érdeklődést. Ahol azonban folyók tavak öblök vagy mocsarak vannak a repülőtér területén, madár probléma fordulhat elő. Ez néhány repülőtéren olyan súlyos mértékű volt, hogy balesetek okozója is lett.

A repülőterek üzembiztonságával kapcsolatos egyik lényeges tényező a területen élő madarak fajtája és szokásai, amivel összefüggésben áll a légijárművek és madarak összeütközési veszélye. Az új repülőtereken a madárütközések veszélyét minimumra lehet szorítani, ha a helyszín gondos megválasztásával elkerüljük a madarak kialakult átvonulási útjait és az olyan helyeket, amelyek területüknél fogva vonzóak a madarak számára, végül, ha a repülőteret körülvevő földet olyan célra hasznosítjuk, amely ezen a helyen nem vonzza a madarak tömeges gyülekezését.

A meglévő repülőtereken a madár problémát úgy lehet elkerülni, ha riasztó eljárásokat alkalmazunk és a repülőteret, illetve környezetét a madarak számára kedvezőtlen élettérre alakítjuk.

A fentiekre tekintettel a repülőterek környezetbe való beilleszthetősége csak úgy valósítható meg, ha a repülőtereket megfelelően tervezzük meg, a szennyezést keltő forrásokat ellenőrzés alá vonjuk, és a repülőtereket körülvevő területek földhasználatát megtervezzük.

A cél az, hogy az elérhető legjobb körülményeket biztosítsuk a repülőtér, a repülőteret körülvevő földterület lakóközössége, és a környezet mikroklímája számára.

Környezetszennyezés képződhet a repülőtéren belül és az azt körülvevő területen is, ezért olyan környezetellenőrző intézkedéseket kell bevezetni, amelyek egyaránt érvényesíthetők a repülőterekre és repülőterek szomszédos területeire is. A repülőtér nemcsak a szennyező hatása miatt



lehet zavaró jelenség, hanem hatalmas kiterjedése is, a repülőtérrel kapcsolatos további fejlesztések olyan negatív következményekkel járhatnak, amelyeket figyelembe vétele indokolt.

A repülőtér környezetében a terület felhasználási tervezésnek kettős jelentősége van: egyrészt a repülőtér szükségleteinek kielégítése (pl.: akadálymentes területek kijelölése, repülőtér jövőbeli továbbfejlesztése), másrészt minimális zavarás biztosítása a környezet és a lakosság részére, pl. a lakóterületek távolabb telepítése a túlzott zajártalomnak kitett zónáktól, vagy más szennyezésnek kitett övezetektől, parkosított területek létesítése stb.

Összefoglalva tehát olyan jogszabály megalkotása szükséges, amely során a tervezés, a repülőtér beilleszkedő földhasználatának figyelembevételével történik, ezáltal optimális kapcsolatot biztosítva a repülőtér és környezete között.

Ma Magyarországon az a paradox helyzet alakult ki, hogy a repülőtér fejlesztése, teljesítményének növelése nemzetgazdasági érdek, ugyanakkor a lakossági ellenállás növekedése következtében a fejlesztések csak a csatlakozó környezetvédelmi beruházások megfelelő szintje mellett valósíthatóak meg folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások betartásával.

Európai uniós rendelet szerint megfelelő eszközökkel meg kell akadályozni az illetéktelen személyek, járművek és a légi járművek műveleteire elfogadhatatlan kockázatot jelentő méretű állatok belépését a forgalmi területre, a nemzeti és nemzetközi állatvédelmi intézkedések sérelme nélkül. Továbbá a repülőtér üzemeltetőjének megfelelő intézkedéscsomagot kell kialakítania és bevezetnie a vadon élő állatok jelentette kockázat kezelésére, és olyan területeket kell létrehozni, amelyek a repülőtér mozgási területének környezetében ösztönzőleg hatnának a vadon élő állatok jelenlétére. Továbbá a zajszennyezéssel kapcsolatosan a Parlament többször hangsúlyozta, hogy tovább kell csökkenteni a határértékeket, és hogy fejlettebb mérési eljárásokra van szükség a környezeti zaj tekintetében. Felszólított a repülőtér környéki környezeti zajra vonatkozó európai uniós értékek megállapítására (beleértve az éjszakai repülés végleges tilalmát is), valamint arra, hogy a zajcsökkentési intézkedéseket a szubszonikus sugárhajtású katonai repülőgépekre is terjesszék ki.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. SOBOR ÁKOS – DR. BECSKE LORAND: Nemzetközi kitekintés a repülési zaj szabályozására. Akusztikai Szemle, 2010-
- [2] A repülőtér környezetében létesítendő zajgátló védőövezet kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól szóló a176/1997.(X.11.). Kormányrendelet
- [3] A repülőtér környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól szóló 18/1997. (X.11.). KHVM- KTM rendelet
- [4] ICAO Airport Services Manual(Doc 9137)
- [5] ICAO DOC 9184 Airport Planning Manual.
- [6] EURÓPAI PARLAMENT url: www.europarl.europa.eu/aboutparliament/hu/displayFtu.html?ftuId

Major Gábor¹

ÉSSZERŰ SZABÁLYOZÁS VAGY TILTÁS, AVAGY MIT LEHET KEZDENI A DRÓNOKKAL?²

*Minden újdonság megjelenése esetén a társadalom tagjaiból azonnal, ösztönösen két nagyobb tábor alakul. Le-
gyen ez az újdonság egy gasztronómiai rafinéria, egy technikai-, tudományos újítás, vagy akár egy jogi szabályo-
zási elképzelés. Minden esetben, talán az emberiség genetikai alap kódolásából eredően, biztosan lesz lelkesen
támogató és legalább ilyen vehemenciával megnyilvánuló ellenző is. Nincs ez másként a pilóta nélküli légijármű
rendszerek³ alkalmazásának esetében sem. Az UAS-ek technikai fejlesztése rohamtempóban zajlik. A felhasználási
lehetőségeik napról-napra szélesednek, de mindenki azt, és úgy alkalmazhatja, ahogyan az a felhasználási igénye-
inek megfelel? Milyen szabályozási, etikai, műszaki és társadalmi problémákat kell megoldani? Ez a közlemény
rövid áttekintést ad a releváns hazai publikációkról, és tartalmazza a szerző egyéni következtetéseit is.*

Kulcsszavak: drón, pilótánélküli légijármű rendszerek, törvényi szabályozás, adatvédelem

REASONABLE REGULATION OR PROHIBITION: WHAT CAN WE DO WITH THE UNMANNED AERIAL VEHICLES?

*In all cases of appearance of new items, the members of society form spontaneously two large groups. This novelty can
be a gastronomical craftiness or a technological-scientific innovation or a plan of a legal regulation. In such cases-the
genetic encoding can be the reason for this phenomenon- two groups will come into existence undoubtedly: a supporting
and an opposing one revealing itself as vehemently as the former group. It can not be otherwise in the case of use of
unmanned aircraft systems, as well. The technological development of UASs is being carried out intensively. The number
of alternative possibilities of their application is more and more everyday. But can every user apply properly the suitable
feasibility for their demands? What kind of regulatory, ethical, technological and social questions should be solved?
This bulletin offers a brief review of the relevant Hungarian publications and contains the conclusions of the author.*

Keywords: unmanned aerial vehicle, unmanned aircraft systems, legal regulation, privacy

*„Ezért a bölcs hadvezér megfontoltságának össze
kell kötnie az előnyt és a hátrányt. Ha az
előnyökhöz mindig hozzászámítjuk (a hátrányokat is),
akkor bízhatunk vállalkozásaink (sikeres)
megvalósíthatásában. Ha pedig a hátrányokhoz
mindig hozzászámítjuk (az előnyöket is),
akkor minden szerencsétlenséget
el lehet kerülni.”*

(Szun-ce⁴: A háború művészete) [1]

BEVEZETÉS

Világunk gyorsan változik. A pilóta nélküli repülő eszközök megjelenését követően évtizedekig csak egy-egy szűk csoport foglalkozott ezen eszközök használatával. Az elterjedésüket katonai

¹ őrnagy, PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola,
major.gabor7@gmail.com

² Lektorálta: Dr. Palik Máttyás, tanszékvezető, egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, pa-
lik.matyas@uni-nke.hu

³ UAS – Unmanned Aerial Systems

⁴ Ókori kínai hadvezér i.e. 544-i.e. 496.

berkeken belül értelmezhetjük, figyelhetjük meg, így az elmúlt néhány évet megelőzően, a törvényi szabályozásukról beszélni értelmetlen lett volna. Sem a felhasználás területeit tekintve, sem pedig a számbeli elterjedését illetően nem volt annyira a mindennapi élet része, mint napjainkban. Kitejednek a globalizáció, a világ bármely pontján bekövetkező eseményekről percekkel belül híradást kapunk és távoli földrészekeken élő „ismerőseink” azonnal értesülnek apró rezdüléseinkről, amelyeket mi magunk a közösségi oldalakon is megosztunk.

A technika terén elért fejlődés eredményének köszönhetően, ezen speciális repülő eszközök megjelenése, jelentősen átalakítja a hadviselés szabályait, de ezzel párhuzamosan a bűnüldöző szervek és a nemzetbiztonsági ügynökségek eszköztárában is megjelennek, ami az információ- és bizonyítékszerzés új lehetőségeit adja az említett területeken.

A rohamléptekben történő fejlődésének köszönhetően a távirányított repülőgépek technikai mutatói szinte napról-napra múlják felül az aktuális paramétereket. Ezért, nem elegendő csupán – az EU és jelentősebb nemzetközi szervezetek által is sürgetett – a háborús területeken történő alkalmazásuk nemzetközi jogi szabályainak a kidolgozása, hanem az emberi és szabadságjogok egyéb területeinek korlátozását jelentő bűnügyi és titkosszolgálati alkalmazások lehetőségeire is figyelemmel kell lenni, ami nap, mint nap új kihívások elé állítja a jogalkotást, jogértelmezést.

A drónokkal, azok felhasználásával, üzemeltetésével kapcsolatos jogszabályok rendszerbe foglalása „fényévekre” lemaradt a technikai és technológiai fejlődéstől. Ez azt a veszélyt rejti magában, hogy a könnyen hozzáférhető, kettős felhasználású (katonai és polgári célú) UAV⁵-k visszaélések elkövetésére is alkalmasak lehetnek. Az aszimmetrikus hadviselést folytató terror-szervezetek, illetve a bulvársajtó számára személyiségi jogokat sértő képfelvételeket készítőik csak egy-egy kiragadott példát jelentenek.

A technikai újítások miatt bekövetkezett változások szükségessé teszik-e, és amennyiben igen, akkor milyen jellegű és mértékű jogi szabályozás újragondolása indokolt?

A hatékony, biztonságos, felhasználó barát és átlátható „drónhasználat” megteremtésének egyik iránya lehet a tervezők, felhasználók és hatóságok közötti „szálak megfelelő összefűzése” – ennek próbál az írásmű további része megfelelni.

A SZABÁLYOZÁS LEHETSÉGES TERÜLETEI

Napjainkban, egymástól függetlenül több nemzetközi légitársasági-, repülésbiztonsági szervezet, valamint nemzeti hatóság kutatja a – repülésben egyre nagyobb szerephez jutó – pilóta nélküli légitársasági rendszerek alkalmazási területeit, az ehhez kapcsolódó szabályozási kérdéseket. Mint repülő eszköz, elsősorban a légitársasággal foglalkozó hatóságoknak okoz fejtörést a repülőeszközök légtérbe történő integrálása kapcsán. A következő terület a szabályozott keretek közötti hadiipari és a környezetvédelmi felhasználás. Ezen túl a magyarországi rendvédelmi és nemzetbiztonsági szervek is „bejelentkeztek” a hasznosítás érdekében. Esetükben ezek a légi eszközök a titkos információ-gyűjtésének azon módszerei és eszközei, ahol az UAV-k használata akár napjainkban, akár a későbbiekben fontos szerepet tölthet be. Ha mindezen szerteágazó feladatrendszer megvizsgáljuk, láthatjuk,

⁵ UAV – Unmanned Aerial Vehicle

hogyan az adott felhasználási környezetben sem egyszerű az érintett terület eljárás rendjébe, szabályozási metódusába hatékonyan beilleszteni. Mivel ezen új technológia számos lehetőséget nyit meg a katonai felhasználáson túl az ipar, a mezőgazdaság és a kereskedelem területén, elsősorban a repülő szerkezetekre szerelt eszközök (mozgóképfelvevő kamera, fényképezőgép, csomagszállítás, hő szenzor, infrakamera, GPS jeladó, bluetooth, WiFi jeladó, mozgás érzékelő, arcfelismerő, biometrikus szkennerek stb.) diverzifikált és kombinálható felhasználási módjai által, ezért a szabályozásuk kiterjesztése szükségszerű lehet a magánszféra- és adatvédelmi kérdések területére is.

Az eszközök térbeli elhelyezkedése, mozgásuk specifikus jellege és az esetlegesen előforduló személyes adatok kezelése, használata logikusan alátámasztja az említett kérdéskör vizsgálatának fontosságát. Jelenleg a speciális légi eszközök használatának jogszabályi alapjaira vonatkozóan, a polgári repülés területén közös szabályokról és az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség létrehozásáról, valamint a 91/670/EK tanácsi rendelet, 1592/2002/EK rendelet és a 2004/36/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 216/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet, második melléklete⁶ kimondja, hogy a 150 kg-ot meghaladó távirányított repülőgépek biztonsági követelményeit az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség rendeleti úton szabályozza. Ezzel szemben a 150 kg alatti távirányított repülőgépek repülésbiztonsági szabályait a tagállamok Légügyi Hatóságai állapítják meg. Magyarországon a távirányított repülőkre vonatkozóan nincs külön jogszabály, a tárgykört részletesen szabályozó törvény előkészítés alatt áll. A törvény hatálybalépéséig használatuk csak egyedi engedély alapján lehetséges, a hatósági engedélyeket a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatala adja ki.

Általánosságban kiemelendő, hogy nem ezeknek a speciális személyzet nélküli légi járművek a használata jelent adatvédelmi problémát, hanem az ezen eszközökre szerelhető kiegészítőkkal megvalósuló atipikusnak mondható adatkezelés. A legfőbb eltérés az eddigi adatkezelésektől az, hogy még a rendeltetészerű használat is nagyon erős behatolást jelenthet a személyek magánszférájába, hiszen az eszköz képes arra, hogy válogatás nélkül gyűjtsön adatokat mindenről, ami a látókörébe kerül. Ez a látókör, az eddigi hasonló technológiák használati tapasztalataival összevetve szokatlanul széles és igen gyorsan változtatható. Ha nincs rá irányadó szabályozás, (szemben egy helikopterre szerelt kamerával, vagy egy fix vagyonvédelmi kamerarendszerrel), képes arra, hogy mozgó személyeket, tárgyakat kövessen, anélkül, hogy erre az érintettek felfigyelnének. Ezen új technológia segítségével az adatkezelő könnyen képessé válhat rejtett megfigyelésre, hiszen a megfigyelést lehetővé tévő szállító légi eszköz mérete egészen kicsi is lehet. Nehezen, vagy egyáltalán nem észlelhető és gyors, sok esetben észrevétlen helyváltoztatásra képes.

A sport- és modellrepülő, légballonok és egyéb repülő eszközök, azokra potenciálisan rögzíthető képfelvevőkhöz képest a drónok funkciói és tulajdonságai nagymértékben eltérnek. Ez a technológia minőségében újat hoz a régebbi technológiákhoz képest. Az adatkezelés ezeken felül teljesen automata rendszerben történik, így menet közben nehéz, vagy lehetetlen változtatni rajta. Szintén fontos eltérés, hogy az egy-egy repülés során rögzíthető adatmennyiség és az adatok fajtáinak széles skálája az eredeti céltól eltérő, így akár készletező adatgyűjtésre is alkalmassá teszi ezen új technológiát. Az ilyen formában megvalósított adatkezelés a levegőben

⁶ A polgári repülés területén közös szabályokról és az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség létrehozásáról, valamint a 91/670/EK tanácsi rendelet, 1592/2002/EK rendelet és a 2004/36/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 216/2008/EK (2008. február 20.) európai parlamenti és tanácsi rendelet Második Melléklete, HL L 79.

megy végbe, vagy olyan adat a tárgya, amelyet a levegőből, eddig szokatlan magasságból, pozícióból vettek fel. Az adatgyűjtést az alany legtöbbször nem is érzékeli, de ha még tudomást is szerez róla, nem tudja az érintett, hogy jogait kivel szemben kell, lehet gyakorolnia. Kijelenthető, hogy ezen új technológia nem megfelelő használata lehetőséget nyújt az egyének magán-szférájának nagyarányú megsértésére és a technológia pusztta léte is a magánszféra határainak kitolódása irányába hat. Elsősorban azért, hogy a légi jármű a levegőből, nagy távolságból képes személyes adatokat gyűjteni, így olyan területeken is számolnia kell az állampolgároknak legintimebb magánszférájuk elleni hatásokkal, ahol eddig nem történtek ilyen beavatkozások. Megjegyzendő, hogy ennek a technológiának a használata úgy is befolyásolhatja a magánszférát, az arról alkotott képet és közfelfogást, ha azok nem is rögzítenek személyes adatot. Az adatkezelés ilyen speciális formája a technológia képességeiből eredő magánszféra- és adatvédelmi aggályok miatt, más hasonló rendszereknél nincsenek ilyen mértékben jelen. Ezen eszközök a légtérben, pusztta jelenlétével az alábbiak szerint befolyásolhatja a magánszféra sértetlenségét és az egyéb emberi jogokat:

- a megfigyeléstől való félelem, változást idézhet elő a magánszemélyek viselkedésében;
- a drón használatával minden eddiginél könnyebbé és egyszerűbbé válik a személyek pszichikai és fizikai méltóságának megsértése;
- a magánszemélyek számára a technológia egyelőre átláthatatlan, követhetetlen;
- az eredetitől eltérő célból történő adatkezelés veszélye kifejezetten magas;
- az emberi test anonimitásának, az emberi méltóságnak nagyfokú sérülékenysége;
- magánlakás, magánterület zavartalanságának nagyfokú sérülékenysége;
- a szabadsághoz és biztonsághoz való jogra, az egyesülési szabadságra, a gyülekezési szabadságra, a vallásszabadságra, a véleménynyilvánítás szabadságára és a hátrányos megkülönböztetés tilalmára kifejtett negatív hatások jelentősége.

Adatvédelmi iránymutatás a civil felhasználás területére

A fentebb összefoglalt adatvédelmi kérdésekben, a törvényi szabályozás elősegítése érdekében a Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság (a továbbiakban: Hatóság) ajánlást fogalmazott meg erről a speciálisnak mondható, máshová eddig be nem sorolható adatkezelésekről, mely lényegi elemeit az írás további részében foglalom össze.

Az iránymutatás a személyzet nélküli légi járművek civil felhasználását járja körül, a katonai célú felhasználás az ajánlásnak nem tárgya. Sokféle módon lehet elemezni a kérdéskört⁷, de a Hatóság saját elemzésében három fő felhasználói kategóriát különböztet meg, az állami, kereskedelmi és magáncélú felhasználást, és e három felhasználási területre vonatkozóan kíván aján-

⁷ Drones in Canada: Will the proliferation of domestic drone use in Canada raise new concerns for privacy? Report prepared by the Research Group of the Office of the Privacy Commission of Canada (2013) https://www.priv.gc.ca/information/research-recherche/2013/drones_201303_e.pdf; In the picture: A data protection code of practice for surveillance cameras and personal information, UK Information Commissioner, (2014), http://ico.org.uk/news/latest_news/2014/~media/documents/library/Data_Protection/Detailed_specialist_guides/cctvcode-of-practice.pdf, European Commission: Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, A new era for aviation, Opening the aviation market to the civil use of remotely piloted aircraft systems in a safe and sustainable manner. Brussels, 8.4.2014. COM(2014) 207 final, European Commission Enterprise and Industry Directorate-General, ENTR/2007/065: Study analysing the current activities in the field of uav.

lásokat megfogalmazni a következő célok érdekében. Az állami célú felhasználásra vonatkozóan, a jelen ajánlás annak érdekében kíván javaslatokat megfogalmazni, hogy a pilóta nélküli légi eszközök használatával megvalósuló adatkezelés ne irányuljon titkos megfigyelésre, készletező adatgyűjtésre, adatkezelésre⁸. Az ajánlás a kereskedelmi célú⁹ felhasználásra vonatkozóan a magánszféra- és adatvédelmi megfontolásoknak egy hatósági engedélyezési eljárás keretében való érvényre juttatása érdekében tesz javaslatot, leginkább azért, hogy a technológia használatával érintett alapjogok megfelelő védelmet kaphassanak. A Hatóság végezetül a magáncélú felhasználás esetében az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról szóló 2011. évi CXII. törvény (továbbiakban: Infotv¹⁰) hatályának ezen felhasználási területre történő kiterjesztésére (kivételes jelleggel és csak a drónokkal megvalósított adatkezelésekre vonatkozóan) tesz javaslatot.

Az UAS-ek használatához kapcsolódó magánszféra- és adatvédelmi rendelkezések meghatározása során mindenképp figyelembe kell venni a létező nemzetközi (Emberi Jogok Európai Egyezményének¹¹ 8. cikk, Európa Tanács 108-as Egyezménye¹², 95/46/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv¹³) és a hazai jogforrásokat (Magyarország Alaptörvénye¹⁴, Infotv). Figyelemmel kell lenni az adatvédelmi szabályok megalkotása során a jogi tárgy speciális jellegére, egyes speciális tulajdonságaira is. A speciális repülő szerkezetekre vonatkozó szabályok megalkotásakor érdemes figyelemmel lenni az Európai Unió Bírósága C-293/12. és C-594/12. számú Digital Rights Ireland, valamint Seitlinger és társai egyesített ügyekben¹⁵ (2004/24/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvvel¹⁶) hozott ítéletében foglaltakra is. Figyelemmel kell lenni elsősorban arra, hogy a Bíróság a Charta¹⁷ 7. (magánélethez való jog) és 8. (személyes adatok védelméhez való jog) cikkében foglalt alapjogok legmagasabb szintű érvényesülése mellett foglalt állást. Tekintettel arra, hogy ezek a speciális járművek mind állami, mind kereskedelmi és magáncélú felhasználása során személyes adatok tömeges gyűjtésére képesek, ezért mind az adatgyűjtésre vonatkozó szabályok megalkotásánál, mind a más célból gyűjtött adatok – állami szervek általi – átvétele szabályainak megalkotásánál figyelembe kell venni a Bíróság ítéletében az adatmegőrzési irányelv hiányosságait feltáró megállapításait is.

Az így megvalósuló adatkezelés esetében eltérő adatvédelmi rendelkezések megfogalmazása lehet kívánatos a más, hasonlóknak tűnő szabályozási tárgyra (például köztéri kamerázásra, légi

⁸ A Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság ajánlása a munkahelyen alkalmazott elektronikus megfigyelőrendszer alapvető követelményeiről. 2013.01.30. Online hozzáférhető:

<http://www.naih.hu/files/Ajanlas-amunkahelyi-kameras-megfigyelesr-l.pdf>

⁹ Ide értendő a gazdasági élet valamennyi felhasználási területén, azaz az ipar, a mezőgazdaság és a kereskedelem területén drónokkal folytatott adatkezelés.

¹⁰ http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100112.TV

¹¹ Európa Tanács, Emberi Jogok Európai Egyezménye, CETS 005., 1950.

¹² Egyezmény az egyének védelméről a személyes adatok gépi feldolgozása során, Európa Tanács, CETS 108., 1981.

¹³ 95/46/EK irányelv a személyes adatok feldolgozása vonatkozásában az egyének védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról (adatvédelmi irányelv), HL L 281., 1995

¹⁴ http://www.njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140968

¹⁵ EUB C-293/12. és C-594/12. sz., Seitlinger és társai egyesített ügyek, 2014. április 8.

¹⁶ Az Európai Parlament és a Tanács 2006. március 15-i 2006/24/EK irányelve a nyilvánosan elérhető elektronikus hírközlési szolgáltatások nyújtása, illetve a nyilvános hírközlő hálózatok szolgáltatása keretében előállított vagy feldolgozott adatok megőrzéséről és a 2002/58/EK irányelv módosításáról (adatmegőrzési irányelv), HL L 105., 2006., érvénytelenítve 2014. április 8-án

¹⁷ EU (2012), Az Európai Unió Alapjogi Chartája, HL C 326., 2012.

felvételek készítésére vonatkozó szabályokra) vonatkozó adatvédelemi szabályokhoz képest, hiszen ezekkel az eszközökkel az előzőekben ismertetett atipikus adatfelvétel és adatkezelés is megvalósítható. Ezért a Hatóság nem tartja elegendőnek a más, hasonlóan tűnő szabályozási tárgyra (például köztéri kamerázásra, légi felvételek készítésére vonatkozó szabályokra) vonatkozó utalást, hiszen az ezúton megvalósított adatkezelés számos, a fentiekben ismertetett különleges jellemzőt tartalmaz, amely indokolja, hogy ezen adatkezelésekre külön szabályozás szülessen. A Hatóság a jelenleg hatályos szabályok analógia útján történő alkalmazását sem tartja kielégítő megoldásnak, hiszen a fentebb ismertetett speciális elemek egyik létező szabályra történő utalással sem szabályozhatók kielégítően. A köztéri kamerázásra vonatkozó szabályok elégtelenek, hiszen egy repülőképes platformra telepítve a felvevő készülék sokszor észlelhetetlen és gyors helyváltoztatásra képes, szemben a térfigyelő kamerák statikus helyzetére és a kép-, vagy videó rögzítő berendezés jól látható mivoltára. A légi felvételek készítésére vonatkozó szabályokra történő utalás sem vezetne megnyugtató eredményre tekintettel arra, hogy a légi felvételeket jól észlelhető (látható, hallható), hatóságilag lajstromozott légi járművekből készítik, amelyekkel szemben a drónokat (jelenleg) nem lajstromozzák (a későbbiekben ez is lehet egy irány?), apró méretűek, sokszor észlelhetetlenek és nem minősülnek légi járműnek, amely indokok miatt is az eltérő szabályozás indokolt. Az ún. Google Street View szolgáltatással összefüggő adatvédelmi követelmények, bár kétség kívül szolgálhatnak bizonyos kérdésekben támpontul, eltérések nélküli alkalmazásuk azonban ezeknek sem kívánatos. Ez esetben sem került számításba az adatrögzítő eszköz észlelhetetlen mivolta, gyors helyváltoztatási képessége, valamint az, hogy nem egy statikus adatfelvételtől, hanem akár online adatfelvételtől, streamelésről, időben gyakran ismételt adatfelvételtől van szó. Ezen túl a drón olyan területekre is „belát”, ahová más eszköz nem. Olyan pozícióból képes adatokat rögzíteni, ahol eddig ilyenre nem kellett számítani és mindezt úgy is képes elvégezni, hogy az adatalany fel se figyeljen rá, hiszen hangjuk sem feltétlenül észlelhető.

A Hatóság tekintettel arra, hogy egyelőre nincs hazai szabályozás e tárgyban, de a drónok viszonylag alacsony áron elérhetőek mindenki számára, és arra, hogy a magáncélú felhasználás kiemelkedően magas kockázatokat is rejthet a mások magánszférájának zavartalansága szempontjából, felhívja a figyelmet, hogy az alábbi tanácsok ennek a speciális terület adatkezelésének egyes kiemelkedő kérdéseit érintik és a jelenlegi jogszabályi környezetet veszik alapul.

- Nem megfelelő használata könnyen bűncselekményt, szabálysértést (Btk. 219.§, Szabs.tv. 166.§, Btk. 222.§) valósíthat meg, amely esetében a drón csak elkövetési eszköz, a felelősség a használóját, irányítóját terheli.
- az így megvalósuló adatkezelések során a vonatkozó jogszabály megjelenéséig is elkerülhetetlen az Infotv. rendelkezéseit betartani.
- ezen eszközök használatával megvalósuló adatkezeléssel érintetteket olyan tájékoztatásban kell részesíteni, amely alkalmas arra, hogy az adatalany eredményesen fel tudjon lépni személyiségi jogai és személyes adatai védelme érdekében.
- a légi jármű segítségével más személyek személyes adata akár véletlenül is nagy mennyiségben rögzíthető, más személy magánszférája nagymértékben megsérthető, amely adatokat és magánszférát az Infotv. szabályai és ezen ajánlás szerint védeni kell.
- ez a különleges légi szerkezet nem használható más megfigyelésére, követésére (kivéve, ha ehhez a jogosult előzetesen hozzájárult).

- más emberi méltóságát sértő felvétel ezzel az eszközzel sem készíthető még magánhasználat céljából sem.
- kiskorúak személyes adatainak védelmére különös figyelmet kell fordítani.
- a drón nem használható olyan tevékenységre, amely állami feladat (pl.: közbiztonság, bűncselekmény követése, katasztrófa elhárítása, tűzoltás stb.) körébe tartozik.
- a magáncélú használat során is meg kell mindenben felelni az adatkezelő beazonosítási kötelezettségnek, amely érdekében az alábbiak fokozott megtartását javasolja a Hatóság:
 - a használat előtt be kell szerezni a szükséges hatósági engedélyt, továbbá csak a hatósági engedélyben rögzített célra és mértékben használható.
 - lehetőséget kell biztosítani arra, hogy az adatkezeléssel kapcsolatban az adatalanyok érintetti jogait gyakorolják. Így például, ha valaki nyaralása során olyan képeket készít, amelyen más személy is rajta van és az utóbbi kifejezetten tiltakozik ez ellen, a drón illetően használatát abba kell hagyni vagy olyan körre kell szűkíteni, akik az adatkezelésbe beleegyeztek.
- közterületen használatuk hatósági engedély köteles.
- nyilvánosságra (nyílt internet, közösségi média) nem hozható olyan személyes adat, amelyre vonatkozóan az adatkezelőnek nincs előzetes hozzájárulása az adatalany részéről. [2]
- a katonai elképzelések

A pilóta nélküli légi járművek katonai alkalmazásának lehetőségeit és az aktuális állapotot bemutató *V4 UAS Nemzetközi Konferencián* elhangzott, hogy ezeknek a különleges légi szerkezeteknek a megjelenése komoly kihívást jelent a felhasználók és a jogalkotók számára egyaránt.

A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, mint jogalkotó felügyeletével az NKH Légügyi Hivatalában megalakított munkacsoport végzi egy szakmai anyag kidolgozását, amely a pilóta nélküli légi jármű rendszerek polgári alkalmazásának követelményeit tartalmazó jogszabály szakmai alapja lesz. A jogalkotó a követelményeivel az UAS-ek használatát nem tiltani akarja. Célja egy olyan jogszabály kidolgozása, amely működőképes és a gyakorlatban is alkalmazható. Fontos kiemelni továbbá, hogy ezeknek a repülő eszközöknek az alkalmazása a repülésbiztonsági kérdések mellett közlekedésbiztonsági, nemzetbiztonsági, adatvédelmi, személyiségi jogokat is érint, tehát a szabályozás kidolgozásakor figyelembe kell venni az ezekkel a kérdésekkel foglalkozó szervezetek álláspontját is. Mindezen túl, a professzionális használathoz elengedhetetlenül szükséges a légi jármű kezelő személyzet számára történő megfelelő színvonalú képzés biztosítása.

Míg a hagyományos repülőiparban a kutatás-fejlesztési költségek nem érik el az éves bevétel 10%-át sem, addig a pilóta nélküli légi járművek esetében ez az arány meghaladja a 1/3-ot. Ennek a számadatnak kellőképpen motiválnia kell a hatóságot, az ipart, a kutatói közösségeket a szerves együttműködésre, a fejlődés hatékony előremozdítása érdekében. A hazai eszközök azonban csak akkor lehetnek sikeresek, ha a törvényi szabályozás – összhangban az európai irányelvekkel – hamar megszületik, és a kutatási irányok valós kihívásokra adnak megoldásokat.

A Magyar Honvédség a 2013-as dunai nagyárvíz alkalmával, valamint az afganisztáni missziókban számtalan sikeres feladatot teljesített ezeknek a különleges, személyzet nélküli légi eszközöknek a segítségével. Az elvégzendő munka hatalmas, a tétje óriási, hiszen meg kell találni az eszköz alkalmazási helyeit a fegyveres erőkön belül. Emellett ki kell építeni a megfelelő törvényi szabályozást, ami egyfelől garantálja az emberek biztonságát minden tekintetben,

ugyanakkor elősegíti a pilóta nélküli légi járművek további fejlődését. „Folytatnunk kell a fejlesztéseket, mivel számtalan terület igényli a drónok üzembe állítását. Amikor úgy másfél emberöltővel ezelőtt egy lelkes számítás technikus elmagyarázta a számítógép jelentőségét, azt mondta: ez az első olyan eszköz, ami az élet minden területén megoldásokat kínál, s minden kérdés megválaszolását leegyszerűsíti és felgyorsítja. Valami hasonlólt jelenthet az UAS-k alkalmazása is” – emelte ki a honvédelmi miniszter. [3]

Kitekintés nyugatabbra...

A személyzet nélküli légi járművek használatára vonatkozó előírások kidolgozásával és bevezetésével kapcsolatban jelentős fordulat, hogy a Szövetségi Légügyi Hatóság, amely az ügy komplexitására és alapos átgondolásra hivatkozva évek óta halogatta a szükséges jogszabályok megalkotását, Barack Obama felszólítását követően csodálatos gyorsasággal, mindössze három hét alatt az elnök íróasztalára tette a kért tervezetet.



1. ábra Új játékszabályok az USA-ban¹⁸

A „drón-szabályozás” azután vált sürgős kérdéssé, hogy az év elején a Fehér Ház gyepszönyegére pottyant egy DJI Phantom. A kínai gyártó mondhatni kapott az alkalmon, kellően nagy média hírverés közepette kihozott egy szoftveres frissítést, ami bizonyos területekre majd nem engedi berepülni a kvadrokoptert, persze arról nem tettek említést, hogy mindez semmit sem ér, ha valaki kézi vezérléssel irányítja a gépét.

Az FAA¹⁹ sajtótájékoztató keretében ismertette a kisméretű, pilóta nélküli légi járművekre vonatkozó „keretszabály” tervezetét, amelyen idővel finomítanak még. Ez alapján 25 kilogrammnál könnyebb gépet csak az a 17. életévét betöltött személy működtethet, aki átment a Hatóság légügyi tesztjén és megkapta az „UAS operátor” licenst. A „jogsit” két évente kell megújítani. A drón üzemeltetése során be kell tartani az alapvető biztonsági előírásokat, például csak a látótávolságon belüli repülés engedélyezett, az éjszakai akciózás viszont nem. Repülés közben a pilóta maximum 500 láb (152 méter) magasra viheti fel a gépet és nem közlekedhet

¹⁸ Forrás: <http://dronvilag.hu/uj-jatekszabalyok-az-usa-ban/> (2015.03.25.)

¹⁹ Federal Aviation Administration – Szövetségi Légiközlekedési Hivatal

óránként 160 kilométernél gyorsabban. Az FAA előterjesztéséhez 60 napon át várják az állampolgárok javaslatait, a kongresszusnak pedig elvileg szeptemberig kellene elfogadnia.[4]

KÖVETKEZTETÉSEK

Egy olyan új repülési ágazat kifejlődésekor, mint amilyen a távirányítású repülés egy sor probléma merül fel. Ezek közül a legfontosabb a biztonság kérdése, melyet úgy kell garantálni, hogy az a hagyományos repülés rendszerét ne veszélyeztesse, ugyanakkor teret engedjen az új repülési ágazat fejlődésének is. Mára az UAV repülés oly mértékűre növekedett, hogy a hagyományos repülési rendszerrel való harmonizációja és integrációja elkerülhetetlen és sürgető feladattá vált. Ez a szabályok, az alkalmazás, a légialkalmasság, az engedélyek és követelmények összehangolását jelenti, a többi közt a jogi szabályozás eszközeivel. A legfontosabb alapelvek, melyet a szabályozó szervezetek követnek, a biztonság garantálása. Ha biztonságról van szó, akkor nem kerülhető el a kockázat felmérése sem, ez pedig egyértelmű módon vezet el a szabályozás kockázat alapú meghatározottságáig. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a kockázati elemek számba vétele és értékelése útján történik a szabályozás megalkotása, mely így híven szolgálja a biztonság céljait. [5]

Az UAS-ek jövője ígéretes, ugyanakkor szerepük ellentmondásos is, jó és rossz célokra egyaránt alkalmazhatók, mely alkalmazásokkal egyre gyakrabban találkozhatunk. A megfelelő jogi szabályozásnak kiemelkedő szerepe lenne az elrettentés és szankcionálás tekintetében. Kérdésként felmerülhet, hogy mi a megfelelő? Kinek megfelelő? Mivel a pilóta nélküli légi járművek megjelenése komoly kihívást jelent mind a felhasználók mind pedig a jogalkotók számára, ezért remélhetőleg a közös gondolkodás az ésszerű határterületek megjelölésével kerül megfogalmazásra a megvalósítandó cél, ami nem a tiltás, hanem biztonságos és jogszerű használat lesz. Látni kell továbbá, hogy a katonai alkalmazás továbbra is domináns, de fokozatosan terjed a közszolgálati és polgári felhasználása is az UAV-knek. Fokozatosan a mindennapi élet részévé válnak, ugyanis üzemeltetésük jóval gazdaságosabb a személyzettel ellátott repülőeszközökénél.

Érdemes elgondolkodni azon a Texas állambeli szabályozáson, mely szerint ezek a légi szerkezetek szabadon repülhetnek és rögzíthetnek a „fedélzetre” rögzített kamerával mindaddig, amíg a reptetés célja nem a megfigyelés. Amennyiben a felvett anyagot valaki fel kívánja használni, abban az esetben el kell tudnia számolni a felvétel eredetével. Erről az oldalról talán könnyebb lenne legálissá tenni az adatrögzítés tényét, módját.

Az illegális adatrögzítéstől és a megfigyeléstől való félelem mindig is ott lesz az emberekben, ami jelentős ellenállást váltott ki és még fog is kiváltani. Sajnálatos módon olyan törvényt soha nem lehet alkotni, ami a rossz, ártó szándékú felhasználást teljesen kiiktatja a mindennapokból. Éppen ezért az ésszerű kereteket kell megteremteni, amin kívülre ne legyen érdemes merészkedni.

Véleményem szerint biztosan születik egyszer olyan szabályozás, ami használható lesz, még ha nem is könnyen, hiszen az EU-ban jelenleg 42 gyártó van, 1700 különböző típusú speciális légi szerkezetet tartanak nyilván, és közel 14000 munkahelyet biztosít az erre épült ipar. Az ebben



rejlő üzleti potenciált bizonyítja, hogy például csak a francia PARROT cég közel 500000 db kis "drónt" adott el és 83 millió euro árbevételt generált 2014-ben²⁰.

A leírtakból látható, hogy a szabályozásnak kellőképpen rugalmasnak kell lennie, hogy követni tudja a felhasználói igényeket az ésszerűség talaján maradva.

IRODALMI HIVATKOZÁS

- [1] Szun-ce: A háború művészete. Cartaphilus Kiadó, Budapest, 2006. p. 44.
- [2] A Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság ajánlása a drónokkal megvalósított adatkezelésekről. Budapest, 2014.11.14. pp. 3-23.
- [3] <http://www.nkh.gov.hu/hir-megjelenito/-/hir/313647> (2015.03.19.)
- [4] <http://dronvilag.hu/uj-jatekszabalyok-az-usa-ban/> (2015.03.25.)
- [5] http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2012_3/2012-3-01-Dudas_Z-Restas_A.pdf p. 10. (2015.03.19.)

²⁰ <http://www.parrotcorp.com/en/financialpublications/pressreleaseq42014> (letöltés ideje: 2015.03.25.)