REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
tudományos kiadványa

31. évfolyam 2. szám • 2019

IMPRESSZUM

Repüléstudományi Közlemények
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
tudományos kiadványa

Online kiadás
HU ISSN 1789-770X

Nyomtatott kiadás
HU ISSN 1417-0604

A szerkesztőbizottság elnöke
Prof. Dr. Óvári Gyula (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)

A szerkesztőbizottság tagjai
Dr. Dunai Pál (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Dr. Bottyán Zsolt (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Dr. Kavas László (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Prof. Dr. Makkay Imre (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Prof. Dr. Pokorádi László (Óbudai Egyetem)
Dr.h.c. doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD., MBA, LL.M. (Kassai Műszaki Egyetem, Szlovákia)
Dr. Palik Mátyás (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Prof. Dr. Szabolcsi Róbert (Óbudai Egyetem)
Dr. Szilvássy László (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)

Főszerkesztő
Dr. Békési Bertold (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)

Szerkesztőség
Dr. Békési Bertold (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Dr. Kavas László (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Dr. Szilvássy László (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)
Szerkesztőség címe: 5008 Szolnok, Kilián út 1.
Levelezési címe: 5008 Szolnok, Pf. 1.
e-mail: RepTudKozl@uni-nke.hu

Kiadó
Ludovika Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft. – Ludovika Press
1089 Budapest, Orczy út 1.
kiado@uni-nke.hu • +36 1 432 9000
A kiadásért felel: Koltányi Gergely ügyvezető

Tartalom

Réz Levente: Szárazföldi kötelékek légimozgékonyságának biztosítása helikopterekkel 5
Szilvássy László: Az Airbus H145M helikopter fegyverei I. – nemirányítható rakétarendszer. 15
Gábor Armand Dávid, Veress Árpád: Airbus A380-as repülőgépszárny numerikus áramlástani vizsgálata és az eredmények validációja szárnyvéglap-konfigurációk későbbi analízisének érdekében 31
Ady László, Tokody Dániel: Komplex rendszerek kommunikációjának hatásai és tervezési irányelvei 57
Marek Košuda, Stanislav Szabo jr.: Signals of Opportunity: Using Signal Defined Radios to Identify Potential Candidate 67
Szabó Sándor András: Stressz és a repülés (szívfrekvencia-paraméterek jellemzése szimulált és valós repülési stresszhelyzetben) 77
Novoszáth Péter: A román regionális repülőterek működésének és fejlesztésének főbb jellemzői 95
Balázs Gáti, Tamás Gausz: Using Tools Developed for Wind Turbines for Investigating the Aeroelastic Behaviour of the Rotors of Rotary-Wing Airplanes. . . 115
Jozef Galanda, Edina Jenčová: Electronisation of the Airline's Office. 127
Branko Mikula, Iveta Vajdová, Edina Jenčová, Daniel Blaško: Some Health Risks to Firefighters 135
Pethő Szilvia: Az intuíció mint humán tényező feltérképezése, fejlesztésének lehetőségei a repülésbiztonság hatékonyságának növeléséhez 145
Réz Levente: A légierő tűztámogatási feladatai 159
Vizvári Béla: Repülési technológiára alapozott, nagyvárosi, kiterjedt katasztrófa utáni mentőszervezet: koncepció és elvek 177
Nina Samarguliani: What the Public Sector Could Learn fromthe Private One 193
Saqer Sulaiman: Risk Management in Palestinian Institutions 203

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 5–14. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.1

Réz Levente

Szárazföldi kötelékek légimozgékonyságának biztosítása helikopterekkel

Korunk katonai műveletei a gyors reagálóképességen, a nagy mozgékonyságon, a meglepetésből kinyerhető előnyök kiaknázásán, illetve a hadműveleti-harcászati helyzet változásához igazodó nagyfokú rugalmasságon/alkalmazkodóképességen múlik. A műveleti területek felépítése nagymértékben megváltozott attól kezdve, hogy egyre inkább elterjedt a gerilla-hadviselést tükröző hadikultúra. Az ilyen műveleti környezetben a saját erők csak akkor képesek sikeres harctevékenységet folytatni, ha azokat – rugalmasan reagálva a harcászati helyzet kihívásaira – időben átcsoportosítják. Megkérdőjelezhetetlen, hogy a szárazföldi erők számára az előbbiekben felsorolt képességeket a helikopterek alkalmazása biztosítja. Jelen tanulmányomban szeretném bemutatni a szárazföldi harccsoportok helikopterekkel való támogatási tevékenységeit, az ideiglenesen a szárazföldi törzsekbe delegált helikopteres szolgálati személyek tevékenységeit a műveletek tervezése és végrehajtása folyamán.

Kulcsszavak: *helikopter, légimozgékonyság, harccsoport, deszant, légi összekötő csoport*

Bevezetés

A helikopterek napjainkban meghatározó tényezői a világ valamennyi fegyveres erejének, mivel a harcászati feladatok igen széles és változatos spektrumában nagy hatékonysággal alkalmazhatók. A harcászati alkalmazhatóság széles köre ugyanakkor szükségessé tette a helikopterek specializálódását, így fejlesztették ki a harci, szállító és egyéb különleges feladatokra alkalmas helikoptereket. Ezeket maximális felszállósúlyuk alapján könnyű, közepes és nehéz kategóriába sorolhatjuk. A helikopterek minden egyes típusa vagy kategóriája rendelkezik saját, speciális jellemzőkkel, amelyek meghatározzák a típus elsődleges alkalmazását, azonban vannak olyan általános érvényű alkalmazási tulajdonságok, amelyek ezt a repülőszerkezetet a lehető legszélesebb körű alkalmazásra teszik alkalmassá.

A helikopterek rendelkeznek több olyan pontosan behatárolható tulajdonsággal, amelyek a szárazföldi műveletek során elengedhetetlenek, azonban minden helikoptertípus rendelkezik olyan egyéni vonásokkal, amelyek alkalmassá teszik őket az alaprendeltetésű feladatuk végrehajtására.

Ezen alkalmazási tulajdonságok közé lehet sorolni a helikopterek sokoldalúságát, mobilitását, mozgékonyságát és alkalmazási rugalmasságát.

A helikopterek alkalmazásánál további előny jelent az, hogy a terep adta álcázási lehetőségeket maximálisan képesek kihasználni. A „Meglepés"[1], mint harcászati előny, teljes mértékben kihasználható a helikopterek repülési sebességének, földközeli, illetve terepkövetéses magasságon megvalósuló nagy manőverezőképességű alkalmazása révén.

Meg kell azonban jegyezni, hogy vannak területek, amelyek vonatkozásában a helikopterek kihívásokkal küzdenek. Ilyenek között kell megemlíteni például a helikopterek sebezhetőségét, magashegyi körülmények közötti, a levegő alacsony sűrűsége miatti teljesítménykorlátokat, valamint a komoly logisztikai biztosítási igényt.

A helikopterek alkalmazási lehetőségei hadrendi szempontból

A helikopter erők alapvetően harctámogató elemként vesznek részt a harcászati műveletekben. Tulajdonképpen a szárazföldi haderőnem harcoló erőinek műveleteit támogatják több szerepkörben. A harctevékenység időszakára át-alárendelésre kerülnek a szárazföldi alkalmi harci kötelékhez.

Számos országban, mint például az Amerikai Egyesült Államok, Németország, Franciaország, a helikopterek a békeidős kiképzés időszakában is – eltérve a NATO elvektől – egy szervezeti egységet alkotnak a szárazföldi erők támogatandó egységeivel. Ennek a szervezeti felépítésnek azonban több feltétele van. Legfontosabb feltételként kell megemlíteni a megfelelő számú és hadrafoghatóságú helikopterek rendelkezésre állását. Másodsorban, ezek a helikopterek az olyan speciális képességek biztosítására kell, hogy kialakítva legyenek, mint a közvetlen légi támogatás, a harci kutatás-mentés vagy a különleges erők osztagai érdekében végrehajtott műveletek. A helikoptervezető állományuk speciálisan csak arra az egy adott feladatra kell, hogy legyen kiképezve. Vezetési és irányítási szempontból problematikus az, hogy a helikoptereknek egy kijelölt szárazföldi kötelékbe történő szervezetszerű integrálásával a légierő helikopteres fegyverneme mellett tulajdonképpen létrejön egy új, csapatrepülő fegyverneme. Ebben az esetben a helikopterek alkalmazásának koordinálása érdekében mind a szárazföldi alakulat, mind pedig az elöljáró szárazföldi haderőnem törzsének állománytáblájában ki kell alakítani a repülő törzselemeket (kiképzés, repülő-hadművelet, repülésbiztonság, repülőmérnök-műszak). Ezzel a haderő helikopteres erőinek vezetése és irányítása nemcsak végrehajtói, hanem még haderőnemi szinten is duplikálva (légierő és szárazföldi haderőnem) valósulna meg. A duplikáció azon túl, hogy létszámnövekedést generál, észszerűtlenül megbonyolítja a helikopter erők vezetését. Kiképzési szempontokat tekintve megállapítható, hogy a képességspecifikus kiképzés biztosítása csupán a kijelölt szárazföldi alakulattal szoros és rendszeres együttműködésében valósulhat meg. Ez azzal jár, hogy a kiképzésre már kialakított, a légierő haderőnemhez tartozó infrastruktúrát, illetve annak elemeit duplikálni kell. A képzési infrastruktúra duplikálása azonban túlzottan költséges feladat, az oktatói állomány rendszeresítése a szárazföldi alakulat állománytábláján pedig általában humánerőforrás-hiány miatt megoldhatatlan. Végrehajtás szintjén nehézségek merülnének fel abból adódóan, hogy a szárazföldi alakulatnál szolgálatot teljesítő helikopter gépszemélyzeteket célirányosan az alakulat feladatrendszeréből adódó feladatokra képeznék ki. A specifikus kiképzés egysíkú kiképzettséghez vezet, amely problémát

[1] Meglepés: A hadművészet fontos elve, az ellenséget váratlanul érő támadótevékenység, amely háborúban a siker egyik fő feltétele [9].

okoz az adott haderőnemi képesség feladataitól eltérő jellegű, például katasztrófavédelmi- vagy kormányzati feladatok végrehajtásában. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy harci kutatás-mentésre és közvetlen légi támogatásra kiképzett gépszemélyzet nem alkalmazható árvízvédelmi, vagy éppen légi tűzoltási feladatok végrehajtásánál [1].

Az egysíkú kiképzettség a korlátozott körű feladatok miatt végrehajtást hátráltató tényezővé válik, valamint a korlátozott repülési tapasztalat repülésbiztonsági kockázatokat hordoz. Az előzők mellett kérdéseket vet fel a helikopterek logisztikai támogatása. A helikopterek kiszolgálását támogató logisztikai háttér általában a magas költségvonzatok miatt (infrastruktúra, raktárbázis, szakállomány) csak egy helyen, a légierőnél biztosított. A szárazföldi alakulat helikoptereinek meghibásodásaikor, az időszakos vizsgák végrehajtásakor az a helyzet alakul ki, hogy az alakulatnak fel kell kérnie a légierőt a repülőműszaki munkák végrehajtására, a javításhoz szükséges alkatrészek beszerzésére. Ez felesleges bürokráciához, és így a javítási munkák csúszásához, a hadrafoghatósági mutatók csökkenéséhez vezet. Mivel a helikopterek alapvetően harctámogató elemként vesznek részt a műveletekben, ezért ha azok hadrafoghatósági mutatóiban csökkenés tapasztalható, akkor az maga után vonja a támogatott szárazföldi erők képességcsökkenését is. Rendszerben tekintve, ez összhaderőnemi szintű képességcsökkenést jelent.

Megállapítható, hogy egy ilyen képességcsomag kialakításával elvész a helikopterek sokoldalú alkalmazhatósága. Ez a hadrendi kialakítás a NATO-elvektől – amelyek szerint békeidőben a helikopterek nem a szárazföldi támogató erők kötelékében találhatók – eltér, valamint egy ilyen megoldás gazdaságtalan és észszerűtlen.

Ha a helikopterek technikai állománytáblás helyzetét tekintjük a Magyar Honvédség hadrendjében, akkor az látható, hogy az harmonizál a fentebb említett NATO-elvekkel. A helikopterek egy haderőnemi kötelékben, egységes vezetés és irányítás alatt hajtják végre feladataikat. Kiszolgálásuk logisztikailag központosított. A helikopteres fegyvernem feladatai – harctámogató elemként, illetve önállóan – az ország fegyveres védelmének biztosítása, humanitárius segítségnyújtás végrehajtása katasztrófa- és válsághelyzetben. A harcászati jellegű repülési feladatok végrehajtásán túl a helikopterek több olyan készenléti szolgálatot biztosítanak, amelyek közvetve (a nemzetközi előírásoknak megfelelő légi kutató-mentő szolgáltatás teljesítése) és közvetlenül kapcsolódnak a honvédelmi feladatokhoz. A helikopteres fegyvernem feladatrendszere – a Honvédelmi Minisztérium tárcaszintű feladatain túl – kiegészülhet a kormányzati szintű feladatok teljesítésével úgymint például a katasztrófavédelmi, illetve légimentési feladatokkal. A szerteágazó feladatrendszer szerteágazó felkészítési rendszert feltételez. A szerteágazó képzési struktúra a Honvédelmi Minisztérium számára biztosítja a jól képzett helikoptervezetői állomány rendelkezésre állását.

Ezek alapján, összhangban a NATO-elvekkel, a legészszerűbb, leggazdaságosabb megoldás a helikopter erők egy egységben tartása, és időszakos hozzárendelése a felmerülő helikopterrel támogatandó szárazföldi műveleti feladatokhoz.

A helikopterek át-alárendelési kérdésének tisztázása után, egy helikopterrel támogatott szárazföldi műveleten keresztül érdemes azt bemutatni, hogy milyen formában valósul meg a szárazföldi és légierős törzselemek együttműködése a feladat-végrehajtás során. Áttekintve a szárazföldi műveleteket kijelenthető, hogy néhány felderítő és speciális műszaki művelet kivételével valamennyi helikopterrel támogatott. Mégis talán a légimozgékonysági műveletek azok, amelyeken keresztül a leginkább bemutathatók az együttműködés elemei.

A helikopterekkel támogatott légimozgékonyságú műveletek tervezése és végrehajtása

A légimozgékonyság kifejezés alatt a helikopternek azon speciális vezetési és irányítási elemekkel ellátott szervezését és alkalmazását értjük, amikor a repülőeszközök a szárazföldi harcoló erőket úgy telepítik, hogy azok közvetlenül beavatkozhassanak a harcba. A légimozgékonyságú műveletek olyan összetett és kiterjedt műveletek, amelyek rövid időintervallumon belül a csapatok ismételt, különböző körzetekbe történő deszantolását[2] és kiemelését teszik szükségessé. A hivatalos vezetési és irányítási szempontból e műveletek a helikopternek a feladatokba történő teljes integrációját, valamint a doktrínák és eljárások helyes alkalmazását kívánják.

A légimozgékonyságú egység/harccsoport harci képességeit helikopteres szemszögből 3 tényező befolyásolja:

1. A kijelölt műveletek végrehajtására kijelölt szárazföldi erők nagysága és a rendelkezésre álló szállítóhelikopterek arányszáma. Ez az arányszám határozza meg a kijelölt erő telepítéséhez szükséges szállítási hullámok számát**.** Minél nagyobb a rendelkezésre álló szállítóhelikopterek száma, illetve azok egyéni szállítókapacitása, annál egyszerűbbé válik a kedvező harcászati helyzet kihasználásával a műveleti tevékenység, a nehéz felszerelés és utánpótlás légi úton történő szállítása.
2. A műveletek légi támogatásába bevethető harci helikopterek száma. A szállítóhelikopterek támogatása, és így a légimozgékonyságú művelet elképzelhetetlen harci helikopterek nélkül. Azon túl, hogy szavatolják a szállítóhelikopteres légi műveletek biztonságát, a kirakókörletben semlegesítik az ellenséges erőket.
3. A helikopteres repülések végrehajtását biztosító logisztikai háttér megléte.

A helikopterekkel támogatott (légimozgékonyságú) műveletek jellemzői

A helikopterrel támogatott műveleti erők (csakúgy mint a légimozgékonyságú erők) jelentősen hozzájárulnak a manőverező hadviseléshez, hiszen váratlan irányból történő csapásmérésük, jelentős távolságra történő meglepetésszerű alkalmazásuk révén döntően befolyásolják a helyzet kimenetelét. A helikopterekkel támogatott műveletek a következő jellemzőkkel írhatók le [2]:

- *Harcászati mozgékonyság.* A szárazföldi erők helikopterekkel történő hadszínterek közötti gyors áttelepíthetőségi képessége jelentős idő- és erőforrás-megtakarítást jelent. A helikopterek képesek harcászati előnyt nyerni a talajfelszín egyenetlenségeiből, átrepülni vagy megkerülni a természetes, illetve mesterséges akadályokat, amelyek gátolnák a szárazföldi erők földi mozgását. A helikopterek biztosítják a szárazföldi erők kirakását a harcmező döntő fontosságú pontjain, a legkedvezőbb harcászait helyzetekben.
- *Magas műveleti sebesség.* Az erők légi úton történő telepítése sokkal rövidebb időt igényel, mint a szárazföldi eszközök alkalmazásával. Azonban a műveleti sebesség fokozásának elvét párhuzamosan kell alkalmazni a kielégítő felkészülés, felderítés és tervezés elvével. A feszített műveleti sebesség biztosítja a több irányba történő, vagy több műveleti területen zajló párhuzamos harctevékenységet.

[2] Légi kirakását.

- *Nagy műveleti rugalmasság.* A légimozgékonyságú erők képesek a válsághelyzet bármely fázisában különféle támadó és védelmi műveletek végrehajtására. Ezen egységek bevetésre készen várakoznak és készek a rövid időn belüli áttelepülésre és feladat-végrehajtásra. A helikopterek új dimenziót kínálnak a manőverező hadviselésre. A szárazföldi erők a harci-, felfegyverzett és/vagy szállítóhelikopterekkel gyorsan telepíthetővé válnak az új harcfeladatok végrehajtására. Ez a tulajdonság lehetővé teszi a parancsnokok alkalmazkodását a kibontakozó helyzethez, illetve a gyorsan változó harcászati körülményekhez.

A helikopterek lehetővé teszik a gyors erőösszpontosítást és szét-, vagy áttelepülést, az ellenséggel való harcérintkezés kiterjesztését a saját csapatok sebezhetőségének csökkentése érdekében.

- *Megnövelt alkalmazási hatósugár.* A helikopterrel támogatott műveleti erők jelentős távolságról bevethetők. A terepviszonyok, a természetes/mesterséges akadályok, az ellenséges erők által lefogható kommunikációs csatornák csak kismértékben befolyásolják tevékenységüket.
- *Váratlanság biztosítása.* A meglepetés sokkoló hatása lehetőséget kínál a szárazföldi harccsoportok számára a műveleti kezdeményezés megragadására, amely elsődleges kulcsa a sikeres harctevékenységüknek. A helikopterek korlátozott időjárási viszonyok mellett, bármely napszakban biztosítják a bármely irányból történő támadást, a más eszközökkel megközelíthetetlen célok megsemmisítését, az ellenséges állások megkerülését, kiváltva ezzel az ellenség idő előtti reakcióját, önmaga felfedését a saját támadóerők számára
- *Gazdaságosság.* Egy viszonylag már kis méretű légimozgékonyságú alakulat nagy területen jelenthet veszélyt az ellenséges erők számára. Ezzel nemcsak a saját szükséges védelmi erők létszámát lehet csökkenti, hanem a támadó műveletek potenciális lehetőségével az ellenség tartalékait is nagymértékben le lehet kötni [4].

A légimozgékonyságú harccsoportokat olyan műveletekben kell alkalmazni, ahol a helikopterek a fent felsorolt képességeikből fakadó támogatóképességek megfelelő mértékben kihasználhatók. Így jellemzően alkalmatlanok hosszantartó műveletek megvívására, valamint a nehézfegyverzetű alakulatok ellen a megfelelő védelmi berendezkedésre elégséges idő biztosítása nélkül. A légimozgékonyságú egységek támadó, védelmi és késleltető műveletek során, illetve átmeneti időszakban egyaránt bevethetők. Mélységi feladatot hajthatnak végre, közvetlen vagy hátországi harcot folytathatnak, válságreagáló műveletekben tevékenykedhetnek.

A helikopterekkel támogatott szárazföldi (légimozgékonyságú) harccsoport szervezeti felépítése

A légimozgékonyságú alakulat összetételét a feladat természete határozza meg.

Az egység alapvetően felszíni harcoló elemeket tartalmaz, amely mellé kijelölnek, vagy parancsnokságuk alá rendelnek harctámogató (a továbbiakban: CS[3]) és harcikiszolgáló

[3] CS = Combat Support.

(a továbbiakban: CSS[4]) elemeket [3]. Képességeik sok tényezőtől függnek, de szervezeti felépítésük egyértelműen meghatározza készenlétük fokát és harci hatékonyságukat.

A légimozgékonysági feladatokra kijelölt harccsoport az alábbi szervezeti elemekkel rendelkezik:

1. *Szárazföldi elemek.*
   - 1.1. *Harcoló elemek.* A könnyű gyalogos erők képezik a légimozgékonysági erők leglényegesebb elemét. Harcászati mobilitásuk érdekében a légi mozgásuk (harctérre történő kijuttatás, kiemelés, harctéren belüli mozgatás) leginkább a helikopterekkel, földi mozgásuk (ha nem rajtaütés jellegű feladatot hajtanak végre) pedig könnyű szállítójárművekkel valósul meg.
   - 1.2. *CS-elemek.* Ezek azok a tüzérségi, légvédelmi, műszaki, híradó és egyéb támogató elemek, amelyek létfontosságúak a sikeres harcfeladat végrehajtása során.
   - 1.3. *CSS-elemek.* A helikopterek bevetése esetén a kiszolgáló elemeknek figyelembe kell venniük a légi szállítás jellemzőit/feltételeit. Szükségessé válhat egy vagy több előretolt üzemanyag és fegyvertöltő hely kijelölése a helikopter erők rugalmas alkalmazhatóságának, hatótávolságának megnövelése érdekében.
2. *Repülő elemek.*
   - 2.1. *Szállítóhelikopterek.* A szállítóhelikoptereknek a légimozgékonyságú harccsoportokhoz történő át-alárendelését számos, a feladattal összefüggő körülmény határozza meg. Legfontosabbak ezek közül a szállítandó szárazföldi erők mérete és összetétele, a telepítendő támogató erők összetétele, a műveleti hatótávolság, illetve a harci útvonalon és a célterületen várható veszélyeztetettség.
   - 2.2. *Harci helikopterek. A* harci helikopterek oltalmazzák a szállítóhelikoptereket a repülés teljes időszakában. Ezen túl alkalmasak az ellenséges (akár páncélozott) erők semlegesítésére is, ezáltal biztosítva a deszantolt harccsoportok feladatának megkezdését.
   - 2.3. *Felderítő helikopterek.* Ezen célra általában a könnyű kategóriába tartozó helikopterek használhatók fel a valós légi helyzetkép biztosítására, az ellenséges harctevékenység korai előrejelzése útján a szárazföldi és légi elemek biztonságának fokozására, valamint légi összekötő és légi vezetési pont feladatainak ellátására.

A légimozgékonyságú harccsoport vezetésének és irányításának rendje

A légimozgékonyságú harccsoport műveleti sebessége és rugalmassága speciális vezetési és irányítási eljárásokat, illetve eszközöket igényel. Az erőforrások azonban csak a feladat ellátásához szükséges időszakra érhetők el. A légimozgékonyságú harccsoport elemeit általában a legalacsonyabb szintű vezetési jogkörű szárazföldi parancsnok irányítása alá rendelik, hiszen ezen irányítói feladat a bevezetésben említett összes elem párhuzamos munkájának összehangolását feltételezi.

A helikopterrel támogatott műveletek koordinálása, a helyes feladatszabás érdekében a harccsoport parancsnoka mellé rendelve biztosítani kell légierő-összekötőt (tanácsadót).

[4] CSS = Combat Service Support.

A légimozgékonyságú műveleteket tervező és irányító törzsnek ezen felül azonban tartalmaznia kell a szárazföldi, a légierő[5] és harctámogató és harckiszolgáló elemeket.

A feladat jellegének megfelelően átlátható szolgálati utat kell létrehozni, amely általában sok más mellett tartalmazza a légimozgékonyságú harccsoport parancsnoki, légi műveletek parancsnoki, a deszant egység parancsnoki, illetve a helikopterkötelék-parancsnoki beosztásokat.

Mivel a légimozgékonysági művelet klasszikusan szárazföldi művelet, ezért a vezetése is a szárazföldi haderőnemhez tartozó parancsnok kezében van. A vezetése alatt dolgozó légimozgékonysági harccsoport törzsének feladatai közé kell sorolni a műveleti terv kidolgozását, a harctámogatási és harckiszolgálási terv kidolgozását,[6] a légimozgékonysági műveletek irányítását.

Légi műveletek parancsnoki (a továbbiakban: AMC[7]) beosztás a légiművelet hatékony koordináltságának érdekében létrehozott pozíció. A légimozgékonyságú harccsoport parancsnokának alárendeltségében segíti annak munkáját a légimozgékonyságú művelet előkészítésének és tervezésének területén. A műveletet végrehajtó helikopter alegység egyik parancsnokát jelölik ki erre a feladatra. A szállítóhelikopter alegység parancsnoka vezeti a feladat-végrehajtást, a támogató harcihelikopter-alegység csak a kirakás és/vagy kiemelés időszakában folytat önálló harcvezetést. A beosztásában biztosítania kell a légimozgékonyságú művelet parancsnokával és a szállított elemekkel történő összeköttetés létrehozását és folyamatos fenntartását, a repülő elemek irányítását, a műveleti terv és a műveleti parancsok előkészítését, összeköttetés létrehozását a harcászati légiirányító-szervekkel, illetve a repülő elemek logisztikai követelményeinek továbbítását a légimozgékonyságú művelet parancsnoka felé.

A deszant egység parancsnokának felelősségi körébe tartozik a szárazföldi harcászati terv alegységére eső részének végrehajtása, valamint megbízást kaphat a támogató elemeknek (például repülő alegység) a művelet egyes szakaszain történő irányítására is.

A helikopter kötelék parancsnoka a légimozgékonyságú művelet során a támogatást biztosító szállító- és harci helikopterek parancsnoka, aki az AMC alárendeltségében, de a légimozgékonyságú harccsoport parancsnokának irányítása alatt tevékenykedik. A harcászati támogatási feladatkörén túl szükségessé válhat számára a légimozgékonyságú művelet speciális feladatainak végrehajtására alárendelt helikopter kötelékek feletti harcászati irányítás is [5].

A légi összekötő csoport tevékenységi köre a támogatott légimozgékonysági harccsoportnál

A légi összekötő csoport szolgálati személyei szervesen kerülnek a tervezés, végrehajtás és kiértékelés időszakában „beágyazódva" a légimozgékonysági harccsoport törzsébe. Mivel a műveletek végrehajtása a helikopteres erők támogatási tevékenységén áll vagy bukik, ezért a légierős törzselemek tevékenyen vesznek részt a feladattervezés, harcparancs kidolgozásának szakaszában, folyamatos koordinációt folytatnak a végrehajtás időszakában a műveletet vezető szárazföldi parancsnokkal, illetve törzsével. Meg kell tervezniük a harctér

[5] A légierő vonatkozásában légierő összekötőcsoportot.

[6] A helikopterek vonatkozásában a légi járművek üzemanyag-, repülőműszaki szakanyaggal történő, és lőszer-utánpótlásának terve, a földön lévő repülőeszközök biztonságának szavatolására vonatkozó terv.

[7] AMC = Air Mission Commander.

feletti repülések irányításának rendjét. A helikopterek képességeinek tudatában javaslatot tesznek a repülőeszközök hatékonyabb alkalmazására.

A tervezés (a harcparancs/harcintézkedés elkészítése) időszakában kiemelt figyelmet fordítanak a légtérfelhasználók[8] közötti elkülönítés időben és/vagy térben történő biztosítására. Kidolgozzák a saját csapatok azonosításának rendjét a szárazföldi eszközöknek és csapatoknak levegőből történő azonosításának vonatkozásában, az azonnali tűztámogatás igénylésének és biztosításának rendjét, a Légtérfelhasználási terv (a továbbiakban: ACO[9]) alapján kezelik a légterek használhatóságával kapcsolatos kérdéseket. A műveletek tervezésénél foganatosítják az ACO alapján felmerülő légtérhasználati rendszabályokat,[10] végzik a műveletek végrehajtásához szükséges légtérigényléseket.[11] Biztosítják, hogy a harcparancs mielőbb eljusson a végrehajtó helikopter alegységhez és azt, hogy annak értelmezése pontos legyen [5].

Annak érdekében, hogy elkészülhessen a helikopterek alkalmazására vonatkozó harcparancsmelléklet, folyamatosan egyeztetnek a szárazföldi tervező elemekkel. Pontosítják a műveleti körzetet, a szállítandó/támogatandó légimozgékonyságú harccsoport méretét és összetételét, a művelet végrehajtásának időpontját és időbeni kiterjedését [6]. A feladatok mellé rendelik a megfelelő szállító- és harci helikopter számot, meghatározzák a helikopterek fegyverzetét, a művelet során alkalmazott helikopteres harceljárásokat. Kijelölik a bevetések logisztikai támogatást biztosító *Előretolt* utántöltő és újrafegyverző pontokat (FARP-okat[12]), illetve ha azt a művelet megkívánja az Előretolt Műveleti Bázisokat (FOB-okat[13]). Megszervezik a műveleti körzetre vonatkozó légi irányítást és a célmegjelölés módszerét az Előretolt Légi Irányítók alkalmazásával (FAC[14]).

A művelet légierős előkészítése során kiemelt szerepet kap az információgyűjtés, amelynek eredményeként meghatározzák az ellenséges csapatok helyzetét, illetve a légi tűztámogatás elérhetőségét annak érdekében, hogy biztosított legyen a harccsoport biztonságos kijuttatása és kiemelése. Értékelik a terepet a művelet természet adta álcázási lehetőségeinek maximális kihasználása érdekében, illetve a várható időjárást (kiemelt hangsúllyal a felhőalap, látótávolság, illetve széladatokra; éjjellátó eszközök alkalmazása esetén pedig a borultság mértékére). Abban az esetben, ha biztosított a tűztámogatás a művelet(ek)hez, akkor elsősorban tájékoztatják a földi tűztámogató és a légvédelmi részegységeket magáról a művelet(ek)ről, megszervezik az ellenséges légvédelmet lefogó tüzet a feladatvégrehajtás útvonalára és körzetére.

A felkészülés/tervezés befejeztével a légierős hadműveleti törzselem megszervezi a helikopteres végrehajtó kötelék számára történő eligazítást. A művelet végrehajtása során pedig – lehetőleg mindvégig (a támadás módszerétől függően akár a támadásból történő kiválás és távozás végrehajtásáig) – pozitív közvetlen irányítással irányítja a helikopter köteléket.

Összességében egy légimozgékonyságú művelet megtervezése minimum 12 órát vesz igénybe, amelynek eredményeként kidolgozzák a légi manőverek tervét. Ez a terv tartalmazza a repülési útvonaltervet, amely a harchelyzet és a domborzati, illetve időjárási viszonyok alapján alternatív lehetőségeket is tartalmaz. Elkészül az ellenséges légvédelem lefogásának

[8] A helikopterek, a tábori tüzérség és a harcászati repülő erők között.
[9] ACO = Airspace Control Order.
[10] Légtérhasználati rendszabályok – Airspace Control Means.
[11] Légtérhasználati rendszabályok igénylése – Airspace Control Means Request.
[12] FARP = Forward Arming and Refueling Point.
[13] FOB = Forward Operating Base.
[14] FAC = Forward Air Controller.

terve, amely tartalmazza azon ellenséges tűzeszközök és erők lefogásának módszereit, amelyek potenciálisan veszélyt jelenthetnek a repülő kötelék számára a repülés teljes időszakában [7].

Elkészül a be- és kirakási terv, amely meghatározza a légiszállítású harccsoport kirakó körletbe való kijuttatásának és az onnan történő kiemelésének tervét. A be- és kirakodáskor alkalmazandó helikopteres harceljárásokat, az együttműködés rendjét a támogató helikopterekkel, illetve a FAC-el. A tervnek lehetővé kell tenni az erők és eszközök kirakókörletbe való szabályos érkezését és szétszórását. Biztosítania kell, hogy a harccsoport és felszerelése időben érkezzen meg, gépenként el legyen osztva [8].

Befejezés

Az elmúlt évek műveleti tapasztalatai azt bizonyították, hogy a helikopterek nélkülözhetetlenek a katonai műveletek sikeréhez, a veszteségek csökkentéséhez. A NATO és az európai uniós műveletek hadszínterein, extrém környezeti feltételek között, az aszimmetrikus hadviselés alkalmazott eljárásai mellett a helikopterek jelentik a mobilitást, a szárazföldi csapatok minden oldalú támogatásának egyetlen rugalmas módját. A helikopterek képességeiből adódó gyorsaság és rugalmasság, a terepviszonyoktól való függetlenség a harcoló erőknek a műveletekben nagy szabadságfokot biztosítanak.

A helikopterek több olyan harcászati képességgel rendelkeznek, amelyek a szárazföldi erők műveleteinek sikere tekintetében létfontosságúak, így kijelenthető, hogy a mai modern hadviselés elképzelhetetlen a helikopterek összhaderőnemi jellegű alkalmazása nélkül.

Nincs ez másképp a légimozgékonyságú műveletek végrehajtása kapcsán sem. Az ilyen típusú műveletek sikere kétségkívül az időszakosan át-alárendelésre kerülő helikopterek, illetve a légierős törzselemek tevékenységén múlik. Nélkülük a szárazföldi harccsoportok tevékenysége lehetetlenné válna.

Felhasznált irodalom

[1] T. Bali, „A szárazföldi harccsoportok helikopterekkel való támogatási tevékenységei," *Repüléstudományi Közlemények,* 26. évf. 3. sz. pp. 18–27. 2013.
[2] NATO, "ATP-49 (G) Use of Helicopters in Land Operations," 2016.
[3] NATO, "AAP-15 Glossary of Abbreviations Used in NATO Documents and Publications," NATO-rövidítések gyűjteménye, 2013.
[4] MH 86. Szolnok Helikopter Bázis Hatályos Működési Eljárásai (SOP), 2007.
[5] NATO Military Agency for Standardisation, "AJP-3.3(B) Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations," 2017.
[6] Headquarters Department of the Army, "FM 1-113 Utility and Cargo Helicopter Operations," Washington DC, 1997.
[7] NATO Military Agency for Standardisation, "ATP-33 (B) (STANAG 3700) NATO Tactical Air Doctrine Edition 7.," 2008.
[8] NATO Military Agency for Standardisation, "AJP-3.3.2 (A) (STANAG 3736) Allied Joint Doctrine for Close Air Support and Air Interdiction," 2009.

[9] J. Szabó (szerk.), *Hadtudományi Lexikon,* Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság, Magyar Honvédség, 1995, p. 908.

HELICOPTER SUPPORTED GROUND FORCE COMBAT ACTIVITIES

The success of a contemporary military operation closely depends on the involved own forces' quick reaction capability, flexibility; on the benefits which can be gained on the initiation and on the high level of mobility. The structure of operational theatre has changed dramatically since the widespread reflection of guerrilla warfare's military culture. The successful military operations in such an operating environment request flexible response capability of our forces to the challenges of the tactical situation. It is unquestionable that the above listed capabilities can only be ensured by the use of helicopters. In this study, I would like to introduce the helicopter supported land force combat activities, the main tasks of helicopter service person's activities delegated today to the light infantry units' staff for operation planning and coordination of execution.

Keywords: *helicopter, air mobility, land operations, extraction, air force liaison*

Réz Levente alezredes
Törzsfőnök-helyettes
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
rez.levente@mil.hu
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

Lt. Col. Levente Réz
Deputy Chief of Staff
HDF 86th Szolnok Helicopter Base
rez.levente@mil.hu
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/403/165

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 15–29. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.2

Szilvássy László

Az Airbus H145M helikopter fegyverei I. – nemirányítható rakétarendszer

A szerző a cikkben a H145M könnyű, többcélú helikopter fedélzeti fegyvereit mutatja be. A cikkel elindít egy többrészes sorozatot, amelyben a helikopter fegyverrendszereit mutatja be. Ebben a cikkben a nemirányítható rakétarendszert ismerhetjük meg.

Kulcsszavak: *H145M, helikopter, fedélzeti fegyver, nemirányítható rakéta, irányítható rakéta*

Bevezetés

A sajtóban is több helyen megjelent információk alapján Magyarország a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében 20 darab H145M helikoptert (1. ábra) rendelt meg az Airbus Helicopters európai repülőgépgyártótól. A helikopter az ismert információk szerint HForce fegyverrendszerrel lesz felszerelve.

Ebben a cikkben a helikopter általános bemutatásával nem kívánok foglalkozni, azt már többen megtették, többek között Domán László is [1].



1. ábra
Az Airbus H145M helikopter [2]

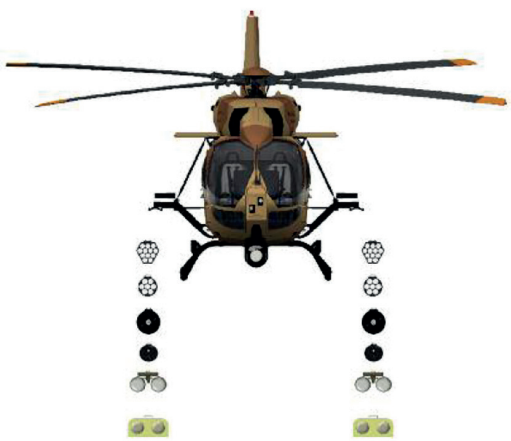
Fedélzeti Fegyver

A helikopter a megnevezéséből adódóan számos feladatra alkalmazható. Ezek lehetnek:

- harci felderítő;
- speciális műveletekben való részvétel;
- könnyű támadó/támogató;
- SAR – Search and Rescue – kutató mentő;
- MEDEVAC/CASEVAC – Medical evacuation/Casualty evacuation – egészségügyi/sebesült kimenekítés;
- Maritime – tengerészeti;
- C3i – Command, Control, Communications and Intelligence – vezetés, irányítás, híradó és felderítés.

A fenti feladatok sokrétűsége érdekében a helikopter fedélzeti rendszerei tartalmazzák a következőket:

- fedélzeti fegyvervezérlő számítógép;
- többrendeltetésű, harci és vészoldást biztosító függesztő berendezés;
- IR/TV EOS – electro-optical system – elektro-optikai rendszer;
- lézer-távolságmérő, célmegjelölő.



2. ábra
A H145M függesztési változatai [2]

Szintén a feladatok sokrétűsége miatt a következő függesztési változatok lehetségesek (2. ábra):

- 12 vagy 7 csövű rakéta-indítóblokk;
- 20 mm gépágyúkonténer;
- 12,7 mm-es géppuskakonténer;
- levegő-föld irányítható rakéták;
- félaktív lézerirányítású rakéták (például Spike ER2, lásd 3. és 4. ábra).

A fenti függeszthető fegyverek nem csak szimmetrikusan, hanem aszimmetrikusan is függeszthetők. Ez azt jelenti, hogy a helikopter kétoldali függesztő berendezésein nem azonos típusú berendezés található, például egyik oldalon egy gépágyúkonténer, a másikon pedig egy rakéta-indítóblokk.



3. ábra
H145M Serbian Air Force statikus bemutató a Paris Airshow 2019 rendezvényen [3]



4. ábra
A 3. ábrából kiemelt rész (sárga ovális), amelyen tisztán kivehető az indítóblokkon a felirat [3]

Irányítható és nemirányítható rakétarendszer

A rendszer részei:

- rakéta-indítóblokk
  - FZ233* (FZ220) – 7 indítócsővel rendelkező blokk[1] [3];
  - FZ231* (FZ219) – 12 indítócsővel rendelkező blokk [3];
  - FZ225* (FZ207) – 19 indítócsővel rendelkező blokk [3];
- a fenti blokkokból indítható nemirányítható rakéták:
  - FZ71 HEGP – High Explosive General Purpose – nagy hatóerejű, romboló [5];
  - FZ120 IP – Inert Practice – gyakorló súlymakett [5];
  - FZ181 FS – Flash Signature – világító [5];
  - FZ319 HEAP – High Explosive Armour Piercing – nagy hatóerejű repeszromboló [5];
  - FZ149 MULTIDART – 36 darab egyenként 35 g-os nyíl megsemmisítőelemet tartalmaz [5];
  - FZ122 Flechette – 2200 darab egyenként 1,3 g-os „dárda" megsemmisítőelemet tartalmaz [5];
- a fenti blokkokból indítható irányítható rakéta:
  - FL275 LGR – Laser Guided Rocket – félaktív lézer-önirányítású rakéta [6], [21].

Rakéta-indítóblokk

Az indítóblokkok adatai az 1. táblázatban találhatók.

1. táblázat
A három indítóblokk adatai [4], [6], [7], [8]

	FZ233	**FZ231**	**FZ225**
magasság [mm]	288,3	361	402
szélesség [mm]	243,4	324	402
teljes hossz [mm]	1653,5	1658	1668
tömeg [kg]	26	31	45
csövek űrmérete [hüvelyk/mm]	2,75/69,85[2]		
indítási mód	sorozat/egyesével		
indítási intervallum [ms]	minimum 80		
Referencia dokumentum	STB M0233 Technical requirements specification[3]	STB M0231-30-0001-01 Technical requirement specification	STB M0225 FZ225 Technical requirement specification
NATO Stock Number (NSN)[4]	1055-13-118-6720	nem áll rendelkezésre	1340-13-117-7726

[1] A rakéta-indítóblokkok felsorolásánál a * (csillaggal) jelölt blokkok a LIU-val (Launcher Interface Unit – indítóberendezés interfész modul) szerelt változatok, amely kapcsolatot biztosít a GRMU/WMU/GWS/MCS interfészekkel (nemzetközi repülésben alkalmazott informatikai, kommunikációs szabványok) [5], [21], [22], [23], [24].
[2] A szakirodalmak általában 70 mm-esként említik. (A szerző megjegyzése.)
[3] Műszaki követelmények specifikációja.
[4] NATO raktári szám.

FZ233

Az FZ233 7 indítócsövű rakéta-indítóblokk (5. ábra). Kialakítása megegyezik az FZ220 blokkal, kiegészítve a LIU-val.



5. ábra
Az FZ233 7 csövű rakéta-indítóblokk [4], [6]

FZ231

Az FZ231 12 indítócsövű rakéta-indítóblokk (6. ábra). Kialakítása megegyezik az FZ219 blokkal, kiegészítve a LIU-val.



6. ábra
Az FZ231 12 csövű rakéta-indítóblokk [4], [7]

FZ225

Az FZ225 19 indító csövű rakéta-indítóblokk (7. ábra). Kialakítása megegyezik az FZ207 blokkal, kiegészítve a LIU-val.



7. ábra
Az FZ225 19 csövű rakéta-indítóblokk [4], [8]

Az indítóblokkok nagy szilárdságú könnyűfémötvözetből készülnek, kimondottan helikopterfedélzeti alkalmazásra. Mindegyik felszerelhető egy opcionális, levehető hátsó burkolattal.

Mindhárom indítóblokk NATO-szabványos, 14 hüvelyk távolságban található függesztőfülekkel, valamint FZ125 rögzítőmechanizmussal rendelkezik, amely lehetővé teszi az FFAR[5] és a WA[6] hajtóművekkel szerelt rakéták indítását. Az indítóblokkok alkalmasak minden FZ-szabványú harcirésszel és távolélesítésű gyújtóval szerelt rakéta indítására.

Nemirányítható rakéták

A tárgyalt 2,75 hüvelykes (70 mm-es) nemirányítható rakéták különböző rendeltetésű harcirésszel, jelen esetben fejrésszel és a már említett FFAR vagy WA rakétahajtóművel szerelt rakétákat jelenti. A rakéta típusát a fejrész típusával adják meg. A fejrészek adatai a 2. táblázatban találhatók.

2. táblázat
A nemirányítható rakéta harcirészek adatai [10]

	Harcirész típusa					
	FZ71	**FZ120**	**FZ181**	**FZ319**	**FZ149**	**FZ122**
teljes tömeg [kg]	4,3	4,3	4,3	4,3	3,3	5,0
robbanóanyag tömege [kg]	1	0	0,2	1	n. a.	n. a.
megsemmisítő-elemek száma [db]	–	–	–	–	36	2200
megsemmisítő-elemek tömege [g]	–	–	–	–	35	1,3

[5] FFAR – 4 Folding-Fins Aerial Rockets – kinyíló stabilizátortollakkal szerelt rakétahajtómű [17].
[6] WA – Wrap Around – ívesen behajtható stabilizátorokkal szerelt rakétahajtómű [16].

FZ71 HEGP – High Explosive General Purpose – nagy hatóerejű, romboló

Rendeltetését tekintve nempáncélozott objektumok és élőerő ellen alkalmazható. Az adatai között 2 mm-nél kisebb páncélvédelem van megadva (8. ábra).



8. ábra
FZ71 HEGP harcirész [10]

FZ120 IP – Inert Practice – gyakorló súlymakett

A súlymakett elnevezés csak a harcirészre vonatkozik (9. ábra), ami azt jelenti, hogy nincsen benne semmilyen pirotechnikai töltet. Gyakorló lövészeteken lehet alkalmazni, ballisztikája megegyezik az FZ71, FZ319 és FZ181 típusokkal.



9. ábra
FZ120 súlymakett harcirész [10]

FZ181 FS – Flash Signature – világító

Általában a világítótöltettel szerelt harcirészek alkalmazhatók területek megvilágítására, például felderítéskor vagy deszant dobási területek vizuális láthatóságának biztosítására, de ezenkívül alkalmasak az ellenség megfigyelőinek például tüzérségi vakítására is. Az FZ181 harcirész (10. ábra) fényereje több mint 5 000 000 cd[7] és több mint 2 s-ig infravörös hatása is van, ami alkalmas lehet IR-szenzorokkal szerelt eszközök zavarására.



10. ábra
FZ181 világító harcirész [10]

[7] cd – candela – kandela. A fényerősség mértékegysége.

FZ319 HEAP – High Explosive Armour Piercing – nagy hatóerejű repeszromboló

Ha az angol elnevezését lefordítjuk lehetne páncéltörőnek is nevezni és gyakorta így is fordítják, de valójában ez a magyar terminológiában egy repeszromboló harcirésznek felel meg, ugyanis a rendeltetését tekintve nem vagy gyengén páncélozott objektumok megsemmisítésére, illetve élő erő harcképtelenné tételére alkalmazható. Az 11. ábrából is látszik, hogy repeszdarabolódást elősegítő bordázattal ellátott köpenye van. Az ilyen harcirészeket kivétel nélkül csapódó-fejgyújtóval szerelik.



11. ábra
FZ319 repeszromboló harcirész [5]

FZ149 MULTIDART

Rendeltetését tekintve nem vagy gyengén páncélozott objektumok, járművek és élő erő megsemmisítésére szolgál, ezek lehetnek gépjárműoszlopok, hajók, repülőeszközök az állóhelyeken. A 12. ábrán is jól látható, hogy a szétrepülő megsemmisítő-elemek pici stabilizátorokkal ellátott nyíl alakú megsemmisítő-elemek. Az is jól kivehető az ábrából, hogy fenékgyújtóval rendelkezik, amely egy időzíthető gyújtó.



12. ábra
FZ149 MULTIDART harcirész [10]

FZ122 Flechette

Rendeltetése megegyezik az FZ149 MULTIDART harcirészével (13. ábra), sőt működésüket tekintve sincs különbség közöttük. Az egyetlen különbség a megsemmisítő-elemek mérete és darabszáma. Ebben a harcirészben 2200 darab pici, dárdaszerű megsemmisítő-elem található, amelynek méreténél fogva kisebb lesz az átütő vagy ölőképessége, mint az FZ149-es harcirészben lévőnek [5].



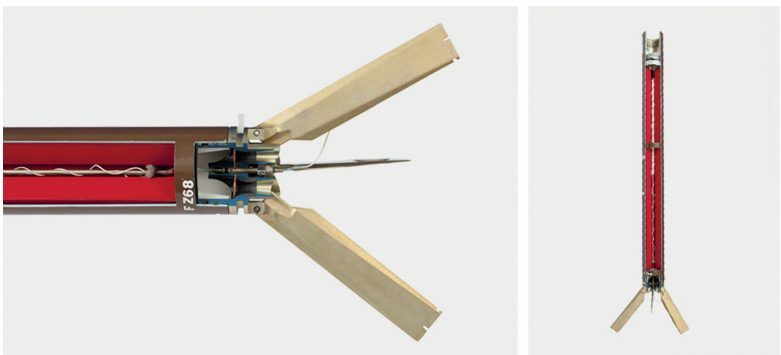
13. ábra
FZ122 Flechette harcirész [10]

Rakétahajtóművek

A fent említett harcirészek két típusú rakétahajtóművel szerelhetők.

FFAR – 4 Folding-Fins Aerial Rockets

Ez a rakétahajtómű-család az 1940-es évek végén jelent meg a 70 mm-es nemirányítható rakéták meghajtására. A hajtóanyag szilárd hatóanyagú rakétahajtóanyag. Az évek során a kialakítás minimálisan változott csak, a hajtóanyag összetétele a vegyipar és a gyártástechnológia fejlődésével együtt fejlődött [10].



14. ábra
FFAR rakétahajtómű [11]

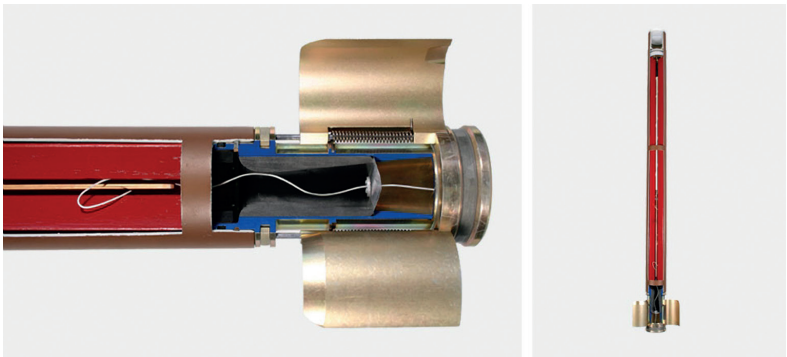
A hajtómű az Mk4/Mk40 és az FZ68/FZ67 jelölést kapta. Az indítási távolsága – föld-föld viszonylatban – a harcirész tömegétől függően az Mk változaté 7500 m, az FZ változaté 7700 m is lehet. Mindkettő hajtóanyaga gyérfüstű, nem korrozív. A teljes tömegük 5 kg, a hosszuk 1006 mm, a hajtóanyaga kétbázisú, a megfelelő égési idő biztosítása érdekében csillag belső keresztmetszettel rendelkezik [12]. Mindkét hajtómű kompatibilis az összes 2,75 hüvelykes harcirésszel [11].

WA – Wrap Around Rockets

A WA-elrendezésű rakétahajtómű családot szintén a 70 mm-es nemirányítható rakétákhoz fejlesztették ki az 1960-as években [12].

A hajtómű az FZ90-es jelölést kapta. Az előző két hajtóműtől szinte minden adatában eltér. Indítási távolsága – föld-föld viszonylatban – a harcirész függvényében akár 9100 m is lehet, tömege 6,3 kg, a hossza pedig 1060 mm, a hajtóanyaga kétbázisú, a megfelelő égési idő biztosítása érdekében csillag belső keresztmetszettel rendelkezik, gyérfüstű és nem korrozív [12].

A rakétahajtóművekkel már korábban is foglalkoztam [13], [14], [15] műveimben.



15. ábra
WA rakétahajtómű [12]

Irányítható rakéta

Tisztázzuk a legelején az elnevezést! Az angol szakirodalmakban a „rocket" kifejezést a nemirányítható rakétákra alkalmazzák, a „missile" kifejezést pedig az irányítható rakétákra. Az FZ275 LGR – Laser Guided Rocket, már az elnevezésében is eltér ettől a szisztémától, ugyanis irányítható rakétáról van szó, amely egy nemirányítható rakéták alkalmazására kialakított indítóblokkból indul. Valószínű, hogy a fejlesztése során a hajtóműve is hasonlít valamelyik nemirányítható rakétahajtóműre.

Helikopter fedélzeti irányítható rakéták irányítási módszerei

A helikopter fedélzeti rakéták, illetve általában a rakéták irányítási módszeréről már többször írtam vagy elevenítettem fel a korábban írtakat a [14], [15], [16] és [17] műveimben.

A *távirányítás vagy parancsirányítás* helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták esetében gyakran alkalmazott irányítási módszer. Széles körű elterjedésének az egyik oka a gazdaságosság, mivel az irányítórendszer legbonyolultabb része – a rakéta repülési paramétereit meghatározó egység, a számítógép – a helikopter fedélzetén található, így az többször is felhasználható.

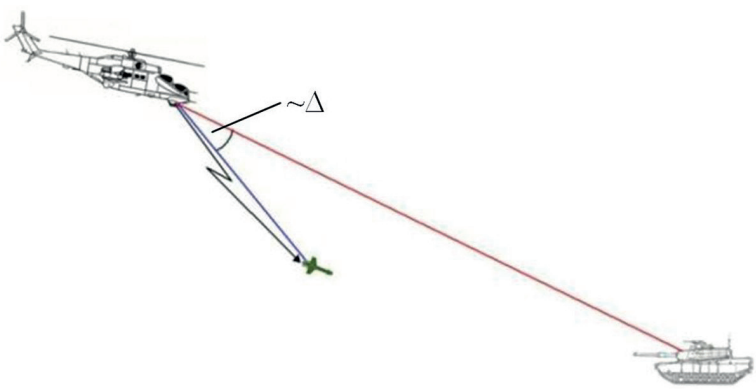
A rakéta indítását megelőzően az operátor vizuálisan kiválasztja a célt, majd egy optikai rendszer segítségével végrehajtja a célzást. Ezzel a rendszer szemszögéből nézve kialakul az irányzóvonal. A rakéta irányítása az irányzóvonalhoz viszonyítva automatikusan valósul meg a következő módon:

- a rakéta folyamatos szögkoordinátáit a pelengátor optikai tengelyéhez viszonyítva irány és bólintás szerint meghatározzuk a rávezető műszerrel;
- a fenti jelekből a fedélzeti számítógép kialakítja a vezérlőjelnek megfelelő parancsokat;
- a fedélzeti számítógép által kidolgozott parancsokat rádióparancs-vonalon vagy vezetékes vonalon továbbítja a rakétának;

- a rakéta fedélzeti blokkjai a megfelelő manőver végrehajtása érdekében végrehajtják a kormánykitéréseket.

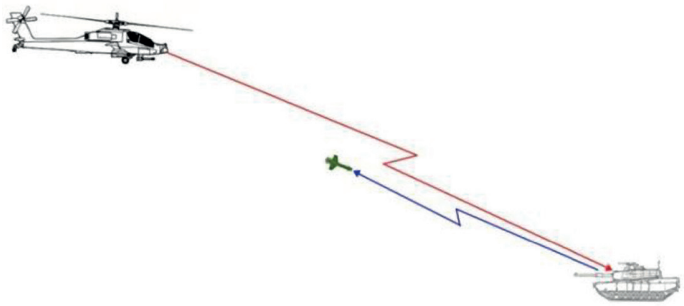
A pelengátor követi a rakéta infravörös válaszadójának a kisugárzását (villanófény; nyomjelző vagy lámpa) miközben meghatározza a rakéta irányzóvonalhoz viszonyított szöghelyzetét. A rakétának a pelengátor optikai tengelyéhez viszonyított irány és bólintás szerinti szöghelyzetével arányos jelek a fedélzeti számítógépre jutnak, ahol megtörténik az összehasonlítás az irányzóvonal paramétereivel. Az összehasonlítás eredményeképpen kialakul az eltéréssel arányos irányítójel (Δ) (16. ábra). Ezt az irányítási módozatot alkalmazza a HOT3, a BGM-71E, ráadásul mindkettő vezetékes távirányítású. Az orosz 9M17P Falanga, a 9M114 Sturm és a 9M120 Ataka-V páncéltörő irányítható rakéták pedig rádió-parancsirányítást alkalmaznak.

A *félaktív önirányítású* helikopterfedélzeti irányítható páncéltörő rakéták közül az amerikai AGM-114 Hellfire II, az orosz 9A4172 Vihr (AT-16) és a dél-afrikai Mokopa SAL rendelkezik félaktív önirányítással. Mindhárom irányítható páncéltörő rakétát az 1990-es években fejlesztették ki [19].



16. ábra
Távirányítás vagy parancsirányítás [17]

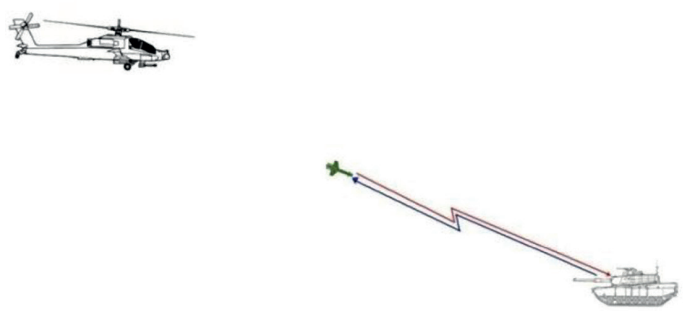
A szárazföldi célok ellen alkalmazott félaktív irányítható rakéták esetében gyakran találkozhatunk félaktív lézerirányítással és ez nem csak a helikopter fedélzeti irányítható rakétákra igaz. Ennek az önirányítási módszernek a lényege ugyanaz, mint a légiharcrakéták esetében, valamilyen mesterséges jel segítségével (lézer vagy rádiójel) mesterségesen ki kell emelni a célt a háttérből (17. ábra).



17. ábra
Félaktív önirányítás [17]

A célról visszaverődött jelre fog reagálni a rakéta célkoordinátora és valósítja meg az önirányítást. A harci helikopterek fedélzetén széles körben még nem terjedt el a fedélzeti rádiólokátor, így a félaktív irányítható páncéltörő rakéták jelentős része félaktív lézer-önirányítású. Az első félaktív rádió-önirányítású rakétát az AH-64 „Longbow" rendszerrel együtt fejlesztették ki, majd más gyártók is megjelentek hasonló eszközökkel.

Az *aktív önirányítású* helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták esetében ez az irányítási módszer a legritkább (18. ábra). Csupán egyetlen rakétatípus rendelkezik ilyen változattal. Az AH-64 harci helikopter modernizációja során fejlesztették ki az AGM-114 rakéta „Longbow Hellfire" változatát, amely kombinált irányítási rendszerrel rendelkezik, amelybe inerciális és aktív rádió-önirányítás tartozik.



18. ábra
Aktív önirányítás [17]

A fentiekből kiderül, hogy az ár–érték–hatékonyság hármast figyelembe véve a lézer félaktív önirányítás (SAL – Semi-Active Laser) a leghatékonyabb változat a helikopter fedélzeti irányítható rakéták között [20].

FZ275 LGR – Laser Guided Rocket

Az FZ275 LGR rakéta (19. ábra) egy félaktív lézer-önirányítású rakéta. A rakéta űrmérete megegyezik a nemirányítható változatokéval, pontosan azért, hogy a szabványos 2,75 hüvelykes indítóblokkokból alkalmazható legyen. A rakéta induló tömege 12,5 kg, az égésvégi tömege pedig 9,1 kg. A kormány felületei – 4 darab – az indítócső elhagyása után hátrafelé nyílnak ki, a stabilizátorai FFAR típusúak. Az alkalmazott lézer a STANAG 3733 szerinti vagy meghatározott kódot használ.

A rakéta indítási távolsága 1500 és 6000 m között van. Rendeltetése szerint megsemmisíthet nem vagy gyengén páncélozott célokat, légvédelmi létesítményeket (például lokátort, rakétaindító berendezést), kommunikációs létesítményeket (például átjátszóállomásokat), repülőeszközöket az állóhelyen, kisebb hajókat, őrnaszádokat, nem erődített bunkereket és rejtőzött mesterlövészeket.

Nagyon nagy előnye a rakétának az egyszerű használata, az ár-érték aránya és a könnyű integrálhatósága különböző hordozóeszközökre, például merevszárnyú, forgószárnyú repülőeszközök, UAV[8]-k, földi járművek és hajófedélzet. Ezenkívül áthidalja a helikopter fedélzeti géppuskák, gépágyúk, valamint a nagyobb indítási távolsággal rendelkező irányítható rakéták között található űrt.

A félaktív lézer-önirányítás esetében szükség van egy lézer célmegjelölőre, amely lehet más eszközön is, például másik helikopteren vagy földi eszközön. A célmegjelölés történhet a rakéta indítása előtt – LOBL[9] – vagy után – LOAL[10]. Ez a rugalmasság nagymértékben javítja a helikopter túlélőképességét.

A rakéta harcirésze egyes források [18] szerint az FZ319 harcirésszel megegyező. Az eddigi ismereteim szerint ez igaz lehet némi módosítással, mert az eredeti FZ319 repeszromboló harcirészt a rakéta fejrészében alkalmazták, ennél a rakétánál, pedig a hajtómű előtti rekeszben található. Így annak lehet egy modifikációja.



19. ábra
FZ275 LGR [6]

[8] UAV – Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli repülőgép.
[9] LOBL – Lock-on Before Launch – célmegjelölés a rakéta indítása előtt.
[10] LOAL – Lock-on After Launch – célmegjelölés a rakéta indítása után.

A kutatásaim során a szerb megrendelésre készülő – az Airbus honlapján megjelent információk szerint 9 darab H145M helikopterről van szó és a 2019-es párizsi Airshow-n bemutatott – helikopteren a Spike ER2 irányítható páncéltörő rakétát is integrálták (3. és 4. ábra).

Spike ER2

A Spike egy izraeli tervezésű, „tüzelj és felejtsd el!" elven működő irányítható páncéltörő rakéta. Elsősorban a szárazföldi csapatok harckocsik elleni kézifegyverének szánták, de később földi szállítójárműre, sőt helikopter fedélzetére is felszerelték [18]. Az első változatok az 1980-as években álltak rendszerbe. Az ER2 változat fejlesztése 2018-ban kezdődött és elsősorban helikopterfedélzetről történő alkalmazásra fejlesztették ki. Kíváncsian várom a további információkat erről a változatról.

Felhasznált irodalom

[1] L. Domán, „Az Airbus H145M helikopter és a túlélőképesség," *Repüléstudományi Közlemények,* 31. évf. 1. sz. pp. 85–102. 2019. DOI: https: //doi.org/10.32560/rk.2019.1.8
[2] Airbus, "H145M-MiniPoster," [Online]. Elérhető: https: //airbus-h.assetsadobe2.com/is/image/content/dam/corporate-topics/publications/brochures/H145M-MiniPoster.pdf?wid=991&fit=fit,1&qlt=85,0
[3] Airbus, "H145M Serbian Air Force static display at Paris Airshow 2019 – Day 4," [Online]. Elérhető: https: //airbus-h.assetsadobe2.com/is/image/content/dam/events/airshows/paris-airshow/PAS2019-static-display-ambiance-02-day-4-016.jpg?wid=991&fit=fit,1&qlt=85,0
[4] Thales Belgium SA, "For helicopters (7, 12 & 19 tube)," [Online]. Elérhető: https://fz.be/products.php?p=3
[5] Thales Belgium SA, "Warhead," [Online]. Elérhető: https://fz.be/products.php?p=17
[6] Thales Belgium SA, "Laser Guided Rocket," [Online]. Elérhető: https://fz.be/laser-guided-rocket#6
[7] Thales Belgium SA, "FZ233," [Online].Elérhető: https://fz.be/FZ233
[8] Thales Belgium SA, "FZ231," [Online].Elérhető: https://fz.be/FZ231#3
[9] Thales Belgium SA, "FZ225," [Online]. Elérhető: https://fz.be/FZ225
[10] Thales Belgium SA, "Warhead," [Online]. Elérhető: https://fz.be/products.php?p=11
[11] Thales Belgium SA, "FFAR – 4 Folding-Fins Aerial Rockets," [Online]. Elérhető: https://fz.be/FFAR
[12] Thales Belgium SA, "Rocket motor," [Online]. Elérhető: https://fz.be/products.php?p=24
[13] L. Szilvássy, B. Békési, „Rakéta hajtóművek," *Repüléstudományi Közlemények*, 11. évf. 1. sz. pp. 263–271. 1999.
[14] L. Szilvássy, B.Békési, „Repülőfedélzeti rakéták hajtóművei," In Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferencián elhangzott előadás, 2002, pp. 1–11.
[15] L. Szilvássy, L. Szabó, „Rakéták reaktív hajtóművei," *Repüléstudományi Közlemények,* 18. évf. 1. sz. pp. 209–216. 2006.
[16] Thales Belgium SA, "WA – Wrap Around Rockets," [Online]. Elérhető: https://fz.be/WA

[17] L. Szilvássy, „A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben," *Elektronikus Műszaki Füzetek,* X., pp. 77–88. 2011. Elérhető: http: //store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/AAAABCHF/doc/musz_fuz_10_2011.09.09-09.21.50.pdf
[18] L. Szilvássy, „A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben," Doktori (PhD) Értekezés, ZMNE, Budapest, pp. 96–104. 2008.
[19] L. Szilvássy, "Aviation anti-tank missile AT-16 'Scallion' (9A4172 'Vikhr')," Repüléstudományi Közlemények, 26. évf. 3. sz. pp. 28–33. 2014.
[20] L.Szilvássy, „Harci helikopterek fegyverei II. – Irányítható rakétafegyverzet," Repüléstudományi Közlemények, 22. évf. 1. sz. pp. 1–9. 2010.
[21] Wikipedia The Free Encyclopaedia, "FZ275 LGR," [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/FZ275_LGR
[22] SE Smart Ephys, "MCS Interface Board 3.0 Multiboot MCS-IFB," [Online]. Elérhető: www.multichannelsystems.com/content/mcs-interface-board-30-multiboot
[23] J. Becker, M. Platzner, and S.Varnalde, Field-Programmable Logic and Applications, Antwerp, Belgium: Springer, 2004. DOI: https://doi.org/10.1007/b99787
[24] J Montran, "Global WebStation (GWS)," [Online]. Elérhető: www.montran.com/products/gws/index.html

WEAPON SYSTEMS OF H145M HELICOPTER – UNGUIDED ROCKET SYSTEM

In the article, the author presents the H145M lightweight multipurpose helicopter onboard weapons. The article launches a series of multiplayer presentations of H145M helicopter weapon systems. This article introduces the non-guided missile system.

Keywords: *H145M, helicopter, onboard weapon, unguided missile, guided missile*

Dr. Szilvássy László
alezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-0455-4559

Lt. Col. László Szilvássy, PhD
Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Department of Aircraft Onboard Systems
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-0455-4559

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/450/164

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 31–55. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.3

Gábor Armand Dávid, Veress Árpád

Airbus A380-as repülőgépszárny numerikus áramlástani vizsgálata és az eredmények validációja szárnyvéglap-konfigurációk későbbi analízisének érdekében

A Nemzetközi Légiközlekedési Szövetség közel 7,8 milliárd utasra számít 2036-ban a légiközlekedésben, amely közel a kétszerese a 2017-ben elvárt közel 4 milliárd utasnak [1]. Ez az előrejelzés további fejlesztéseket igényel a légi járművek esetében a hatékonyság-, és teljesítménynövelés, valamint a károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében. Az egyik legígéretesebb aerodinamikai eszköz az indukált ellenállás (ami a teljes légellenállás 30–40%-a is lehet [2]) és így a tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésére a szárnyvéglap. A jelen munka célja egy CFD-analízis elkészítése Airbus A380-as szárnyvéglap konstrukció nélküli repülőgépszárnyra validálási célból rendelkezésre álló adatok felhasználásával. A következő lépésben különböző szárnykonfigurációk hatásának elemzését követően következtetések vonhatók le a tervezés jóságára vonatkozóan, mivel a szimulációs eredmények függetlenek a szoftverbeállításoktól, fizikailag plauzibilisek és pontosak.

Kulcsszavak: *A380-as repülőgép, szárny, numerikus áramlástani vizsgálat, validáció, szárnyvéglap*

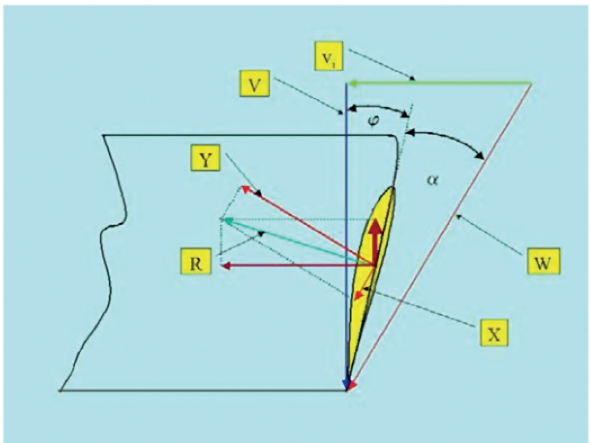
Bevezetés

A jelen kutatás célja, egy olyan számítási folyamat kidolgozása és az eredmények validációja, amelynek segítségével megbízható pontossággal határozhatók meg a szárny által generált légerők. A bevezetés első részében a jelen munka folytatásaként tervezett szárnyvéglapok vizsgálatához szükséges elméleti és gyakorlati aspektusok bemutatására helyeződik a hangsúly.

Szárnyvéglapok

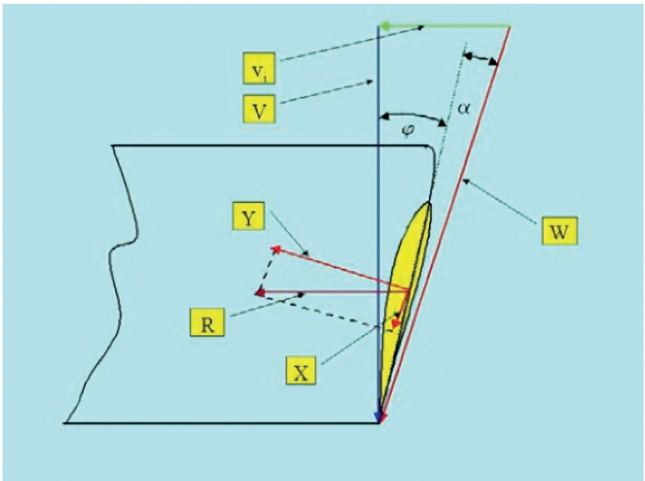
A szárnyvéglapok [3] kis mértékben növelik az ellenállás értékét, de ugyanekkor csökkentik az indukált ellenállás értékét. A szárny végén elhelyezkedő eszközök legfőbb feladata, hogy egy úgynevezett „akadályt" képezzenek a szárnyvégi áramlásnak. Nagyobb repülési sebességek esetén ez a hatás jelentősen csökken, a zárólapon keletkező profilellenállás már nagyobb, mint az elérhető indukált ellenállás-csökkenés. A szárnyvégi profil körüli sebességeket az 1. ábra mutatja.

A szerkezeti elem a következőképpen fejti ki a hatását. A kiválasztott szárnyvég metszetet a repülési sebességből (V) és a szárnyvégi örvényekből származó kerületi sebesség (v_i) összegzése után kapott eredő megfúvás (W) éri. Így a szárnyvéglapon keletkező eredő erőnek (R) optimális esetben lesz egy haladási irányba eső komponense, amelyet tekinthetünk úgy, mint egy járulékos vonóerő. Ezenkívül természetesen a véglapprofil is eltéríti az áramlást, ami azt jelenti, hogy az eredő megfúvás (W) iránya a szárnyvégkonstrukció után közel párhuzamossá válik a repülési iránnyal, csökkentve ezzel a szárnyon a terjedtség menti áramlást.



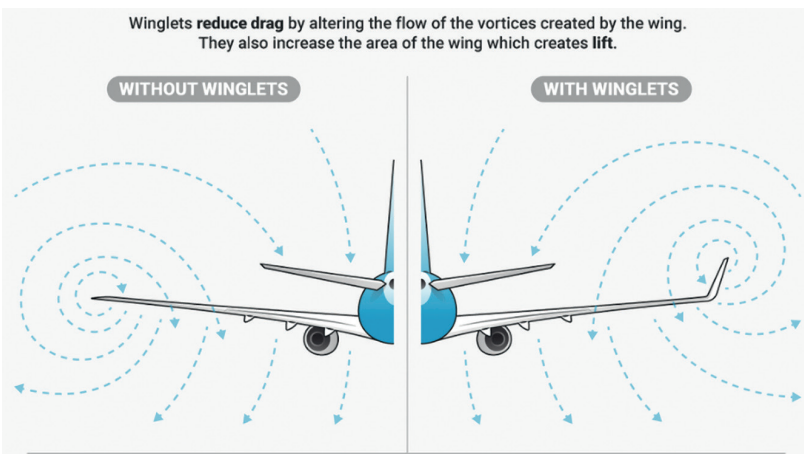
1. ábra
A szárnyvégi profil körüli sebességek ideális esetben [3]

Kis repülési sebességnél (V) a szárnyvégi örvényben az adott metszethez tartozó kerületi sebesség (v_i) nagy, ami azt jelenti, hogy az állásszög közelít a kritikus állásszöghöz. A szárnyvégprofil beállítási szöge többé-kevésbé akkor tekinthető optimálisnak, ha a szárnyon és a végkonstrukción nagyjából egyszerre következik be az átesés. Növekvő repülési sebesség (V) esetén az állásszög csökken, az eredő erő (R) lassan hátrahajlik és a repülési irányba eső komponense már hátrafelé fog mutatni. Valahol ennél az állásszögnél, illetve a hozzá tartozó sebességnél a szárnyzáró profil már ellenállás-növekedést fog okozni (az indukált ellenállás csökkenése már minimális lesz, az eredő erő (R) további elfordulása pedig már ellenállást növel). A 2. ábra éppen a határesetet ábrázolja.



2. ábra
A szárnyvégi profil körüli sebességek határhelyzetben [3]

Általános esetben, az indukált ellenállás kialakulásáról és meghatározásáról bővebb információ a [4] számmal jelzett irodalomban található. A szárnyvéglap-konstrukció hatását a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra
Szárnyvégi örvények szárnyvéglap-kialakítás nélkül, ill. szárnyvéglap-kialakítással [23]

A 20. századtól kezdve egyre több, a repülés hatékonyságát növelő kutatási eredmény jelent meg, különös tekintettel az olyan eszközökre, amelyek alkalmazásával csökkenthető az ellenállás és növelhető a felhajtóerő. A legtöbb kutató a szárnyvégi eszközök hatását vizsgálta ebben a témakörben.

Whitcomb [5] szerint a szárnyvéglapok 9%-kal növelik a szárny hatékonyságát (felhajtóerő–ellenálláserő viszony) úgy, hogy ezek a szárnyvégi örvényeket kisebb intenzitású örvényrészekre osztják fel, amelyek főleg az utazórepülés során töltenek be fontos szerepet. Így a szárnyvéglapok 20%-kal csökkentik az indukált ellenállás értékét. Whitcomb többféle szárnyvégi eszközt is vizsgált.

Kravchenko [6] különféle szárnyvégi eszközöket analizált repülőgépek esetén a felhajtóerő és az ellenálláserő szempontjából szubszonikus és transzszonikus sebességtartományokban. Az elvégzett tesztek arra az eredményre vezettek, hogy M < 9 esetén a felhajtóerő–ellenálláserő viszony relatív növekménye a Mach-szám függvényében kicsi. M = 0,6–1,25 sebességtartományban a szárnyvéglapok hatására kismértékben növekszik a felhajtóerő-tényező és a c_l-α görbe meredeksége a kiindulási szárnykonfigurációhoz képest. A szárnyvéglapok esetén kitért továbbá azok beállítási szögének, irányítottságának (alsó vagy felső) és a stabilitásra gyakorolt hatására is a létrehozott hajlító igénybevételek mellett.

Kroo [7] olyan aerodinamikai eszközökkel kapcsolatban végzett részletes irodalomkutatást, amelyek csökkentik az indukált ellenállást. Munkájában ismertette például a „gyűrűs" kialakítású szárnyvég, a „doboz" kialakítású szárnyvég és a nem egy síkban elhelyezkedő szárnyak hatásait is. Munkájában kifejtette, hogy a szárnyvéglapok esetén minden alkalmazást külön kell vizsgálni és a jellemző működési feltételeknek megfelelően, olyan többparaméteres célfüggvényt kell optimalizálni, amelyek figyelembe veszik többek között a légerőből adódó terheléseket, az aeroelasztikus jelenségek hatását, a flattert, a repülőgép stabilitását és irányíthatóságát.

Spillman [8] kutatásai során különböző úgynevezett „tip-sail˝ szárnyvégi eszközöket vizsgált. Ismertette, hogy ezen eszközök hatására csökkenthető a felhajtóerővel együttesen jelentkező ellenálláserő, amelynek következtében jelentős üzemanyag-megtakarítás érhető el.

Neal J. Pfeiffer [9] munkájának célja egy módszer kidolgozása volt, amelynek segítségével optimalizálni lehet a szárnyvéglap helyzetét a szárnyon a profilellenállás figyelembevételével, az indukált ellenállás mellett. Az eljárás a potenciálos áramlásszámítás eredményeit használta fel a Trefftz-síkban megfelelő távolságban a felhajtóerő-képzésben részt vett felületek mögött. Az eredmények a vizsgált esetekben kismértékű eltérést mutattak a kizárólag indukált ellenállást figyelembe vett és az indukált ellenállás mellett a profilellenállást is figyelembe vevő módszerek eredményei között.

Hesham S. M. Helal és mások [10] speciális, nagyobb nyilazással rendelkező, úgynevezett „raked wingtip" szárnyvégek hatását vizsgálták numerikus áramlástani szimulációk segítségével. A számításokhoz NACA 65(3)-218 szárnyprofil geometriai koordinátáit használták fel. A validáció érdekében egy 3D-s téglalap alakú szárnyat alkalmaztak. A numerikus megoldás során a tömeg-, az impulzus és az energia-megmaradás egyenletei mellett a Spalart-Allmaras turbulenciamodellt állították be a következő peremfeltételekkel: a sebesség M = 0,2, T = 288,2 K és p = 101 325 Pa. A validációt tekintve a mérési és a számítási eredmények jó egyezőséget mutattak. További CFD-számítások eredményeiből következtetéseket vontak le arra vonatkozóan, hogy hogyan alakulnak az örvények a szárnyak körül és hogyan befolyásolhatók különböző nyilazási szögek, illetve különböző szárnyvégi és a szárny tövében érvényes húrhosszarányok esetén. A speciális szárnyvég-kialakítással rendelkező verziók hatására 5–10%-kal növekedtek az L/D viszonyok a véglap nélküli kialakításhoz képest. Az optimális eset θ = 45°-os nyilazási szög, 4 fokos állásszög és 0,2-es TR esetén adódott (ahol a TR [Taper Ratio] a szárnyvégi és a szárnytőben érvényes húrhosszak aránya). Konklúzióként megállapítható,

hogy a szárnyvéglappal kialakított szárny a nagyobb L/D viszony miatt előnyösebb, mint a szárnyvéglap nélküli konstrukció.

Alekhya N. és mások [11] CATIA-program segítségével modelleztek úgynevezett illesztett (blended) szárnyvégeket. A szárny profilja NACA 4412-es típusú volt. A koordináták importálása után az illesztett szárnyvéglapot 30°- és 90°-on építették be a szárnyhoz képest. A kutatók több állásszögön is vizsgálták az egyes konfigurációk által létrehozott ellenállás- és felhajtóerőt. Megállapították, hogy 90°-os beépítés esetén érhető el a legnagyobb teljesítménynövekedés.

J. F. Marchmann III és mások különböző „Whitcomb"-féle szárnyvéglapokkal felszerelt, kis sebességű üzemállapotban működő repülőgépek esetén végeztek vizsgálatokat [12], amelynek eredményként ismertették, hogy akár 15%-os L/D viszonynövekedés is elérhető. A kutatás során megállapították, hogy a szárnyelvékonyodás növekedése negatív hatással van a szárnyvéglap hatásosságára, mivel csökken a szárny külső felének terhelése. Optimális szárnyvéglap-hatékonyság elérése érdekében célszerű nem elvékonyodó szárnyat használni. Teszteredmények segítségével kimutatták, hogy alacsony sebesség esetén a szimmetrikus kialakítású szárnyvég legalább olyan hatékony, mint a szuperkritikus szárnyvég, ezért nincs értelme a nagyobb komplexitással rendelkező és emiatt költségesebb szuperkritikus profilokat alkalmazni az általános célú repülésben.

Bento S. de Mattos és mások [2] a szárnyvéglapok működésével és tulajdonságaik bemutatásával kapcsolatban tették közzé összefoglaló munkájukat. Publikációjukban először ismertették a szárnyvégi örvények kialakulását és hatását. Ezt követően különböző szárnyvéglapmegoldásokat mutattak be és elemezték a repülésre gyakorolt pozitív, illetve negatív tulajdonságaikat. Megállapították, hogy a szárnyvéglapok egyre jelentősebb szerepet töltenek be a repülésben, a segítségükkel megvalósított teljesítménynövekedés hozzátartozik a repülőgépek piacán kialakult versenyképesség megtartásához, illetve növeléséhez.

Vinay Kumar Bada és mások kutatásukban [13] spiroid kialakítású, illetve úgynevezett kéttollas (dual feather) szárnyvéglapokat vizsgáltak. Munkájuk során NACA 2412-es profilt alkalmazva tanulmányozták a szárnyvégek áramlásra gyakorolt hatását. Az aerodinamikai elemeket egy 28 350 mm hosszúságú és 7320 mm szárnytőben, valamint 1600 mm szárnyvégen értelmezett húrhosszúságú szárnyhoz illesztették. A vizsgálat célja a szárny aerodinamikai jellemzőinek meghatározása volt az említett szárnyvég-konfigurációkkal numerikus áramlástani szimulációk segítségével. Konklúzióként megállapították, hogy a spiroid kialakítás nagy L/D viszonnyal rendelkezik és jobb a kéttollas konfigurációnál.

Az Airbusnál alkalmazott szárnyvégek áttekintése [14]

Az Airbus úttörőnek számít a szárnyvégi eszközök kereskedelmi repülésben történő alkalmazásában. A repülőgépgyártó-vállalat esetében az A300-as, illetve az A310-es repülőgépeken jelentek meg először. Az előzetes tapasztalatokat felhasználva „Sharklet™"-eket alkalmaztak az A320-as család járművein is. A „Sharklet™"-eket később módosították, hogy alkalmazhatók legyenek az A340, az A380, illetve az A350 XWB típusú repülőgépekre. Az első „Airbus 330neo jet"-eken megjelent „Sharklet™"-ek kecses, elnyúló és enyhén felfelé ívelő szárnyvégek voltak, amelyek csökkentették az üzemanyag-fogyasztást és a zajkibocsátást, valamint növelték a felszálló-teljesítményt.

Az Airbusokon alkalmazott szárnyvéglapok következő generációja 2,4 méter magas volt, és az A320-as családra fejlesztették ki. Az új konstrukció már maximum 4%-kal tudja csökkenteni a tüzelőanyag-fogyasztást, illetve évenként 900 tonnával a CO_2 kibocsátást repülőgépenként. Ezt az eszközt implementálták az új A320neo, illetve az A320ceo típusú repülőgépekre is. Az A330neo típus esetén a „Sharklet™"-ek 60,3-ról 64 méteresre növelték a szárny fesztávolságát.

A Boeingnél alkalmazott szárnyvégek áttekintése [15]

A Boeing esetén a valaha volt leghatékonyabb szárnykonstrukció a 737MAX esetén született meg. Ez egy leleményes aerodinamikai megoldásnak köszönhető. Szárnyvéglap-konstrukció nélkül a közeg a szárny alól, a nagyobb nyomású hely felől a szárny fölé, a kisebb nyomású hely felé áramlik. Nagy sebességnél a szárnyvégek körül kialakuló felfelé történő áramlás egy, a repülési iránnyal ellentétes húzóerőt fejt ki. A felfelé, illetve hátrafelé áramló közegek együttesen alacsony nyomású örvényeket hoznak létre. Ezen örvények okozzák a felhajtóerő által indukált ellenállást, illetve igyekeznek a szárny hatékonyságát csökkenteni. Az illesztett szárnyvéglap („blended wingtip") konstrukció esetében a szárnyvégi áramlás felfelé, illetve a törzs irányába mutató erőt hoz létre. Ennek az erőnek van előrefelé mutató komponense is, ami hozzájárul a felhajtóerő által indukált ellenálláserő csökkentéséhez. A Boeing nemrégiben mutatta be a legújabb szárnykonstrukcióját a 737MAX szárnyvéglap-szerkezetet. A felső szárnyvéglap befelé, felfelé és egy kissé előrefelé létrehozott erővektora mellett, megjelent egy új, az alsó szárnyvéglap által létrehozott, a törzstől elfelé mutató, és szintén kissé előrefelé mutató erő. A két szárnyvéglap együtt biztosítja a szárny hatékony működését. Ezenkívül, a szárnyvéglapok működésének további növelése céljából, a Boeing által kifejlesztett lamináris áramlás kialakulásának kedvező felületkezelési eljárásnak vetették alá a vizsgált szerkezeti elemeket borító burkolatokat. A módszer alkalmazása hatékony megoldás az áramlás súrlódási erejének csökkentésére. A Boeing megfelelő tervezési módszerek, felületkezelési eljárások és bevonatok alkalmazásával éri el azt, hogy közel lamináris áramlás alakuljon ki az áramlás által súrolt felületeken. Ez a technológia tovább csökkenti az indukált ellenállás okozta negatív hatást, illetve növeli az üzemanyag-felhasználás hatékonyságát.

Numerikus áramlásmodellezés alapjai [19]

A CFD (Computational Fluid Dynamics), azaz a számítógépes áramlásmodellezés azoknak a módszereknek a gyűjtőneve, amelyek képesek kiszámolni az áramlás valós térben elosztott paramétereit. A rendszer elosztott paramétereinek nevezzük azokat a jellemzőket, amelyek a vizsgált tartomány nem egy-egy pontján, hanem egészében, például diszkrét pontok sokaságában, állnak elő. Jelen esetben a valós közeg áramlását olyan nem-lineáris parciális differenciálegyenletekkel írjuk le, amelyeknek általános esetben nincs zárt alakú megoldása. Ezért a diszkretizálást követően numerikus módszerekkel számíthatók az áramlási paraméterek számítógép segítségével. Mint a legtöbb esetben, az eredményeket validálni kell és további vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy minél pontosabb eredményeket kapjunk.

A legelterjedtebb, széles körben alkalmazott áramlástani alapegyenletek, a Navier-Stokes egyenletek, amelyek jelen kontextusban magukba foglalják a tömegmegmaradás, jelen esetben a Descartes-féle koordináta rendszer szerinti x, y és z irányú impulzus-megmaradás, illetve az energia-megmaradás egyenleteit. Fontos, hogy a Navier-Stokes egyenletek alapja a kontinuummechanika, ami azt is jelenti, hogy a Kundsen-számnak meg kell felelnie az alábbi feltételnek:

$$\mathrm{Kn} = \frac{\lambda}{\mathrm{L}} < 0{,}01 \tag{1}$$

A Navier-Stokes egyenletek az alábbi konzervatív formában írhatók fel:

$$\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{t}} + \frac{\partial(\mathrm{F}(\mathrm{U}) - \mathrm{F_v}(\mathrm{U}))}{\partial \mathrm{x}} + \frac{\partial(\mathrm{G}(\mathrm{U}) - \mathrm{G_v}(\mathrm{U}))}{\partial \mathrm{y}} + \frac{\partial(\mathrm{K}(\mathrm{U}) - \mathrm{K_v}(\mathrm{U}))}{\partial \mathrm{z}} = 0\,, \tag{2}$$

amelyben a keresett paraméterek és a konzervatív változók vektorai a következők:

$$\mathrm{U} = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ \rho E \end{pmatrix} \mathrm{F}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho u v \\ \rho u w \\ \rho u h^{to} \end{pmatrix} \mathrm{G}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} \rho v \\ \rho v u \\ \rho v^2 + p \\ \rho v w \\ \rho v h^{to} \end{pmatrix} \mathrm{K}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} \rho w \\ \rho w u \\ \rho w v \\ \rho w^2 + p \\ \rho w h^{to} \end{pmatrix}. \tag{3}$$

Az $F_v(U)$, $G_v(U)$ és a $K_v(U)$ diffúz vagy a viszkózus fluxusok a (4) egyenletekben találhatók.

$$\mathrm{F_v}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} 0 \\ \tau_{xx} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{xz} \\ u\tau_{xx} + v\tau_{xy} + w\tau_{xz} - q_x \end{pmatrix} \mathrm{G_v}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} 0 \\ \tau_{yx} \\ \tau_{yy} \\ \tau_{yz} \\ u\tau_{yx} + v\tau_{yy} + w\tau_{yz} - q_y \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{K_v}(\mathrm{U}) = \begin{pmatrix} 0 \\ \tau_{zx} \\ \tau_{zy} \\ \tau_{zz} \\ u\tau_{zx} + v\tau_{zy} + w\tau_{zz} - q_z \end{pmatrix} \tag{4}$$

Az előzőkben említett Navier-Stokes egyenletek a következő tulajdonságokkal rendelkeznek:

- összenyomható ideális gáz áramlását írják le relatíve nyugvó rendszerben,
- az anyag folytonos, lehet lamináris vagy turbulens az áramlás,
- homogén, izotróp anyagtulajdonságokkal rendelkező munkaközegre érvényes,
- tranziens folyamatok figyelembevétele lehetséges,
- súrlódásos (valóságos) folyamatok leírására alkalmas,
- erőtérmentes jelenségekre érvényesek,

- forrás- és nyelőmentes az áramlás,
- az egyenlet formája konzervatív (diszkontinuitások (például: lökéshullámok, örvényvonalak is számíthatók velük).

Az alapegyenleteket véges térfogat elvének megfelelően diszkretizálták, alakították át algebrai egyenletrendszerré, amelyet iterációk segítségével oldott meg a program.

Turbulencia [16]

A Turbulencia olyan kaotikus folyamat, amely a közegáramlásokban fordul elő, ahol az áramlási paraméterek térben és időben oszcillálnak. A turbulencia természete még mindig nem teljesen ismert és a klasszikus fizika megoldatlan problémái közé tartozik. A jelenléte szorosan kapcsolódik a Reynolds-számhoz, amely az áramlást jellemzi, segítségével döntjük el, hogy az áramlás lamináris vagy turbulens:

$$\mathrm{Re} = \frac{vL}{\nu} = \frac{\rho v L}{\mu} \tag{5}$$

A turbulencia modellezésének folyamata [16]

A turbulens áramlás kiszámítására számos közelítés létezik, attól függően, hogy a turbulens energiaspektrum mely részét modellezzük vagy oldjuk meg közvetlenül. A legpontosabb módszer a „Direkt Numerikus Szimuláció" (DNS), ahol térben és időben az egész spektrum megoldása megvalósul. Ehhez rendkívül finom numerikus hálóra van szükség és kicsi időlépésre, hogy a legkisebb méretű és időtartamú örvény, turbulens fluktuáció is kiszámítható legyen. Ezért a DNS-nek még a legegyszerűbb áramlások esetén is nagy a számítógépi kapacitásigénye. Jelenleg csak korlátozott mértékben használják elsősorban kutatásokban, illetve ipari problémák esetén nem használható az elvárt hatékonysággal [17].

Mint ahogy az előzőkben már volt róla szó, a turbulencia pontos kiszámítása jelentős erőforrásigényekkel jár, és gyakran nem befolyásolja jelentősen a kapott eredményeket. Ezért a legtöbb alkalmazásban a turbulenciára jellemző paramétereket időben átlagoljuk. Ezt a megközelítést Reynolds- és/vagy Favre-féle átlagolásnak nevezzük, és az ebből származó egyenletrendszer a Reynolds- és/vagy Favre-átlagolt Navier-Stokes egyenletek. Ez a közelítés ugyanakkor számos új tag (például Reynolds-feszültségek) megjelenését eredményezi az alapegyenletekben, amelynek hatására nem tudjuk megoldani őket. Több lehetőség is létezik arra vonatkozóan, hogy ismét megoldhatóvá tegyük az egyenleteinket. Az egyik például az örvényviszkozitás- vagy turbulenciamodellek, amelyek Boussinesq hipotézisén alapulnak [18].

Napjainkban, a legelterjedtebb turbulenciamodell az SST-turbulenciamodell, amely a turbulens kinetikus energia és így a turbulens nyírófeszültség realisztikusabb meghatározása érdekében korlátozó feltételeket használ. Továbbá, egy súlyozó függvény segítségével együttesen alkalmazza a k-ε és k-ω turbulenciamodelleket. A k-ω modellt inkább fal közelében használja, míg faltól távolodva a k-ε modellt, ezáltal kihasználva mindkét módszer előnyös tulajdonságait. Ez a modell nyújtja az egyik leghatékonyabb közelítést a turbulens áramlás

modellezésére általános esetben [19], ezért ebben a munkában is az SST-turbulenciamodellt fogjuk használni.

A probléma leírása és a jelenlegi kutatás célja

A kutatási projekt hosszú távú célja numerikus áramlástani szimulációk segítségével megvizsgálni, hogy milyen hatást gyakorol a szárnyvéglap egy meglévő, Airbus A380-as repülőgéptípus szárnya által létrehozott légerőkre. Mivel a törzs hatása csekély a szárnyra nézve, különösen a szárnyvégen kialakult folyamatokra, ezért a szimulációban csak a szárnyat vettük figyelembe.

A szárnyat egy áramlási térben helyeztük (utazómagassághoz tartozó repülési paraméterek figyelembevétele mellett), majd a szimuláció során kapott eredményekből meghatároztuk a szárny felhajtóerő-tényezőjét, illetve a konstrukció (L/D) viszonyát.

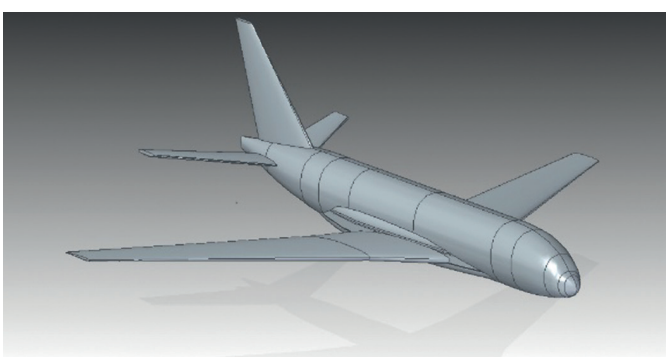
A szimulációs eredmények helyességéről validációval, vagyis a mérési (jelen esetben a szakirodalomban található) és a számítási eredmények összehasonlításával és a közöttük lévő eltérés vizsgálatával győződtünk meg, amely nem haladhatja meg az 5–10%-ot.

A CFD-szimuláció ismertetése, a számítási eredmények bemutatása és értékelése a validációval a következő fejezetekben találhatók.

A CFD-számítás előkészítésének ismertetése

Ebben a részben a szimuláció elkészítésének menetét fogjuk bemutatni, kezdve a geometria (áramlási tér) létrehozásával. Ezt követően ismertetjük a numerikus háló elkészítését, illetve az áramlási tér, a peremfeltételek valamint a megoldó beállításait. A munkát az ANSYS akadémiai szoftvercsomagjával készítettük el „Workbench" környezet „CFX" moduljában.

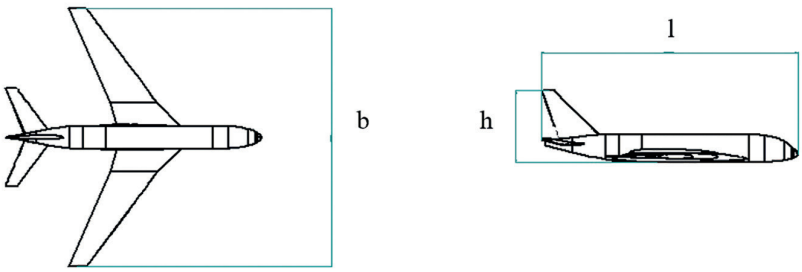
Geometria



4. ábra
Airbus A380-as repülőgéptípus CAD-modellje [saját szerkesztés]

Az áramlási tér elkészítése érdekében első lépésben létrehoztuk az Airbus A380-as 1:1-es méretarányú modelljét Solid Edge ST8™ szoftver segítségével, amely a 4. ábrán látható.

A repülőgép főbb műszaki paraméterei a következők (a geometriai méretek miatt lásd: 5. ábra) [20]:

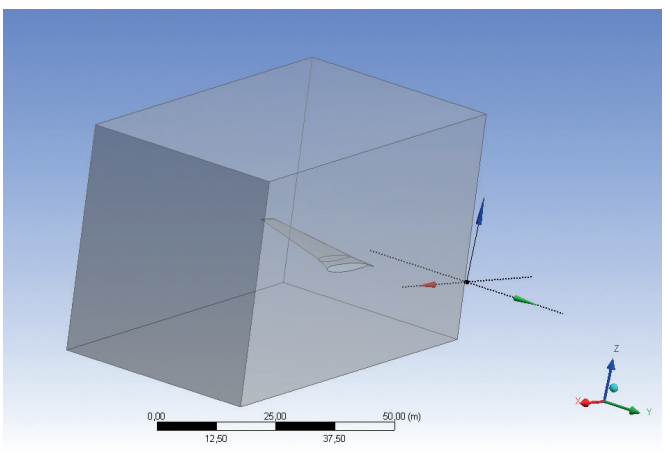


b = 79,79664 m, l = 72,99960 m, h = 24,10968 m, S = 845,417664 m^2, AR (Aspect Ratio) = 7,53, TR (Taper Ratio) = 0,26, Λ (Wing Sweep) = 33,5°, t/c = 0,08, c_{D0} = 0,01523, α_{MAX} = 18°, $\alpha_{CRUISING}$ = 8°

5. ábra
Airbus A380-as repülőgéptípus jellemző méretei és egyéb adatai [20]

Az alkalmazott modell esetén a szárny 2 szárnyprofilból épül fel: NASA SC(2)0610 és NASA SC(2)0606.

Mivel a törzs hatása elhanyagolhatóan kicsiny a szárnyon ébredő felhajtóerő-eloszlásra, illetve az ellenállásra, valamint a szárnyvéglap hatása is csak jellemzően a szárny külső felén jelentkezik, így a vizsgálatot elegendő a szárnyra elvégezni. Ezáltal a szimuláció lefuttatása és az eredmények kiértékelése is gyorsabbá válik, az eredmények pontosabbak lesznek a kisebb elemméretek miatt.



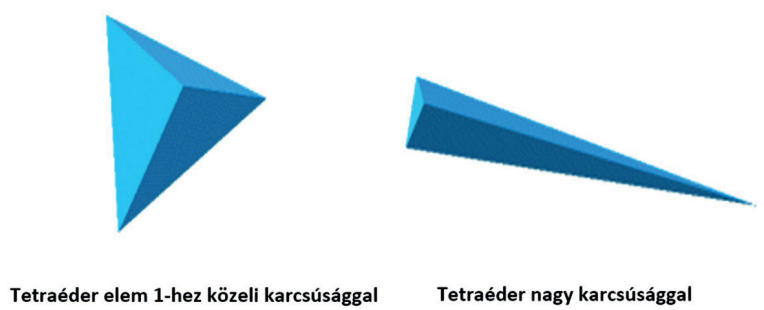
6. ábra
Áramlási tér a szárny körül [saját szerkesztés]

A geometria beolvasását követően definiáltunk egy 45×50×80 [m] hasáb alakú áramlási teret a szárny körül, amelyben a vizsgálatot végeztük. A szárnyat $\alpha_{cruising} = 8°$-os állásszögre állítottuk be. A befoglaló áramlási tér méreteit úgy választottuk ki, hogy az abba való belépéskor, illetve abból történő kilépéskor is zavartalan legyen az áramlás. A szimulációhoz szükséges áramlási teret úgy állítottuk elő, hogy a hasábból kivontuk a szárny geometriáját (lásd 6. ábra).

Numerikus háló [19]

Többféle típusú elem létezik, amikor egy numerikus hálót hozunk létre. Mindegyiknek megvannak a maga előnyei és hátrányai. A numerikus hálók általában strukturált, strukturálatlan és hibrid típusokba sorolhatók. A strukturált hálók jól definiált irányítottsággal rendelkeznek és általában hexaéder elemekből állnak (három dimenzióban). Ez a típus jobb konvergenciatulajdonságokkal és nagyobb pontossággal rendelkezik (az áramlásra merőleges és vele párhuzamos cellahatároló elemek esetén) a nem strukturált hálóhoz képest. Ha azonban a geometria bonyolult, nem készíthető strukturált háló, akkor a strukturálatlan hálót kell alkalmazni, amely általában tetraéder alakú elemekből áll. A hibrid hálók mind strukturált, mind strukturálatlan régiókból állnak. Ezt a típusú hálót gyakran használják, ha a geometria egyes részeinek összetettsége miatt csak strukturálatlan háló létrehozása valósítható meg, de egyébként strukturált rács alkalmazható a tartomány többi részére.

Az adott típusú hálón belül kiemelt jelentőséggel bír a véges térfogatelem minősége, ami jelentősen befolyásolhatja a megoldás pontosságát és a konvergencia viselkedését is. A cellák minőségére több mérőszám is rendelkezésre áll. Az egyik például a karcsúság, ami a leghosszabb és legrövidebb élek aránya egy cellán belül. A háló jó minőségű ebben a tekintetben, ha a legtöbb elem esetén egyhez közeli értéket kapunk. 3D-s elemtípusokat és karcsúságuk összehasonlítását a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra
Háromdimenziós elemek és karcsúságuk [24]

A munkánk során használt háló nem strukturált és háromdimenziós, amely a 8. ábrán látható. A hálókészítés során lehetőségünk volt arra, hogy az elemek szélességét szabályozzuk. A szárnytól távol, az áramlásban kialakult kismértékű változások miatt nagyobb méretű elemeket használtunk, ellenben a szárny felületéhez közeledve kisebb méretűeket, a geometria hatásának minél pontosabb figyelembevétele miatt.

A hálózás során a szárny közelében 450 mm-es élhosszúságú hálót alkalmaztunk, és ahogy minél messzebb haladunk a vizsgált elemtől, úgy arányosan növeltük a hálóméretet 600 mm-es élhosszig. A szárny körül kulcsfontosságú a sűrű határrétegháló kialakítása, hogy minél pontosabban leírhatóvá váljon a profil körüli áramlás. A faltól mért első cella vastagságát úgy kell meghatározni, hogy az y^+ dimenzió nélküli fali távolság $30 < y^+ < 300$ tartományba essen a logaritmikus faltörvény alkalmazása miatt. A dimenzió nélküli faltávolság a következő [19]:

$$y^+ = \frac{u_\tau y}{\upsilon}, \tag{6}$$

amelyben a fal-közeli csúsztatósebességet az alábbi formula segítségével határoztuk meg:

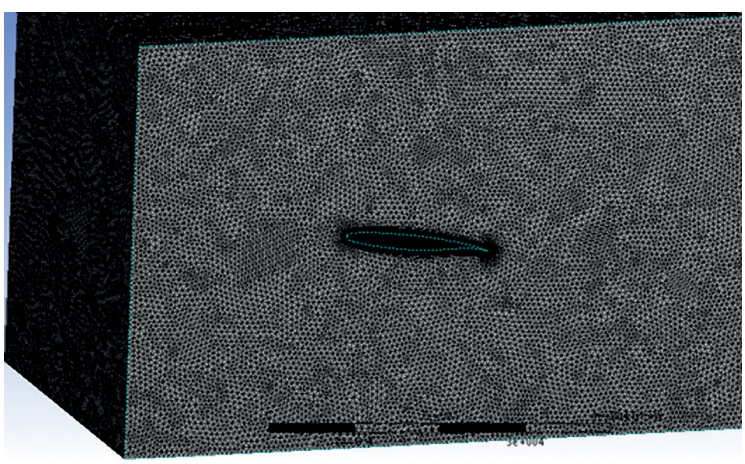
$$u_\tau = v_e\sqrt{\frac{\overline{C_f}}{2}} \tag{7}$$

Az áramlási térben a közeg Reynolds-száma [19]:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{0{,}261*260*10{,}3}{1{,}4283*10^{-5}} = 187\ \mathrm{E}10^6 \tag{8}$$

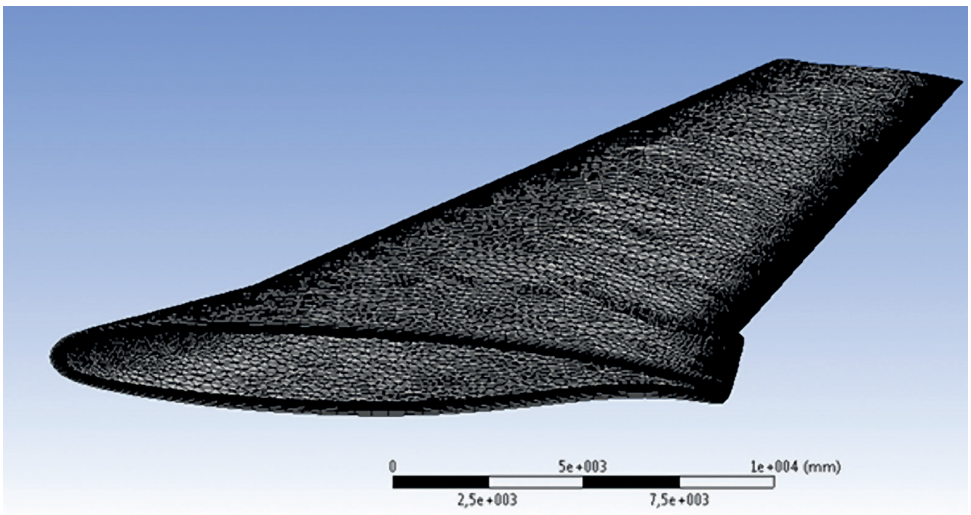
Ha az előzőkben használt képletek segítségével (6-8) $y^+ = 180$ esetén meghatároztuk az első réteg cellavastagságát [19]:

$$y = \frac{y^+ \nu}{u_\tau} = 1{,}18\ \mathrm{mm} \sim 1{,}2\ \mathrm{mm} \tag{9}$$



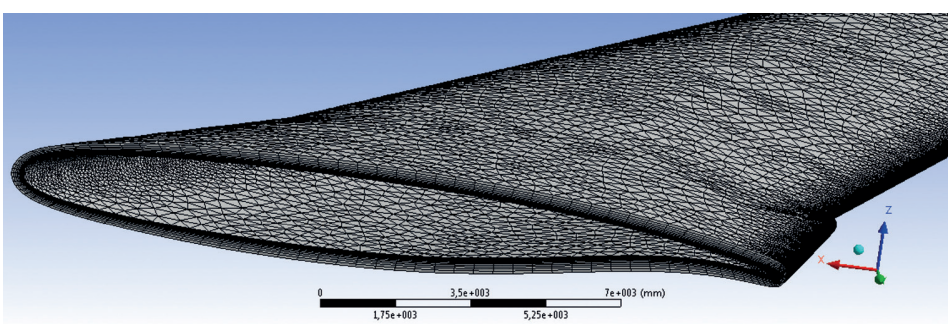
8. ábra
Numerikus háló az áramlási térben [saját szerkesztés]

A határréteget a szimuláció során 25 részre bontottuk fel, a faltól mért első réteg vastagságát 1,2 mm-re a növekedési rátáját pedig 2-re állítottuk be. A határrétegháló a szárny körül, illetve a szárny teljes felületén a 9., illetve a 10. ábrán látható.



9. ábra
Határrétegháló a szárny körül [saját szerkesztés]

A szimuláció során az általunk használt szárny határréteg-hálószáma 119 685 darab. A háló- és modellérzékenységi vizsgálatokban alkalmazott elemszámok ettől eltérők lehetnek. Az érzékenységi vizsgálat során az elemszám változása a hálósűrítés során a határrétegben kevesebb, mint 5% volt.



10. ábra
Határrétegháló a teljes szárny környezetében [saját szerkesztés]

Megoldó beállításai

Az adott peremfeltételek alapjául az utazómagasságon és az utazósebességen értelmezett mennyiségek szolgáltak. Ezen körülményekhez tartozó adatok a következők [21]:

$V_{CRUISING} = 260$ m/s

$H_{CRUISING} = 13\ 107$ m

$T_{STATIKUS} = 216{,}65$ K

$P_{STATIKUS} = 16\ 240$ Pa

$P_{RELATÍV} = 0$ Pa

$c_{D0(CRUISING)} = 0{,}01537$

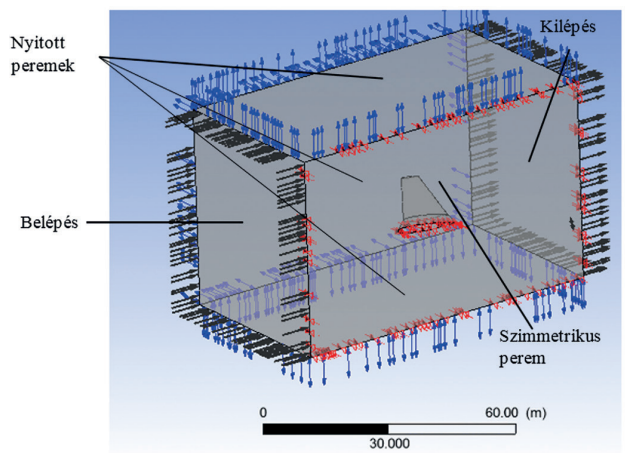
$\rho_{STATIKUS} = 0{,}261$ kg/m^3

$S = 366{,}27$ m^2

ν (T= 216,65K) = 8,7514 E10^{-6}

ě (T = 216,65K) = 1,4283 E10^{-5}

Az áramlási térben definiáltunk egy belépési, egy kilépési felületet, egy szimmetrikus felületet (amelyen keresztül nincs áramlás), illetve a szabad áramlások miatt úgynevezett nyitott felületeket (lásd 11. ábra).



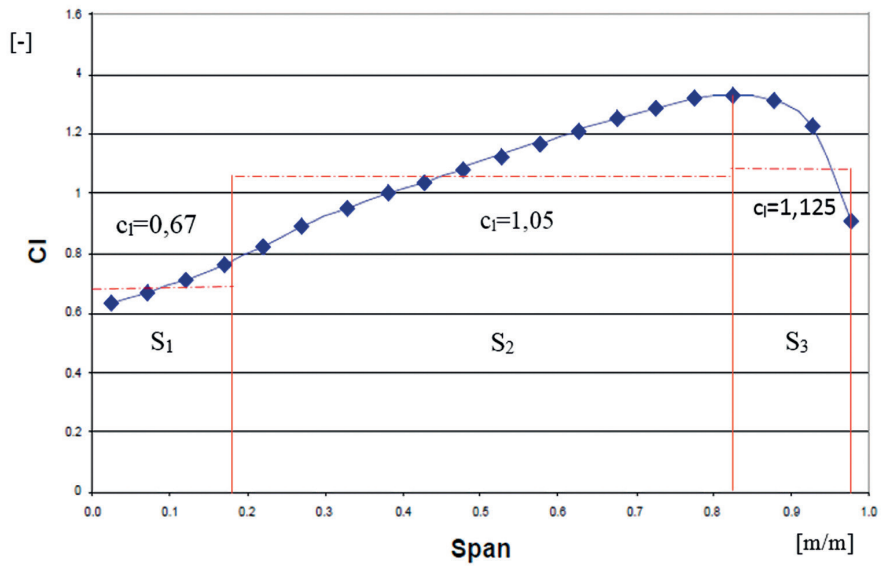
11. ábra
Peremfeltételek [saját szerkesztés]

A szimuláció során SST-turbulenciamodellt alkalmaztunk. Az áramlási tér munkaközege 1 fázisú ideális gáz, levegő. A hőmérsékleteket és a nyomásértékeket az adott utazómagasságon érvényes feltételeknek megfelelően definiáltuk. A szimuláció során 100 iteráción keresztül

számolja a szoftver a Reynolds-átlagolt Navier-Stokes differenciálegyenletek diszkretizált alakjának segítségével a keresett áramlástani paramétereket.

Hálófüggetlenségi vizsgálat és validáció

Az áramlástani szimulációk során, a jelenségek komplexitása miatt, különösen fontos a validáció. A validációt el kell végezni külön a felhajtóerőre, amelyhez segítséget nyújt a c_l eloszlásfüggvénye a szárny mentén a 12. ábra szerint, illetve az ellenálláserőre, amelyhez a c_D-α függvényt alkalmaztuk (lásd 13. ábra). A felhajtóerő validációja során a szárnyat felbontottuk 3 szegmensre. Elsőként a törzshöz közelebbi szegmens c_l eloszlását integráltuk a felület mentén (NASA SC (2)-0610 profil). A szárnyvéget további 2 felületrészre bontottuk fel az eloszlásfüggvénynek megfelelően.



12. ábra
c_l eloszlás-függvény [21]

A kapott c_l eloszlásokat integráltuk NASA SC (2)-0606-os és a NASA SC(2)-0610 típusú profilok felett. Az integrál-részösszegeket összegeztük a teljes szárnyfelületre (lásd 12. ábra).

Felhajtóerő a rendelkezésre álló adatok alapján [21]:

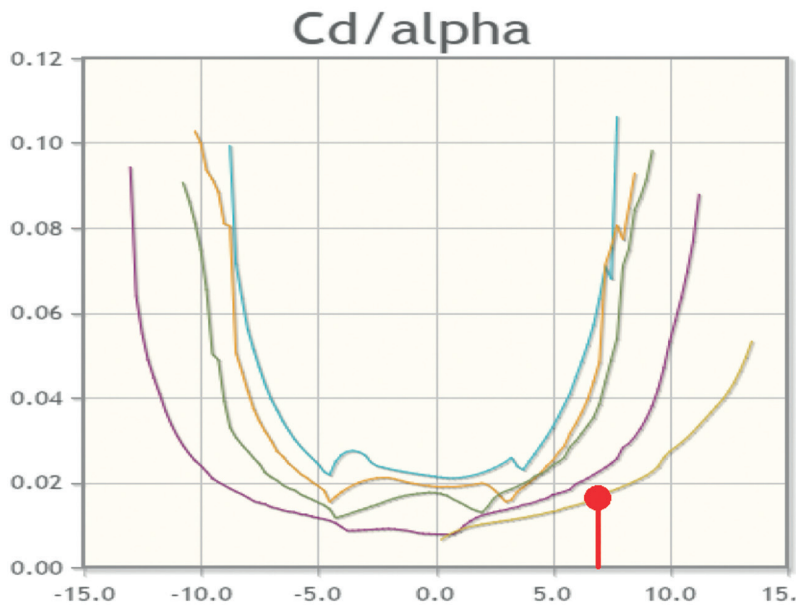
$$L = \frac{\rho}{2} V^2 S_i C_{L(i)} = \frac{0{,}261}{2}\ 260^2\ (101{,}9\ \ 0{,}67 + 231{,}4\ \ 1{,}05 + 32{,}8\ \ \ 1{,}125) = 3{,}077\ \mathrm{E}\ 10^6\ \mathrm{N} \qquad (10)$$

Az ellenálláserő validációjához az Airbus A380-as repülőgéptípus szárnyprofiljának c_D-α görbéjét használtuk. A vizsgált állásszöghöz (8°) megkerestük a megfelelő értéket [22] (lásd 14. ábra).

Ezt követően az ellenálláserő értéke a rendelkezésre álló adatok alapján a következő:

$$D = \frac{\rho}{2} V^2 S C_{D(i)} = \frac{0{,}261}{2} \; 260^2 \; 366{,}27 \; 0{,}0175 = -56545 \text{ N} \tag{11}$$

A (10) és (11) egyenletek segítségével kiszámított erőket hasonlítottuk össze a CFD-számítás eredményeivel. Emellett hálóérzékenységi vizsgálatokat is végeztünk; melyik az a szükséges elemszám, amelynek alkalmazásával már nem változnak jelentősen a keresett paraméterek. Abban az esetben, ha a szimuláció során a határrétegháló sűrűségét csökkentettük, de globálisan növeltük az elemszámot úgy, hogy a távolabbi elemek méretét csökkentettük, akkor az érték elkezdett távolodni a konvergenciahatártól. Ezért a szárnytól távol igyekeztünk állandó értéken tartani a hálóméretet, és csak a modell körül besűríteni azt. A számítás eredményeit a következő alfejezetben ismertetjük.



13. ábra
C_d-α eloszlás Airbus A380-as szárnytípusra [22]

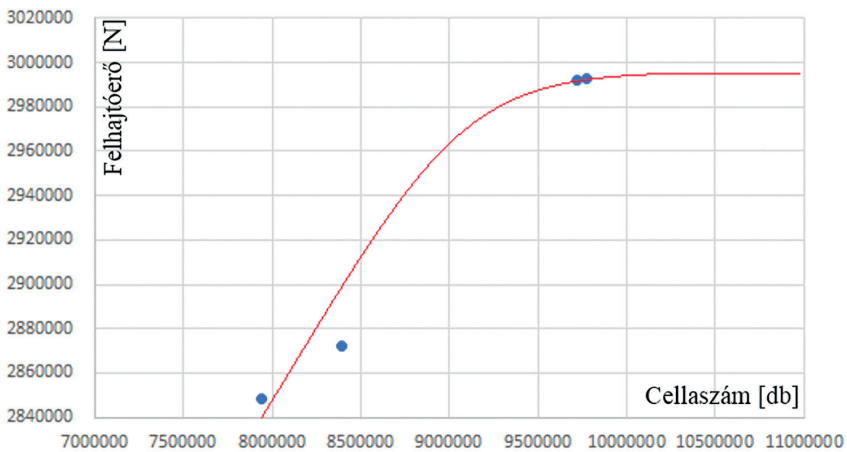
Eredmények

A szimuláció lefuttatása előtt beállítottuk a vizsgált áramlás peremfeltételeit, amelyeket az 1. táblázatban összegeztünk. A táblázat a peremfeltételeket, illetve a paraméterek értékeit tartalmazza.

1. táblázat
Peremfeltételek [21]

Peremfeltételek	**Paraméter-értékek**
Belépés ("in")	$V_{BELÉPŐ}$ = 260 m/s (merőleges a belépő felületre), $T_{STATIKUS}$ = 216,65 K
Kilépés ("out")	$p_{ABSZOLÚT}$ = 16 240 Pa
Nyitott felület	$p_{RELATÍV}$ = 0 Pa; $T_{OPENING(STATIKUS)}$ = 216,65 K
Szimmetrikus	Nincs keresztüláramlás

A számítások eredményeként különböző hálózási paraméterek (azaz különböző él-hosszúság és így különböző darabszám) esetén lekérdeztük a szárnyon ébredő felhajtóerő és az ellenálláserő nagyságát. Ezt mutatja a 14. és a 15. ábra. Az adatok számszerű formában a 2. táblázatban találhatók.



14. ábra
Konvergenciagörbe felhajtóerőre az elemszám függvényében [szimulációk eredménye]

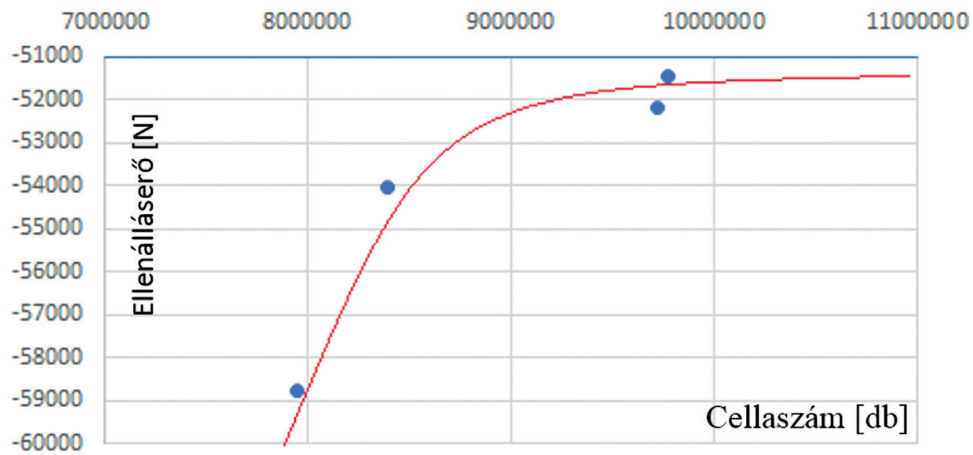
2. táblázat
Felhajtóerő és az ellenállás [szimulációk eredménye]

Elemszámok [db]	**Felhajtóerő [N]**	**Ellenálláserő [N]**
7 944 291	2 848 300	–58 748
8 395 352	2 852 120	–54 062
9 724 631	2 992 110	–52 183
9 775 458	2 993 160	–51 476

Az első szimuláció során egy egyszerű hálózással közelítettük az áramlási teret. Minden futtatás előtt a hálózás méretén finomításokat hajtottunk végre. A szimuláció során kapott értékek a határrétegháló, illetve a szárny körüli háló sűrítésével egy adott felhajtóerő és ellenállás-erő-értékhez konvergáltak:

$$L_{Szimulált} = 2\,993\,160 \text{ N} \tag{12}$$

$$D_{Szimulált} = -51\,476 \text{ N} \tag{13}$$



15. ábra
Konvergenciagörbe ellenálláserőre az elemszámok függvényében [szimulációk eredménye]

A szimuláció során kapott eredményeket összehasonlítottuk a rendelkezésre álló adatokból számolt értékekkel és meghatároztuk a hibaeltérést százalékosan:

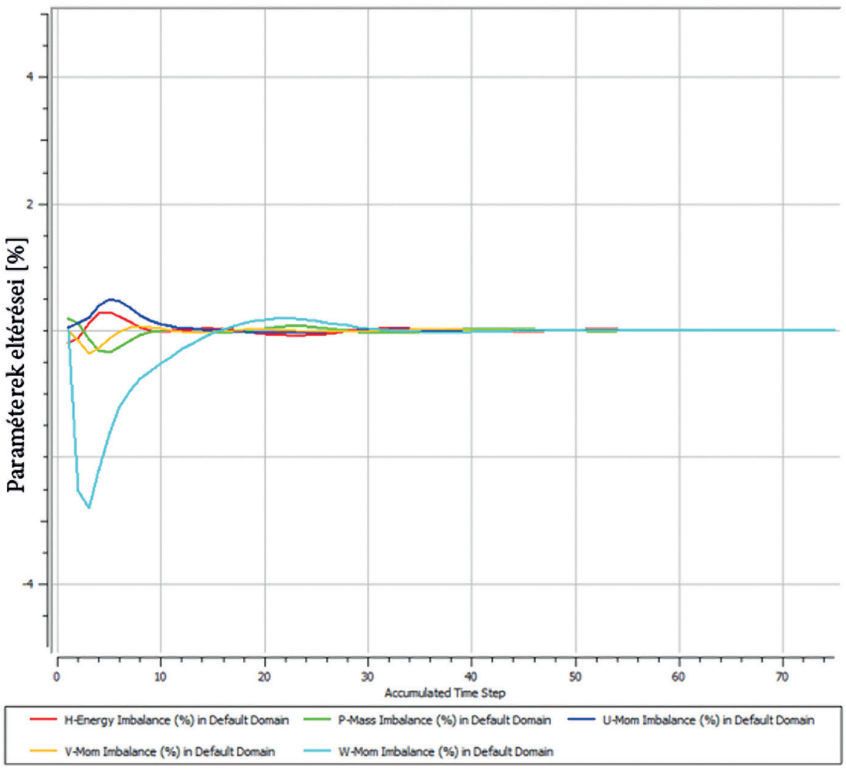
$$L_{\%} = \left(1 - \frac{L_{Szimulált}}{L}\right) * 100 = \left(1 - \frac{2993160}{3077000}\right) * 100 = 2{,}72\% \tag{14}$$

$$D_{\%} = \left(1 - \frac{D_{Szimulált}}{D}\right) * 100 = \left(1 - \frac{-51476}{-56545}\right) * 100 = 8{,}96\% \tag{15}$$

A felhajtóerő értéke esetén kevesebb, mint 3%, az ellenállás esetén pedig kevesebb, mint 9% az eltérés a rendelkezésre álló adatokhoz képest. Ennek alapján a szimuláció során kapott eredményeket elfogadhatónak tekintettük. Az eltérés legvalószínűbb oka a rendelkezésre álló adatokban lévő bizonytalanság, valamint a diagramok leolvasása során fellépő pontatlanság. A munkánk során kapott felhajtóerő és ellenálláserő segítségével ki tudtuk számolni a szárny L/D viszonyának abszolútértékét:

$$|(L/D)| = |2\,993\,160\ \text{N}/(-51\,476)\ \text{N}| = 58{,}15 \tag{16}$$

A szárny egy fontos mérőszáma az |(L/D)| viszony, amely megmutatja egy adott konstrukció felhajtóerő–ellenálláserő arányát, azaz azt, hogy a felhajtóerő hányszorosa az ellenálláserőnek.



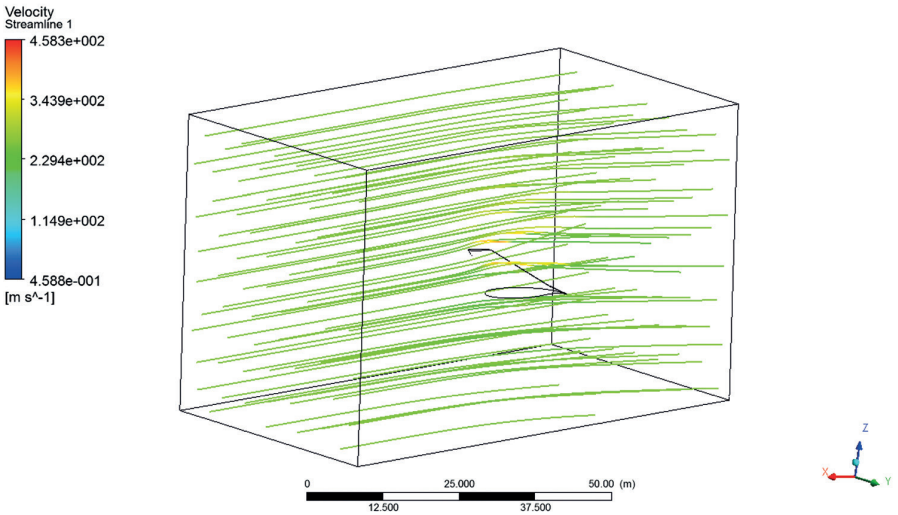
16. ábra
Kiegyenlítetlenségek ingadozása a szimuláció során az iterációk függvényében [saját szimulációk eredménye]

A szimuláció többszöri lefuttatását követően levontuk a következtetést, hogy 10 783 228 darab elemszámot követően a szimuláció cellafüggetlen lesz, azaz a vizsgált értékek konvergálni fognak egy adott értékhez.

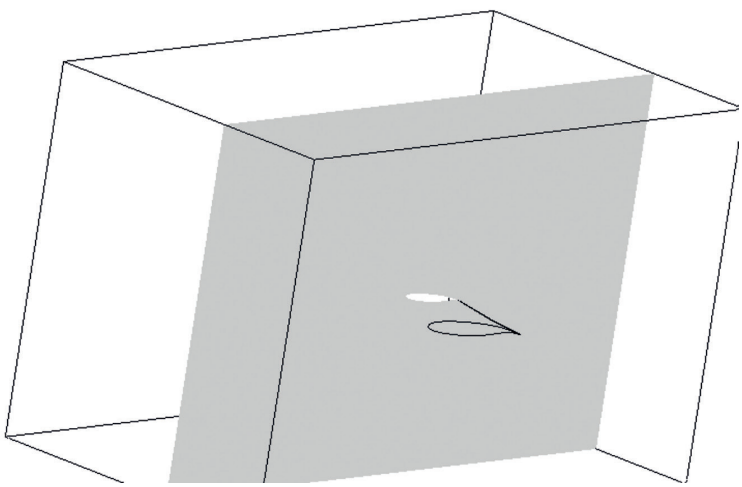
A szimuláció futtatása során nemcsak az adott paraméterek változását figyeltük meg, hanem konvergens szimulációra érvényes feltételek kielégítését is, vagyis a kiegyenlítetlenségek lefutását. A szimulációt 100 iteráció lefutására állítottuk be, amely során a szoftver kiértékeli a kiegyenlítetlenségeket (lásd 16. ábra). Az eredményekből látszik, hogy kezdetben a 2–3%-os ingadozást követően az értékek a 20. iterációt követően elérték az 1%-os elvárt határt.

A 17. ábra mutatja az áramlási térben kialakuló áramvonalakat. Az áramvonalak balról jobbra haladnak (a belépéstől a kilépés felé). Az áramvonalakból látszik, hogy a szárny eltéríti az áramlást, felhajtóerőt hoz létre.

A nyomáseloszlást és a hőmérséklet-eloszlást egy kiragadott keresztmetszetben, a szárny középsíkjában vizsgáltuk, a törzstől 25 m távolságra, amely a 18. ábrán látható. A szimuláció eredményei alapján megfigyelhető, hogy a szárny alatt a nyomás nagyobb, mint a szárny feletti zónában (lásd 19. ábra). Emiatt keletkezik a szárnyon a felhajtóerő.

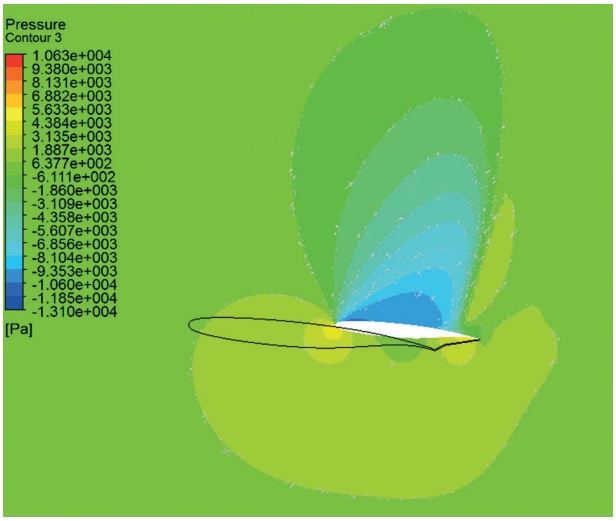


17. ábra
Áramlási térben kialakuló áramvonalak [saját szerkesztés]

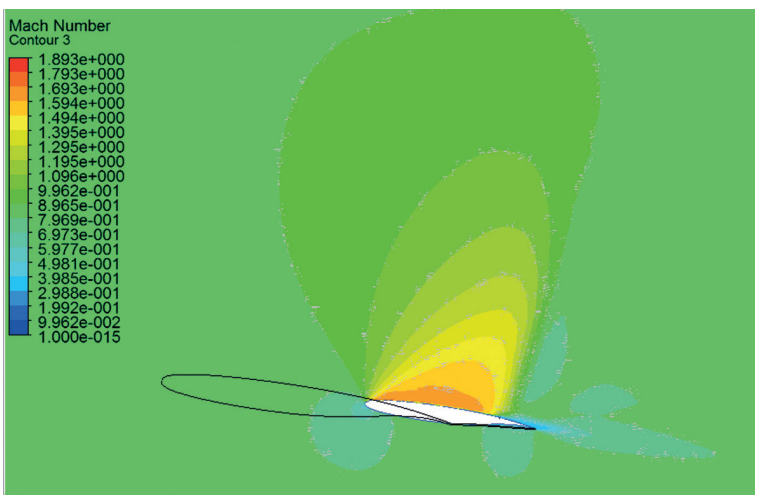


18. ábra
A szárny középsíkjának metszete [saját szerkesztés]

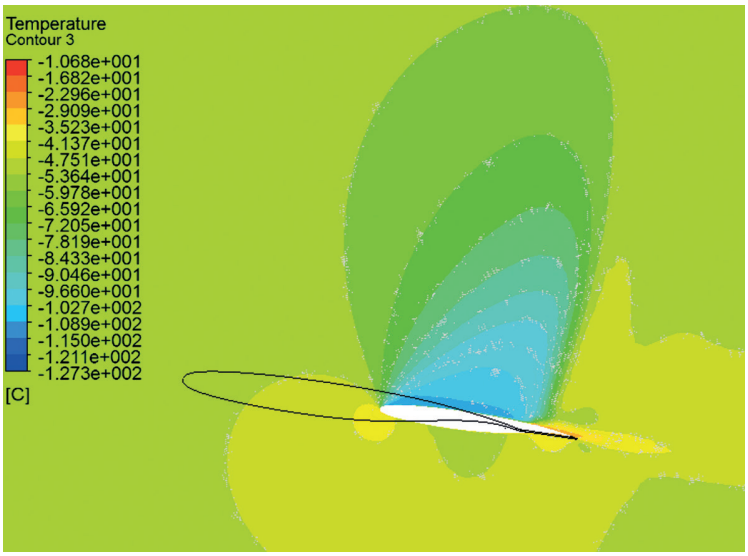
Mivel a nyomás arányos a hőmérséklettel, ezért a hőmérséklet-eloszlás is hasonló képet mutat, amely a 21. ábrán látható. A szimuláció során az áramlásból adódó Mach-szám eloszlás a vizsgált keresztmetszetben a 20. ábrán látható.



19. ábra
Nyomáseloszlás a szárny középsíkjában [saját szerkesztés]



20. ábra
Mach-szám eloszlás a szárny középsíkjában [saját szerkesztés]



21. ábra
Hőmérséklet-eloszlás a középsíkban [saját szerkesztés]

Összefoglalás és értékelés

Munkánk során olyan eszközök kutatása felé indultunk el, amelyeknek legfőbb feladata az ellenálláserő csökkentése, illetve a felhajtóerő növelése repülőgépek esetén. Előzetes vizsgálatok alapján a szárnyvéglapok tűnnek a legígéretesebb megoldásnak ezen a területen, ezért ezekkel kezdtünk el behatóbban foglalkozni. A vizsgálatokat numerikus áramlástani szimulációkkal tervezzük elvégezni. Ezek az eszközök azonban csak akkor használhatók a kutatás-fejlesztésben, ha megfelelően pontos eredményeket szolgáltatnak. Ezért, a kutatás jelenlegi fázisában egy Airbus A380-as repülőgépszárny numerikus áramlástani szimulációját készítettük el az ANSYS CFX környezetben, validáció céljából. A szimuláció során az áramlási tér létrehozása érdekében elkészítettük a repülőgépszárny CAD-modelljét, majd az áramlási teret behálóztuk olyan méretű elemekkel, hogy a további hálósűrítés ne legyen hatással a számítás eredményeire. Ezt követően beállítottuk a használandó modelleket, anyagtulajdonságokat, referenciaértékeket, peremfeltételeket és a megoldó tulajdonságait. A szimuláció során kapott eredményeket (felhajtóerőt és ellenálláserőt) összehasonlítottuk a rendelkezésre álló adatokkal. Az eltérés mind a felhajtóerőre, mind az ellenálláserőre 10% alatti lett. A szimuláció során kapott értékeket felhasználva meghatároztuk a szárny (L/D) viszonyát, amely a későbbi szárnyvéglapos konstrukciójú szárnyak esetén kiindulási alapértékként fog szolgálni. A kapott eredményeket elfogadottnak tekintettük, az eltérések a forrásadatok bizonytalanságából, illetve az adatok leolvasási pontatlanságból adódhatnak. E munka folytatásaként célunk, hogy megtaláljuk az optimális szárnyvéglap-kialakítást az Airbus A380-as repülőgépszárny esetén az (L/D) viszony tekintetében.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott számítás kidolgozását az EFOP-3.6.1-16-2016-00014 számú és a „Diszruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe" című nemzeti kutatási projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

[1] International Air Transport Association, "2036 Forecast Reveals Air Passengers Will Nearly Double to 7,8 billion," *International Air Transport Association,* 24 October, 2017. [Online]. Elérhető: www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-10-24-01.aspx; "Number of scheduled passengers boarded by the global airline industry from 2004 to 2018," statista.com, [Online]. Elérhető: www.statista.com/statistics/564717/airline-industry-passenger-traffic-globally/ (Letöltve: 2018. 09. 26.)

[2] B. S. de Mattos, A. P. Macedo, and D. H. da Silva Filho, "Considerations about Winglet Design," In Proc. 21st AIAA Applied Aerodynamics Conference, AIAA 2003-3502, 2003. DOI: https: //doi.org/10.2514/6.2003-3502

[3] B. Varga, „A „wingletek" aerodinamikája és térhódításuk a repülés különböző területein," *Repüléstudományi Közlemények,* 16. évf. Különszám – Repüléstudományi konferencia 2004. április 23. [Online]. Elérhető: http: //epa.oszk.hu/02600/02694/00038/pdf/EPA02694_rtk_2004_02_varga_bela.pdf (Letöltve: 2019. 03. 30.)

[4] "3D Prandtl lifting line theory," aerodynamics4students.com, [Online]. Elérhető: www.aerodynamics4students.com/subsonic-aerofoil-and-wing-theory/3d-prandtl-lifting-line-theory.php (Letöltve: 2018. 09. 26.)

[5] R. T. Whitcomb, "A design approach and selected wind tunnel results at high subsonic speeds for wing-tip mounted winglets," NASA Technical note D-8260, 1976, p. 30.

[6] S. A. Kravchenko, "The Application of the Wingtip Lifting Surfaces for Practical Aerodynamics," In Proc. ICAS-96-4.6.4., 1996, pp. 1338–1349.

[7] I. Kroo, "Drag Due to Lift: Concepts for Prediction and Reduction," *Annual Review of Fluid Mechanics,* vol. 33, January, pp. 587–617, 2001. DOI: https: //doi.org/10.1146/annurev.fluid.33.1.587

[8] J. J. Spillman, "Wing tip sails; progress to date and future developments," *The Aeronautical Journal,* vol. 91, no. 910, 445–453, 1987. DOI: https: //doi.org/10.1017/S0001924000050624

[9] N. J. Pfeiffer, "Numerical Winglet Optimization," presented at 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Aerospace Sciences Meetings, 3147/2018.

[10] H. S. M. Helal, E. E. Khalil, O. E. Abdellatif, and G. M. ElHarriri, "Effect of Raked Winglet on Aircraft Performance," presented at 55th AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA SciTech Forum, AIAA-2017-1841, 3161/2018. DOI: https: //doi.org/10.2514/6.2017-1841

[11] N. Alekhya, N. P. Kishore, S. Ravi, "Performance of Winglet at Different Angle of Attack," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),* vol. 3, no. 9, 2016.

[12] J. F. III Marchman, H. F. Faery Jr., and D. Manor, "78-1478 Whitcomb Winglet Applications to General Aviation Aircraft," presented at AIAA Aircraft Systems and Technology Conference, Los Angeles, California, August 21–23, 1978. DOI: https: //doi.org/10.2514/6.1978-1478

[13] V. K. Bada, K. Monika, A. Md. Hussain, and P. Chikoti, "CFD Analysis and Comparison of Spiroid and Dual Feather Winglets," *International Journal of Engineering Research,* vol. 5, no. 8, pp. 657–661, 2016.
[14] Airbus, "Winglets: tip-top solution for more efficient aircraft," *Airbus,* [Online]. Elérhető: www.airbus.com/newsroom/news/en/2017/02/winglets-a-tip-top-solution-for-more-efficient-aircraft.html (Letöltve: 2018. 07. 29.)
[15] Boeing, "737 MAX at winglet," *Boeing,* [Online]. Elérhető: www.boeing.com/commercial/737max/737-max-winglets/ (Letöltve: 2018. 08. 29.)
[16] H. K. Versteeg, M. Weeratunge, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: the Finite Volume Method,* Edinburgh Gate: Pearson Education, 2007.
[17] J. H. Ferziger, M. Perić, *Computational Methods for Fluid Dynamics,* Berlin: Springer, 2002. DOI: https: //doi.org/10.1007/978-3-642-56026-2
[18] Á. Veress, J. Rohács, Application of Finite Volume Method in Fluid Dynamics and Inverse Design Based Optimization, INTECH Open Access Publisher, 2012. DOI: www.doi.org/10.5772/38786
[19] Á. Veress, Hő és áramlástani számítások, [Online]. Elérhető: www.vrht.bme.hu/vasut/targyak/Tant-akt.php?Kepzes=BSc.-MSc.-Nev-Suk&Kod=BMEKOVRM606&Dir=../../letoltes/Tanszeki_letoltheto_anyagok/Oktatok_anyagai/Dr.Veress_Arpad_anyagai/Oktatott_targyak/Ho-_es_aramlastani_szamitasok&File=CFD-VA_v5-English.pdf (Letöltve: 2018. 10. 15.)
[20] R. Roedts, R. Somero, and C. Waskiewicz, "Airbus A380 Analysis," [Online]. Elérhető: www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason_f/A380Roedts.pdf (Letöltve: 2018. 10. 15.)
[21] J. Ramba, K. Dean, and T. McCall, "Airbus A380 Analysis," [Online]. Elérhető: www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason_f/A380Dean.pdf (Letöltve: 2018. 10. 15.)
[22] R. L. Saiz, "Final Approach and Landing Trajectory Generation for Civil Airplane in Total Loss of Thrust," Laurea Magistrale Degree in Aerospace Engineering, Università di Pisa, Pisa, 2016. [Online]. Elérhető: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78342/LOZANO%20-%20APROXIMACI%C3%93N%20FINAL%20Y%20TRAYECTORIA%20DE%20ATERRIZAJE%20PARA%20UN%20AVI%C3%93N%20CIVIL%20EN%20P%C3%89RDIDA%20TOTAL%20DE%20E....pdf?sequence=1 (Letöltve: 2019. 06. 22.)
[23] B. Zhang, M. Nudelman, "Here's the simple reason why planes have winglets," *Business Insider Australia,* 2017. [Online]. Elérhető: www.businessinsider.com.au/boeing-airplanes-winglets-explain-nasa-2017-7 (Letöltve: 2018. 10. 15.)
[24] "Skewness," [Online]. Elérhető: www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb_msh/msh_skewness.html (Letöltve: 2018. 10. 15.)

NUMERICAL SIMULATION OF AIRBUS A380 AIRCRAFT WING AND VALIDATION OF RESULTS FOR LATER ANALYSIS OF WINGLET CONFIGURATIONS

The International Air Transport Association expects 7.8 billion passengers to travel in 2036, a near doubling of the 4 billion air travellers in 2017 [1]. This also requires further improvements on aircraft to increase performance, efficiency and decrease in emission. One of the most

promising aerodynamic tools for induced drag, (which can be 30–40% of the overall drag of an aircraft) and so the fuel consumption reduction, is the winglet [2]. The goal of the present work is to complete CFD analysis with validation by available data about A380 aircraft wing without winglet. The effect of different winglet configurations can then be analysed, and conclusions can be drawn about the improved design in the next steps of the present work as the simulation results are independent from the simulation settings, they are physically correct and accurate.

Keywords: *A380 aircraft, wing, CFD, validation, winglet*

Gábor Armand Dávid (MSc)
hallgató
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Jármű és Közlekedésmérnöki Kar
Légijárművek Szakirány
Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék
armandgabor@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-3015-3564

Armand Dávid Gábor, MSc
student
Budapest University of Technology and Economics
Faculty of Vehicles and Transportation
Aeronautics Specialization
Department of Aeronautics Naval Architecture and Railway Vehicles
armandgabor@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-3015-3564

Dr. Veress Árpád, PhD
egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vasúti Járművek Repülőgépek és Hajók Tanszék
averess@vrht.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1983-2494

Árpád Veress, PhD
Associate Professor
Budapest University of Technology and Economics
Department of Aeronautics Naval Architecture and Railway Vehicles
averess@vrht.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1983-2494

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/273/163

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 57–66. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.4

Ady László, Tokody Dániel

Komplex rendszerek kommunikációjának hatásai és tervezési irányelvei

A komplex rendszerek térnyerése jelentős méreteket öltött. A számosság növekedése és a felhasználási körülményekből következően a hibák, balesetek kockázata növekszik. Ez a kockázat a komplex rendszerek tervezése által csökkenthető. A komplex rendszerek elosztott együttműködő alrendszerek kommunikációjának együtteséből épülnek fel. A tervezés két fő részre bontható, a részegységek viselkedése és a részegységek együttműködése. A részegységek kommunikációját és együttműködését a protokoll írja le. A komplex rendszerek lehetnek nyitottak és zártak, de protokoll tekintetében mindig nyitottként kell kezelni, tehát nem lehet megbízni a részegységekben az elvárt viselkedés betartásában. A protokoll feladata a részegységek hibájának és a protokoll belső hibájának eszkalációját gátolni. A jelenlegi komplex rendszerek tervezési módszereit tekintjük át és foglaljuk össze. Ezek eredményes módszereit integráljuk egy komplex rendszer tervezési iránymutató-ajánlásban.

Kulcsszavak: *komplex rendszerek, elosztott rendszerek, protokoll, hibabiztos (fail-safe), üzemkritikus (mission critical)*

Bevezetés

A komplex és elosztott rendszerek bonyolultságának és elterjedésének növekedésével a potenciális hibák kockázata is növekszik. A rendszerek egyre gyakrabban nyitottak. Ez alatt azt értjük, hogy a rendszer gyártójától független termék csatlakozhat a rendszerhez és részt vehet a rendszer működésében, teljes értékű elemként. Az EN 50129 rendelkezik a hálózatok besorolásáról, az 1. táblázatban található felosztás szerint. Ami a csatlakoztatható eszközök típusa, eszközök száma, a hálózat beállítása, illetéktelen behatolás kockázata alapján történik.

A kommunikációs hálózat osztályozása:

- I. osztályú (zárt);
- II. osztályú (nyílt);
- III. osztályú (nyílt).

1. táblázat
EN 50129 szabvány szerinti hálózati besorolás [11]

Tulajdonság	I. osztályú (zárt) Belső hálózat	II. osztályú (nyílt) Zárt hálózat	III. osztályú (nyílt) Nyílt hálózat
Csatlakoztatható eszközök	Csak a gyártó által engedélyezett	Idegen (ellenőrizetlen) eszközök	Idegen (ellenőrizetlen) eszközök
Eszközök száma	A gyártó rögzíti	Nem ismert, változhat	Nem ismert, változhat
A hálózat beállítása	A gyártó által előírt	Dinamikusan változhat	Dinamikusan változhat
Illetéktelen behatolás	Elhanyagolható	Elhanyagolható	Nem elhanyagolható

Így nem lehet építeni csupán a hálózatra kötött eszközök viselkedésére. A védelmi (funkcionális) és hibakezelő eljárásokat a hálózati protokollba kell integrálni. Ezek specifikációja és működése bonyolult. A fejlesztésekben jelentős figyelmet kell fordítani a protokollok komplexitásának kezelésére.

Komplex rendszer

Komplex rendszer általános definíciója: A fizikai és matematikai modellezés egy ága, amely azt vizsgálja, hogy a részek kapcsolata hogyan vezet kollektív viselkedéshez, és a rendszer hogyan alakít ki kölcsönhatásokat a környezetével [10] (1. ábra).



1. ábra
Komplex rendszerek [1]

Komplex rendszer definíciója kommunikáció szempontjából: A komplex rendszert alkotó részek kapcsolata elosztottan és önszerveződőn alakítja ki a kollektív viselkedést a környezet változásaihoz alkalmazkodva.

Elosztott rendszer

Elosztott rendszer definíciója az informatikában Andrew S. Tanenbaum és Maarten Van Steen szerint: Az elosztott rendszer olyan független számítógépek gyűjteménye ami a felhasználók számára egységes koherens rendszerként látszik [2].

Az elosztott rendszerek csoportosítása hardverarchitektúra (CPU-kommunikáció) szerint:

- szorosan csatolt rendszerek (memóriacímzési terület közös minden CPU-nak);
- lazán csatolt rendszerek (minden CPU-nak saját memóriája van, közvetlen buszon kommunikálnak);
- multiprocesszoros rendszerek (CPU-knak saját memóriája van, de van közös memóriaterületük is, több CPU alkot egy egységet);
- elosztott rendszerek (a CPU-knak nincs közös memóriája, közvetett buszon kommunikálnak).

A modern komplex rendszereket elosztott architektúrával valósítják meg.

Az elosztott rendszerek csoportosítása szoftverarchitektúra szerint:

- hálózati operációs rendszer;
- multiprocesszoros operációs rendszer;
- elosztott operációs rendszer;
- együttműködő autonóm rendszer.

A modern komplex rendszereket együttműködő autonóm rendszer architektúrával valósítják meg.

Az elosztott rendszerek lehetnek:

- homogének;
- inhomogének.

A modern komplex rendszereket inhomogén architektúrával valósítják meg.

A kommunikáció hatásai

A komplex elosztott rendszerek a monolitikus rendszerekhez képest legfőképpen az adatkezelésben térnek el. A monolitikus rendszerben egységes globális adat, érték és idő van.

A komplex, elosztott rendszerekben nincs globális egyidejűség és globális adat. Léteznek technológiák központi adattárolásra, ezáltal globális adat kialakítására, de ez csökkenti a rendszer teljesítményét, mert idő mire a rendszeren körbe ér az információ (lock/unlock).

Vagyis kiemelt hibaforrás a rendszer elemei közötti egyetértés (adott pillanatban mindegyik szereplő ugyanazt az állapotot látja, és az alapján hoz döntést).

Elosztott rendszereknél ismert absztrakt hibák:

- csoporttagság (group membership): rendszeresen aktualizált lista a működő és nem működő rendszerelemekről;
- tudathasadás: a rendszer több különálló, de működő részre szakad;
- amnézia: kiesés után a kiesett rendszerelemek nem látnak rá a közben történt változásokra;

- konfiguráció-eltérés: a rendszer elemei eltérő konfigurációval rendelkeznek;
- verziószám-eltérés: a rendszer elemei eltérő szoftververzióval rendelkeznek.

A kritikus komplex rendszerek működése során több eltérő viselkedési elvárás lehet:

- fail-safe (FS);
- mission-critical (MC);
- high-availability (HA).

Az FS olyan tervezési és viselkedési mód, amikor meghatározott hibák esetén a rendszer úgy reagál, hogy nem okoz kárt vagy a lehető legminimálisabban tartja a baleset kockázatát. Akár a rendszer leállásával.

Az MC olyan tervezési és viselkedési mód, amikor a rendszer leállása komoly kárt vagy balesetet eredményez, akkor a meghatározott hibákra olyan módon reagál, hogy a rendszer képes legyen a biztonságosnak tekinthető állapotig eljutni.

A HA olyan tervezési és viselkedési mód, amikor a rendszer leállása kárt okoz, a hiba esetén keletkező károk kisebbek mint a rendszer leállításának a kára, ezért a rendszer, akár hibásan is, részfunkcionalitással vagy hibás funkcionalitással üzemben van tartva.

A rendszerfelhasználás jellege és a kockázatelemzés vagy törvényi, illetve szabvány-előírások alapján lehet meghatározni, hogy mikor melyiket kell választani.

Generikus komplex elosztott rendszerek esetén felmerülhet olyan igény, amikor a felhasználás jellege határozza meg hogy melyik viselkedés az elvárás. Vagyis a rendszernek képesnek kell lennie konfiguráció útján a viselkedését meghatározni.

A három viselkedés eltérő kommunikációs stratégiát és architektúrát igényel. Felépíthető átjárás ezek között.

A HA-működés a legmegengedőbb, majd az FS és végül a legkomolyabb elvárás az MC. Ilyen rendszer tervezésekor az MC-re kell tervezni és a konfiguráció során az MC-viselkedés FS-re vagy HA-ra vonatkozó megkötéseit lehet kikapcsolni. Persze ez egy komoly kockázat, amit ki kell értékelni és megfelelő eljárást kell alkalmazni a kockázat minimálisra csökkentése érdekében

Protokoll

Protokoll definíció általánosan: A kommunikációban részt vevők által elfogadott és magukra nézve kötelezően betartott viselkedési forma.

Informatikában: Az informatikában a protokoll egy egyezmény vagy szabvány, amely leírja, hogy a hálózat résztvevői miképp tudnak egymással kommunikálni [7].

Általános értelemben a számítógépek közötti kommunikáció adatcserével történik – az adott rendszertől függően valamilyen módon kódolt információ. Ez a csere diszkrét lépésekből áll, amelyeket elemi kommunikációnak nevezünk, mindent ilyen üzenetben továbbítanak.

A rendszertől függően az üzenet lehet:

- egy elektronikus jel;
- nagyobb adatmennyiség.

Általánosságban az üzenet típusát használjuk az általános tartalom és a részletes kódolás meghatározására [3].

A modern elosztott rendszerekben egyre nagyobb jelentőség hárul a kommunikációra, a komplexitás és a rendszerek méretének növekedése miatt.

A „*Biztonságkritikus szoftverfejlesztés*" [12] cikkben publikált programhiba-kockázatokat az elosztott rendszerek esetén protokollhibákkal egészítjük ki.

A kommunikációs protokollal szembeni elvárások:

- kommunikációs hibadetektálás:
  - üzenetismétlődés;
  - üzenet-kimaradás;
  - üzenet beékelődés;
  - üzenet újraszámozás;
  - adatkorrupció;
  - üzenetkésés;
  - üzenet maszkolás;
  - résztvevők beállítás hiba;
  - FIFO-hiba.
- hibaeszkaláció megakadályozása;
- kommunikációs hatáskörök és jogosultságok kikényszerítése és ellenőrzése.

Komplexitás, bonyolultság

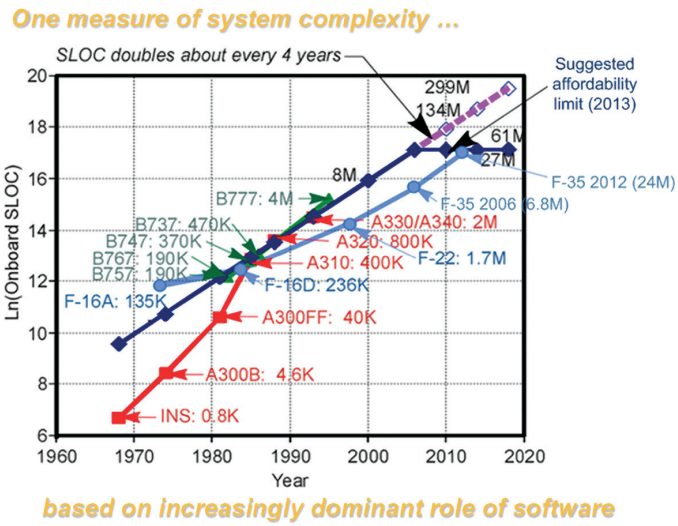
Elosztott rendszerek kommunikációja problémákat, lehetséges hibákat jelent. Ezeket a hibákat nehéz diagnosztizálni. A rendszerek funkcionalitása és mérete folyamatosan növekszik. Az avionika-rendszerek fejlődése követhető a 3. ábrán. A modern komplex rendszerekkel szemben jellemzően elvárt követelmény a folyamatos szoftverfrissítés és új funkcionalitások bevezetése. Ezek a funkciók lehetnek akár komoly funkcionális biztonságot érintők. Például a Tesla Autopilot 7.1 rendszerének Summon-funkciója, ami lehetővé teszi a vezető nélküli parkolást. A Tesla most bemutatott újdonsága nem egyedülálló, más autógyártó termékei esetében is elérhető ez a funkció. Ám olyan még soha nem történt, hogy egy, már eladott autót ruháznak fel ezzel a képességgel, az internetről letölthető frissítés segítségével [8].

A HURD-projekt egy elosztott operációsrendszer-kernel. A fejlesztése során kiemelt szempont volt a kommunikáció. A projekt fejlesztése lassan haladt és megelőzte a Linux kernel kiadása, így piacot vesztett. Richard Stallman – a GNU/HURD-projekt alapítója – nyilatkozata (Revolution OS 25m35s) [4]:

„*Nos, mi igazából nem sokkal azelőtt kezdtük a GNU Hurd-ot, mielőtt ő kezdte a Linuxot.*

És hát az történt, hogy bár mi egy nagyon fejlett tervezési módot választottunk, mármint a teljesítőképesség szempontjából, de kiderült, hogy nagyon nehéz így a hibajavítás. Eldöntöttük, hogy felosztjuk a magot – ami hagyományosan egy program volt –, sok kisebb programra, amik szinkronizálatlan üzeneteket küldenek egymásnak, hogy kommunikáljanak.

Az a baj, hogy ez a programozásmód melegágya a hibáknak, amelyeket gyakran nagyon nehéz megtalálni, mert minden összefügg mindennel […] *ez a program a másik üzenet előtt vagy után küldi el ezt az üzenetet* […] *szóval az eredmény az lett, hogy évekbe telt, hogy működjön a dolog.*"



3. ábra
Avionikaszoftverek méretének változása [9]

A Mars Climate Orbiter katasztrófájának az oka szintén az elosztott rendszer kommunikációjára vezethető vissza [5].

Ebből a rövid áttekintésből látható hogy a komplex, elosztott rendszerek komplexitáskezelése még a legkiemeltebb projektek esetén is nehézségeket okoz. Ezért az ajánlásunk a komplex elosztott rendszerek esetén:

- a protokolltervezés előtérbe helyezése;
- több védelmi (funkcionális) funkció integrálása a protokollba;
  - hibadetektáló;
  - hibajavító;
  - hibaelkerülő;
  - hibaeszkaláció-gátlás;
- protokoll formális specifikációja;
- protokoll formális verifikációja.

Formális módszerek

A modern komplex rendszerek masszívan elosztott, eseményvezérelt aszinkron üzeneteket küldenek. Így a modern komplex rendszerek tervezése és vizsgálata során elengedhetetlen a kommunikáció hibamentességének bizonyítása.

A kiemelten magas biztonságintegritási szintet igénylő rendszerek tervezése, implementálása és üzemeltetése szabványokban meghatározott. Repülés területén DO-178C (DO-333) szabvány, vasút területén EN 50128, automotív területen ISO 26262 szabvány előírja a szoftverek vizsgálatára a formális módszereket. Ezek a szabványok az IEC EN 61508 szabványra épülnek.

Formális módszerek:
- CSP (Communicating Sequential Processes);
- CCS (Calculus of Communicating Systems);
- HOL (Higher Order Logic);
- LOTUS (Language for Temporal Ordering Specification);
- OBJ;
- Temporal logic;
- VDM (Vienna Development Method);
- Z módszer;
- B módszer;
- Model Checking.

A CSP (Communicating Sequential Processes) az egyidejűleg működő szoftverrendszerek specifikálására szolgáló technika. A rendszert független folyamatok hálózataként, a folyamatok egymás utáni vagy párhuzamos összeállításával modellezzük. A folyamatok csatornákon keresztül kommunikálhatnak (szinkronizálhatnak vagy cserélhetnek), a kommunikáció csak akkor történik meg, amikor mindkét folyamat készen áll.

A CCS (Calculus of Communicating Systems) a CSP-hez hasonlóan egy matematikai számítási módszer, amely a rendszerek viselkedésére vonatkozik. A rendszert független folyamatok hálózataként modellezik, amelyek egymást követően vagy párhuzamosan működnek. A folyamatok portokon keresztül kommunikálhatnak (hasonlóan a CSP csatornáihoz), a kommunikáció csak akkor történik, ha mindkét folyamat készen áll. A nem-determinizmus modellezhető.

A HOL (Higher Order Logic) egy logikai jelölés és annak gépi támogatási rendszerét jelenti, amelyeket a Cambridge Egyetem Számítógépes Laboratóriumában dolgoztak ki. A logikai jelölés többnyire a Church's Simple Theory of Types származik, és a gépi támogatási rendszer az LCF (Logic of Computable Functions) rendszerén alapul.

A LOTUS (Language for Temporal Ordering Specification) a CCS elgondolásán alapul, kiegészítve a CSP és a CIRCAL (Circuit Calculus) kapcsolódó algebrájával. Kiküszöböli a CCS adatstruktúra-kezelésben és értékkifejezésben jelentkező gyengeségeit.

Az OBJ egy algebrai specifikációs nyelv. A követelményeket algebrai egyenletek segítségével határozzák meg. A rendszer viselkedését az adatokon végzett műveletek szempontjából vizsgálja. Az OBJ egy ADT-technika. Mint egyéb ADT-technikák, az OBJ is csak szekvenciális rendszerekhez, vagy egyidejű rendszerek szekvenciális szempontjaihoz alkalmazható.

A Temporal logic az elsőrendű logikát modális operátorokkal egészíti ki.

A VDM (Vienna Development Method) egy matematikai specifikációs technika, amely lehetővé teszi a megvalósítás megfelelőségének bizonyítását a specifikáció alapján. A működése halmazelméleti alapokra épül, amiben a halmaz elemei a rendszerállapotok. A VDM-et főleg specifikáció során alkalmazzák. De lehetőség van a forráskódig való alkalmazásra is. A VDM csak szekvenciális programok vizsgálatához használható.

A Z módszer egy olyan specifikációs technika, ami lehetővé teszi a specifikációból végrehajtható algoritmus készítését oly módon, hogy az algoritmus bizonyítottan a specifikáció szerint működik. A Z módszer adatorientált szekvenciális rendszerek fejlesztésére alkalmas.

A B módszert a Z-hez fejlesztették ki, amely egy lépésről lépésre történő finomítási módszer.

A Model Checking egy folyamat, amely ellenőrzi, hogy egy adott szerkezet egy adott logikai képlet modellje-e. A koncepció általános, és mindenféle logikára és megfelelő struktúrára vonatkozik. Egy egyszerű modellellenőrzési probléma az, hogy teszteljük, hogy egy adott struktúra egy adott képlet a javasolt logikában teljes-e.

A Model Checking módszerek fontos osztályát képezi a formális rendszerek algoritmikus ellenőrzése. Ezt úgy érhetjük el, hogy meggyőződünk arról, hogy a szerkezet, amely gyakran egy hardver- vagy szoftvertervből származik, megfelel-e egy formális specifikációnak, tipikusan időbeli logikai képletekkel.

Ha a kommunikációt formálisan írják le, lehetőség van matematikai vizsgálatra. A folyamatok vizsgálatára kidolgozott formális módszerek közül a CSP és a TimedCSP alkalmas leginkább a protokollok vizsgálatára. 2018-ban a PKMv3-protokollt vizsgálták meg [6] CSP formális módszer alkalmazásával. Formális módszerekkel lehetővé válik:

- a protokoll formális modellezése és analízise;
- követelmények formalizálása;
- a prokoll formális verifikációja modellellenőrzéssel;
- állapotfüggő dinamikus viselkedés modellezése;
- konkurens rendszerek modellezése és analízise;
- adatfüggő viselkedés modellezése;
- adatfeldolgozás modellezése;
- szoftver forráskód alapú formális verifikációs technikák.

A CSP formális leírás a rendszer vagy a rendszer elemeinek a folyamatait írja le. Az elosztott komplex rendszer kommunikációjában részt vevők az egymással folytatott üzenetváltás során képesek befolyásolni egymás működését. A CSP-ben a folyamatok eseményekből épülnek fel.

Az események és folyamatok között operátorok teremtik meg a kapcsolatot.

Alap operátorok:

- prefix;
- választás:
  - determinisztikus;
  - nem determinisztikus;
  - környezeti választás.
- elágazás;
- üzenet:
  - küldés;
  - fogadás.
- párhuzamos folyamat;
- traces;
- STOP.

A valós rendszerekben az üzenet küldésének időigénye van. A Timed CSP az idővel kapcsolatos operátorokat vezeti be és teszi lehetővé a valós rendszerek leírását és elemzését.

A komplex elosztott rendszerekben a kommunikáció leírása viselkedést leíró programhalmazokkal oldható meg. Amennyiben a protokoll követelményspecifikációja formális leírással történt és a megtervezett protokoll leírása formális. Matematikai módszerekkel

ellenőrizhető hogy a tervezés során létrehozott protokoll az elvárásoknak megfelelő viselkedéssel rendelkezik-e.

A protokollra épített rendszer kommunikációjának a megfigyelése során lehetőség van üzem közben ellenőrizni, hogy a kommunikáció a protokoll követelményspecifikációja szerint zajlik-e.

Felhasznált irodalom

[1] H. Sayama, *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems.* Geneseo: Open SUNY Textbooks, Milne Library, 2015.

[2] A. S. Tanenbaum, M. van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms.* US: Prentice Hall, 2002.

[3] R. Sharp, *Principles of Protocol Design.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-77541-6

[4] J. T. S. Moore, "Revolution OS," 2001, youtube.com, [Online]. Elérhető: www.youtube.com/watch?v=jw8K460vx1c; imdb.com, www.imdb.com/title/tt0308808/

[5] Mars Climate Orbiter Mishap Investigation Board Phase I Report, November 10, 1999, NASA, [Online]. Elérhető: https: //llis.nasa.gov/llis_lib/pdf/1009464main1_0641-mr.pdf

[6] J. Jiang, H. Mao, R. Shao, and Y. Xu, Formal Verification and Improvement of the PKMv3 Protocol Using CSP, In Proc. 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2018. DOI: https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2018.10318

[7] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Protokoll (informatika)," [Online]. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/Protokoll_(informatika)

[8] Zs. Simon, „Nem kell többé a parkolóban keresned a Teslád, odamegy hozzád!" villanyautosok.hu, 2019, [Online]. Elérhető: https: //villanyautosok.hu/2019/03/25/nem-kell-tobbe-a-parkoloban-keresned-a-teslad-odamegy-hozzad/

[9] System Architecture Visual Integration, "About the SAVI Program," *System Architecture Visual Integration,* [Online]. Elérhető: https: //savi.avsi.aero/about-savi/

[10] M. Kellermayer, „Komplex Rendszerek," [Online]. Elérhető: http: //biofiz.semmelweis.hu/run/dl_t.php?id=2449&tid=94

[11] MSZ EN 50129: 2003: Vasúti alkalmazások. Távközlési, biztosítóberendezési és adatfeldolgozó rendszerek. Biztonsági elektronikai rendszerek biztosítóberendezésekhez, MSZT, 2003.

[12] Gy. Schuster, L. Ady, „Biztonságkritikus szoftverfejlesztés," *Repüléstudományi Közlemények,* 30. évf. 1. sz. 2018. [Online]. Elérhető: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_1/2018-1-11-0453_Schuster_Gyorgy-Ady_Laszlo.pdf

További irodalom

J. Delange, B. Nichols, J. Hudak, J. McHale, and M.-Y. Nam, "Evaluating and Mitigating the Impact of Complexity in Software Models," Tech Report, CMU/SEI-2015-TR-013, 2015. DOI: www.doi.org/10.13140/RG.2.1.4028.1840

RTCA SC-205: DO-178C, Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification, 2012.
MSZ EN 50128: 2011: Vasúti alkalmazások. Távközlési, biztosítóberendezési és adatfeldolgozó rendszerek. Szoftverek vasúti vezérlő- és védelmi rendszerekhez, MSZT, 2011.
International Organization for Standardization: ISO 26262 Road vehicles – Functional safety, 2011.
MSZ EN 61508: 2010: Villamos/elektronikus/programozható elektronikus biztonsági rendszerek működési biztonsága, MSZT, 2010.

EFFECTS AND DESIGN GUIDELINES FOR COMMUNICATING IN COMPLEX SYSTEMS

The expansion of complex systems has taken on considerable proportions. Due to the increase in numericity and the conditions of use, the risk of errors and accidents increases. Reducing this risk can be obtained by designing complex systems. Complex systems are built up of a combination of distributed collaborative subsystems. The design can be divided into two main parts, the behaviour of the components and the overall operation of the components. The protocol describes the communication and collaboration of the components. Complex systems can be open and closed, but they should always be treated as open in terms of protocol, so one cannot trust the units to follow the expected behaviour. The task of the protocol is to prevent escalation of the component failure and the internal error of the protocol. The design of the current complex systems is reviewed and summarised. Their effective methods are integrated into a complex system design guideline.

Keywords: *complex systems, distributed systems, protocol, fail-safe, mission critical*

Ady László
Ügyvezető,
Kísérleti fejlesztésvezető
NextTechnologies Kft.; Subi-Ker 2000 Kft.
adylaszlo@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0001-6702-6000

László Ady
Executive Director
Experimental Development Leader
NextTechnologies Ltd.; Subi-Ker 2000 Ltd.
adylaszlo@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0001-6702-6000

Tokody Dániel
Vezető kutató
Subi-Ker 2000 Kft.; NextTechnologies Kft.
tokody.daniel@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0002-9984-0434

Dániel Tokody
Principal Researcher
Subi-Ker 2000 Ltd.; NextTechnologies Ltd.
tokody.daniel@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0002-9984-0434

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/300/166

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 67–76. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.5

Marek Košuda, Stanislav Szabo jr.

Signals of Opportunity: Using Signal Defined Radios to Identify Potential Candidate

This paper deals with the prospect of using cellular network signals as one of the candidates from the signals of opportunity as a supplementary or alternative source for navigation and positioning via on-board software defined radio. A low cost system for modelling GSM coverage over particular area is proposed.

Keywords: *signals of opportunity, software defined radio, opportunistic navigation*

Introduction

The rapidly growing world market of unmanned aerial systems is only one example of the modern era in which various industries undergo rapid changes due to the advancement of technology. From a historical perspective, the initial period of success of unmanned systems is undoubtedly linked with the defence industry. Today, however, the public sector represents the driving force of innovation due to the precipitously increasing number of privately owned unmanned systems in the sky. In 2017, around 174,000 unmanned systems were sold worldwide for commercial and non-commercial applications representing a 58% increase over the previous year [1]. There are a number of studies and surveys forecasting a market of unmanned systems eventually being worth over $100 billion with more than 3 million active units around the globe [2], [3]. On the other hand, the increment of unmanned systems in the airspace brings a new challenge in the form of unmanned traffic management and unmanned systems' navigation in GPS challenged environments such as deep urban canyons [4], [7]. Additionally, GPS spoofing incidents occur more frequently worldwide questioning the reliability of the GPS as the source for the ever increasing demand for autonomy in the emerging unmanned systems applications [8]. In the recent decade, signals of opportunity (SoPs), which are signals not purposefully designed for navigation or position determination, gathered considerable attention because of a plenitude of sources available in the GPS challenged environment. The exploitation of SoPs demands new methods for signals processing to be developed and implementation of unusual navigational hardware on board of unmanned systems. One of the possible readily accessible hardware solutions is Software Defined Radio (SDR). Analogously to unmanned systems, the beginnings of SDR go back to large-budget military projects a few decades ago and it slowly made its way to its present form of widely accessible device for signal processing [9]. The hardware of the SDR is similar

to the traditional radio, except when we get the signal down to the baseband, and it is being sampled by an ADC converter and the components found further down the data stream are replaced by a programmable Digital Signal Processor (DSP).

The paper's objective is to discuss various methods used for non-GPS navigation and positioning, briefly introduces various signals of opportunity and their advantages and disadvantages, and introduces an elementary solution for searching potential SoP candidates in the radio signal environment.

SIGNALS OF OPPORTUNITY

Available signals and opportunistic navigation

Opportunistic navigation (OpNav) is the concept of using signals from an established transmitter infrastructure intended for other purposes, to be used for the localisation platform. The environment of our modern cities is especially abundant with a variety of these signals that can be used for OpNav including GSM, 3G, Digital Audio Broadcast (DAB), Digital Video Broadcast (DVB) and many others. Moreover, many emerging and potential utilisation of unmanned applications are to be deployed in cities at low altitudes, which requires a novel approach in accurate localisation as it represents a critical component for unmanned platforms. Figure 1 portrays the navigational gap occurring at ground level and within city canyons.

There are multiple possible sources of signals, which can be exploited for navigational purposes. Table 1 contains an output from a spectrum analyser depicting a number of opportunistic signal candidates on the airwaves in most of the modern cities ranging in frequency spectrum from 10 MHz to 3 GHz.

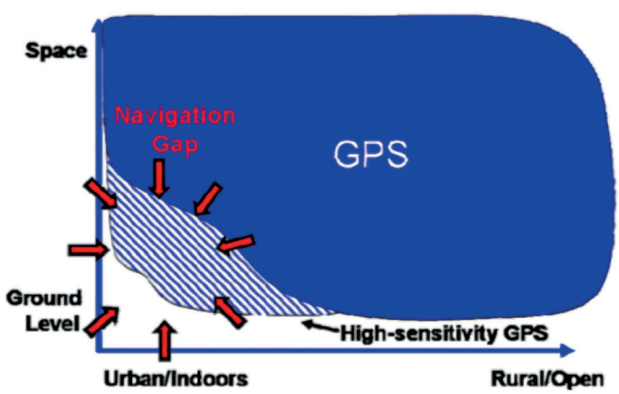


Figure 1.
Navigational gap [10]

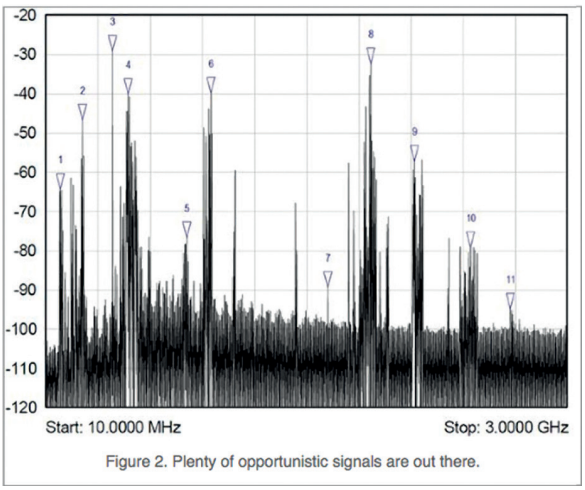


Figure 2.
Output from spectrum analyser showing SoPs [11]

Table 1.
The number of available opportunistic signals [11]

Signal marker	Frequency	Level	Identity
1.	93.72 MHz	–64.36 dBm	FM radio broadcast
2.	219.3 MHz	–46.67 dBm	DAB radio
3.	392.72 MHz	–29.10 dBm	TETRA – long distance navigational system
4.	482.42 MHz	–40.24 dBm	Digital TV
5.	817.3 MHz	–76.67 dBm	LTE band (EUDD band)
6.	954.84 MHz	–39.91 dBm	GSM signal (E-GSM band)
7.	1.6246 GHz	–89.28 dBm	Iridium
8.	1.8698 GHz	–32.37 dBm	GSM (DCS1800 band)
9.	2.1209 GHz	–57.23 dBm	WCDMA (IMT IMT)
10.	2.4439 GHz	–79.22 dBm	Wi-Fi (2.4 GHz band)
11.	2.6711 GHz	–94.81 dBm	LTE (IMT-E band)

Advantages and disadvantages of SoPs

There are multiple advantages in using SoPs for navigation in clutter and challenged environments such as modern cities where a multitude of signals is freely available at any location. The biggest one has an abundance of potential candidates, as depicted in Figure 1. The frequency spectrum of potential signals allows for prospective navigational applications not only in outdoor environment but also within buildings themselves. Another advantage is the transmitting power, for example, GPS satellite transmits 282 Watts of EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) from an altitude of 22,000 km, if its directly above the receiver. In comparison to FM transmitters, which transmit 50,000 Watts on average at a distance of 20 km, we have more than 82 dbW/m^2 received power density [10]. This much power at disposal allows for

walls and building penetration with further exploitation of signal indoors. In case of SoPs or OpNav, the financial perspective is also attractive because of already existing infrastructure of transmitters broadly spread out around cities.

However, there are several challenges before a successful OpNav can be widely implemented as a viable form of localisation either as a supplementary or sole source of navigational method.

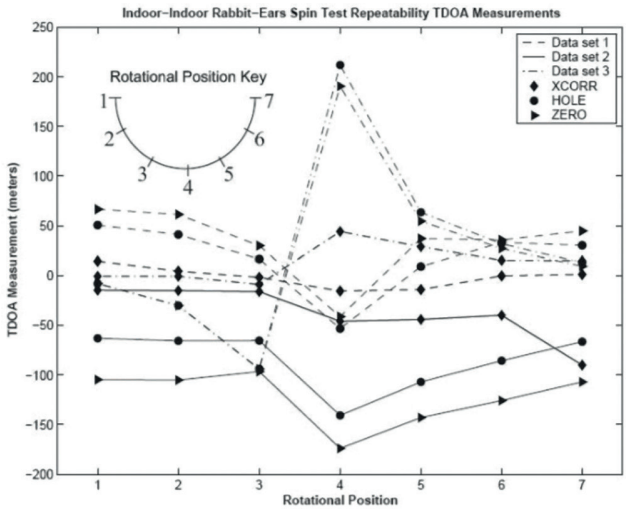


Figure 3.
Variation in analogue television time difference of arrival (TDOA) measurements [13]

- Signals of opportunity are not indented for navigational application and therefore they lack certain characteristics. In comparison to GPS, SoPs do not carry a time information marking the beginning of broadcast, which is important for determining the location. Moreover, transmitter clocks are quite unstable with large drifts in oscillators causing large frequency offsets [12]. In general, most of the communication systems are not time-synchronised to an accuracy of several nanoseconds, which is required in order to navigate without a reference receiver.
- The availability of signals is determined by user location. While there are numerous candidates within cities, very few can be found in more remote areas. But given the possibilities of this paper, we focus on urban environments.
- The most important challenges necessary to overcome are multipath effects and the non-line of sight operations. When considering indoor or clutter urban environment, it is certain that many received radio frequency signals will be reflected or scattered signals rather than direct signals. This presents a crucial problem in the form of corrupted timing data, which are crucial for navigation. A good example of the multipath can be seen in Figure 3, which shows TDOA measurements generated from analogue television in an indoor environment using rabbit ears antennas. Three different data sets were collected at different times but in the same location, and three different TDOA measurement techniques were applied (denoted as XCORR, HOLE and ZERO in the figure). The large variation in TDOA measurements observed

when the antenna was simply rotated is strongly suggestive of a multipath effect, as the gain pattern of antenna changes relative to the environment [13]. However, a multipath effect does not influence only OpNav methods but also other navigation systems in urban environment.

Alternative methods used for Non-GNSS navigation

There are at least three categories encompassing basic alternative methods for Non-GNSS navigation:

- Image/lidar/Doppler/DR aiding of inertia. These methods are based on inertial system technology, but constrain the drift by incorporating one or more sources of aiding. Examples include image-aided inertial navigation [14] and lidar-aided inertial navigation [15]. These systems are mostly self-contained systems.
- Beacon-based navigation. Some challenged environments might degrade GNS signals and render them unreliable for navigation. There is a possible solution in the form of transmitting an additional signal or signals that are specifically designed for navigational purposes. However, this solution found its application in an indoor environment for the moment [16], [17].
- Navigation using signals of opportunity. Signals of opportunity are, as defined in this paper, radio frequency signals that are not intended for navigation. Examples from previous research include AM radio [18] and analogue television [19].

Furthermore, OpNav is a navigation approach heavily depending on sensors and methods used for radio signals processing. In order to determine the user's location, we measure the distance of the transmitter from the sensor receiving signal, the signal's time of travel and the energy of the received signal or the combination of them.

There are two basic methods used for OpNav:

- Signal propagation modelling. This method is based on computing parameters such as Received Signal Strength Indicator (RSSI), the Angle of Attack (AOA), the Time of Arrival (TOA) and the Time Difference of Arrival (TDOA). In general, this approach implements methods like lateration and angulation. These methods have some drawbacks. In deep urban canyons it is difficult to use a direct line-of-sight channel between the transmitter and the receiver. Moreover, the multipath effect would noticeably degrade accuracy.
- Signal fingerprinting. It is a popular approach not to use signal propagation geometry, but a signal data based collection which provides high accuracy. This approach demands building a database of Received Signal Strength (RSS) and subsequent coordinates of measurement. Fingerprinting consists of two phases: 'recording' and 'positioning'. During the recording phase, the fingerprint database is created. The database contains real coordinates of reference and related to these signal are the strength values of accessible transmitters. The positioning phase measures accessible radio signals and searches matches in the database of the nearest point to the receiver using an appropriate search/match algorithm. However, there are drawbacks in the training

because it requires a vast number of RSS measurements and some signals might be unstable causing changes in the primary radio map.

Potential candidate – GSM

Over the last 15 years several wireless standards have been introduced into the cellular market and each geographical region has developed a set of radio access technologies based on Global System Mobile (GSM) and Code Division Multiple Access (CDMA) because of specific regional frequency allocation and policies.

The GSM, also known as second-generation (2G) networks, represents a crucial step in the introduction of mobile voice services. This led to a worldwide spread of devices that can be used seamlessly across different geographical regions. One of the key characteristics why the GSM represents a potential candidate is its narrow bandwidth relative to other widely used wireless standards. The GSM occupies a frequency channel of only 200 kHz. We must mention that emerging new technologies bring larger bandwidths and that presents a problem for Software Defined Radios as the required hardware becomes more complex in order to capture them. Moreover, another limitation is due to the constrained interface connecting the SDR to the computer. More bandwidth directly translates into more cost in terms of transfer rates, processing power and money. By and large, aiming for mobility puts a limit on size, weight and power consumption [21].

Basic GSM specifications

The full GSM specifications would be too excessive for this paper and therefore, we briefly discuss the relevant parts.

GSM is a multiple access technology allowing users to cram multiple phone calls or Internet connections into one radio channel. The frequency bands are divided into multiple channels so that more than one user can place a call through the tower at the same time. The GSM utilises a combination of Time, Space and Frequency Division Multiple Access techniques (TDMA, SDMA and FDMA).

The 900 or 1800 MHz band is separated to 200 kHz channels (FDMA). The Base Transceiver Stations (BTS) are given these frequencies in a way that adjacent cells do not use the same frequency in order to avoid interference. This ensures SDMA. Lastly, each 200 kHz carrier is split in time into 8 slots. This is illustrated in Figure 1.

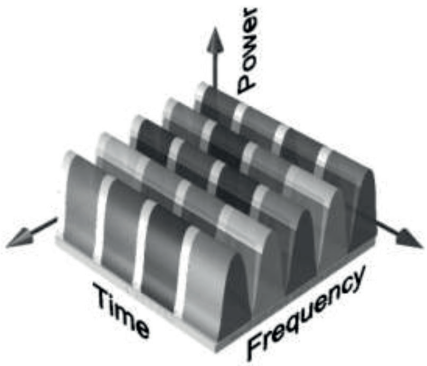


Figure 4.
The combination of TDMA and FDMA [20]

Proposed system

There are multiple projects with greater and more advanced capabilities, however, the aim of this proposed system is to showcase low-cost solution based on open-source and open-hardware.

We further propose the implementation of the proposed system, which is light weight and power efficient, on board of unmanned vehicle supporting MAV link protocol.

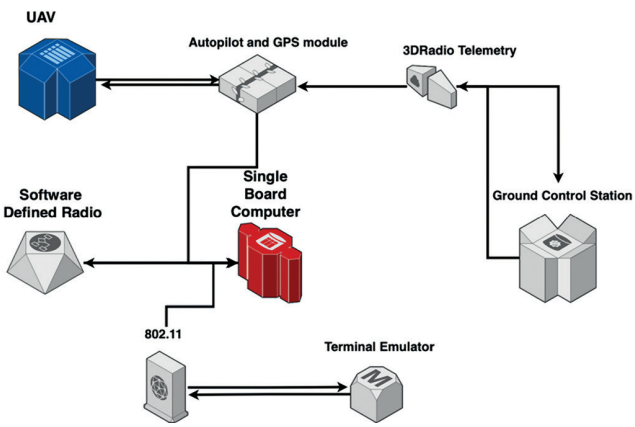


Figure 5.
Proposed system structure [compiled by the authors]

Hardware

The hardware encompasses three major components. At the core of the system is a single board computer acting as a data sink for the other components. It also performs signal processing of

the captured samples and logs the results that we are interested in. The other parts include SDR and flight management unit (FMU). SDR tunes in to the desired frequencies of the RF spectrum and outputs a sampled signal ready to be processed by the single board computer. FMU controls UAV and it also feeds the position data to the SDR. The terminal emulator talks with the single board computer and the ground station supervises FMU.

Further discussion on the system

We propose to use GNURadio as the main software tool for radio data processing. However, most of the low cost single board computers do not come with enough space for its installation. It could be bypassed by GNURadio installation on an external SD card.

As mentioned above, low cost SDR are not equipped with accurate clocks. Furthermore, the frequency error is not constant and it is highly dependable on environmental factors. There is a possible solution in a synchronisation with GPS in a more expensive SDR hardware. Additionally, the mobile stations in a cellular network face the same problem. The GSM built in a solution for this problem in the form of very tight requirements for frequency synchronisation. To overcome potential frequency mismatch for reliable timing acquisition, GSM has a logical channel dedicated to solving the problem. It is called the Frequency Correction Channel or FCCH [21]. While the GSM clearly outlines the FCCH, the detection method of frequency bursts is up to the SDR manufacturer. We propose to implement an algorithm developed in [22], which might require a few adaptations. The detection method uses an adaptive line enhancer (ALE) to identify frequency bursts. Timeslots are left unused when there are no users to utilise them. However, when a transmission occurs, the slot is filled with a burst. There are many types of bursts as a result of the long history of these technologies and amendments to keep it up to date. It is up to the user, which burst is to be detected.

Conclusion

In this paper we briefly discussed the emerging form of opportunistic navigation and signals, that could be exploited for localisation purposes. Despite the benefits of non-GNSS based navigation in a clutter urban environment, there are certain drawbacks to overcome. With the mentioned approaches used in OpNav ranging from a self-contained system such as Lidar, we see a greater benefit and wider applications in focusing on systems that interact with abundant signals in radio frequency environment. The paper proposed a system that could create a map of GSM network coverage for a particular area with a prospect for more detailed analysis of the RF environment, which could be used for the fingerprinting method used in OpNav.

References

[1] The Economist, "Commercial drones are the fastest-growing part of the market," *The Economist,* June 8, 2017. [Online]. Available: www.economist.com/technology-quarterly/2017/06/08/commercial-drones-are-the-fastest-growing-part-of-the-market

[2] Goldman Sachs, "Drones: Reporting for work," *Goldman Sachs,* [Online]. Available: www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/drones/
[3] Intelligence, Business Insider, "How Drones Will Change the World in the next 5 Years," *Business Insider,* 25 September 2017. [Online]. Available: http: //globalproductreview.com/how-drones-will-change-the-world-in-the-next-5-years-business-insider/
[4] A. Soloviev, J. Dickman, "Extending GPS phase availability indoors with a deeply integrated receiver architecture," *IEEE Wireless Communication,* vol. 18, no. 2, pp. 36–44, 2011. DOI: https: //doi.org/10.1109/mwc.2011.5751294
[5] E. Costa, "Simulation of the effects of different urban environments on GPS performance using digital elevation models and building databases," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,* vol. 12, no. 3, pp. 819–829, 2011. DOI: https: //doi.org/10.1109/tits.2011.2122258
[6] J. C. Grabowski, "Personal Privacy Jammers: Locating Jersey PPDs Jamming GBAS Safety-of-Life Signals," *GPS World,* 1 April 2012, [Online]. Available: www.gpsworld.com/personal-privacy-jammers-12837/
[7] Ch. Günther, "A survey of spoofing and counter-measures," *Navigation,* vol. 61, no. 3, pp. 159–177, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1002/navi.65
[8] J. Spicer, A. Perkins, L. Dressel, M. James, Y.-H. Chen, Sh. Lo, D. S. De Lorenzo, and P. Enge, "Jammer Hunting with a UAV," *GPS World,* 4 May 2015. [Online]. Available: www.gpsworld.com/jammer-hunting-with-a-uav/
[9] "Defining Next Generation Radio with SDR," Army-technology.com, 12. August, 2010. [Online]. Available: www.army-technology.com/features/feature92744/
[10] M. M. Miller, A. Soloviev, M. U. de Haag, and M. Veth, "Navigation in GPS Denied Environments: Feature-Aided Inertial Systems," *RTO-EN-SET-116(2011)* [Online]. Available: https: //pdfs.semanticscholar.org/f031/46a66a5d60b60da517d5dd28da934a65a22e.pdf
[11] M. Jones, "Signals of Opportunity: Holy Grail or a Waste of Time?" *GPS World,* 22 February 2018. [Online]. Available: www.gpsworld.com/signals-of-opportunity-holy-grail-or-a-waste-of-time/
[12] C. Yan, H. H. Fan, "Asynchronous Differential TDOA for Non-GPS Navigation Using Signals of Opportunity," In Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008, pp. 5312–5315. DOI: https: //doi.org/10.1109/icassp.2008.4518859
[13] R. J. Eggert, J. F. Raquet, "Evaluating the Navigation Potential of the NTSC Analog Television Broadcast Signal," In Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2004), Long Beach, CA, 2004, pp. 2436–2446.
[14] M. Veth, J. Raquet, "Fusion of Low-Cost Imaging and Inertial Sensors for Navigation," In Proceedings of the 19th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2006), Fort Worth, TX, 2006, pp. 1093–1103.
[15] J. Campbell, M. Miller, M. Uijt de Haag, D. Venable, and M. Smearcheck, "Flash-LADAR Inertial Navigator Aiding," In Proceedings of IEEE/ION PLANS, San Diego, CA, 2006, pp. 677–683. DOI: https://doi.org/10.1109/PLANS.2006.1650661
[16] J. Barnes, Ch. Rizos, M. Kanli, D. Small, G. Voigt, N. Gambale, J. Lamance, T. Nunan, and Ch. Reid, "Indoor Industrial Machine Guidance Using *Locata:* A Pilot Study at BlueScope Steel," In Proceedings of ION Annual Meeting 2004, pp. 533–540.
[17] G. Opshaug, P. Enge, "GPS and UWB for Indoor Positioning," In Proceedings of ION GPS, Salt Lake City, UT, 2001, pp. 1427–1433. DOI: https://doi.org/10.1109/ICICS.2007.4449630

[18] T. Hall, C. Counselman III, and P. Misra, "Radiolocation Using AM Broadcast Signals: Positioning Performance," In Proceedings of ION GPS, Portland, OR, 2002.
[19] R. Eggert, J. Raquet, "Evaluating the Navigation Potential of the NTSC Analog Television Broadcast Signals," In Proceedings of ION GNSS, Long Beach, CA, 2004, pp. 2436–2446.
[20] "SkyDSP," skydsp.com, [Online]. Available: www.skydsp.com/publications/4thyrthesis/chapter1.htm
[21] T. Volčko, V. Moucha, P. Lipovsky, and K. Draganova, "Possibility of usage the latest GSM generations for the purpose of UAV communication," In Proc. New Trends in Signal Processing, 2016, pp. 102–105. DOI: https: //doi.org/10.1109/ntsp.2016.7747794
[22] G. N. Varma, U. Sahu, G. P. Charan, "Robust Frequency Burst Detection Algorithm for GSM/GPRS," In Proc. IEEE 60th Vehicular Technology Conference, 2004. DOI: https: //doi.org/10.1109/vetecf.2004.1404796

Further reading

P. Bahl, V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking system," In Proceedings of IEEE Infocom, Tel Aviv, 2000. DOI: https://doi.org/10.1109/INFCOM.2000.832252

KISEGÍTŐ JELEK: SZOFTVERRÁDIÓ ALKALMAZÁSA A LEHETSÉGES JELFORRÁSOK MEGHATÁROZÁSÁRA

Ez a tanulmány bemutatja, hogy lehet a mobilhálózatot – mint alternatív, kiegészítő navigációs lehetőséget – szoftverrádiókkal ellenőrizni. A javasolt alacsony költségű rendszer a GSM-lefedettséget modellezi egy adott területen.

Kulcsszavak: *kisegítő jelek, szoftverrádió, kisegítő navigáció*

M. Eng. Ing. Marek Košuda
Educational Technician, Doctoral Student
Technical University in Košice, Slovakia
Faculty of Aeronautics
Department of Aviation Technical Studies
marek.kosuda@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-4179-4738

Ing. Bc. Stanislav Szabo, jr. MBA
Research Worker, Doctoral Student
Technical University in Košice, Slovakia
Faculty of Aeronautics
Department of Air Transport Management
stano.szabo@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0003-2403-2288

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/270/167

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 77–93. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.6

Szabó Sándor András

Stressz és a repülés

(szívfrekvencia-paraméterek jellemzése szimulált és valós repülési stresszhelyzetben)

A repülés veszélyes üzem: repülési vészhelyzetben, az élettani fenyegetettség (oxigénhiány, gyorsulás-túlterhelés) jelentkezésekor vagy időkényszerben a pilóta, mint operátor pillanatnyi fizikai-szellemi teljesítménye elégtelenné válhat, amelyet a vegetatív idegrendszer egyensúlyvesztése, stresszállapot kísér. A fokozott stressz és alkalmanként a stresszreakció okozta korlátozott szenzoros érzékelés, téves helyzetértékelés hibás fizikai válaszreakciót eredményez, ami önmagában újra stresszt, akár pillanatnyi cselekvőképtelenséget okoz, pszichés alapon. Célunk az élettani stresszreakció vizsgálata részben földi körülmények között, élettani stresszor (például barokamrában előidézett hypobariás hypoxia) és VR (virtual reality) vizuális szimulációs berendezések kombinációjával, részben valós repülési körülmények között. A szív–agy tengely stresszreakcióját a szívfrekvencia-variabilitás (HRV) vagy pulzusvariancia-mérésekkel követtük, a mérőműszer (Firstbeat Bodyguard) által biztosított adaptációval valós repülési körülmények, vadászpilóta-műrepülés és ejtőernyős ugrás során is.

Kulcsszavak: *repülésélettani stresszorok, hypoxia és gyorsulás-túlterhelés okozta HRV, pulzusvariancia, VR (virtual reality) repülés, Firstbeat Bodyguard2*

Bevezetés

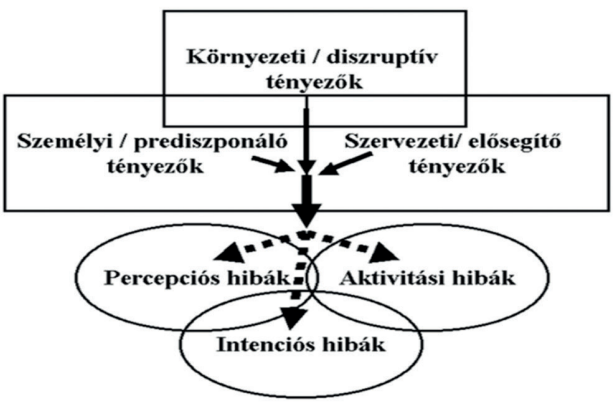
A repülésbiztonság és a humán tényező

A repülés, mint háromdimenziós dinamikus helyzetváltoztatási képesség – még ha technikai eszközökkel, repülőeszközökkel, fokozódó automáciával valósul is meg –, olyan élettani és pszichés kihívásokat jelent az emberi fizikai cselekvőképesség és szellemi munkavégző-képesség számára, amely részben dinamikájában, részben intenzitásában messze meghaladja az emberi evolúció során kifejlesztett és szelekciós előnyként faji szinten megjelenő szív-, érrendszeri és agyi keringési reflexek adaptív reakciókészségét. Miközben az új kabinergonómiai megoldások, a technikai-technológiai rendszerek megfelelő redundanciája és többszörös biztosítása (a mesterséges intelligencia kialakítása révén akár önfejlesztő módon) minimalizálja a pillanatnyi technikai elégtelenség okozta fenyegetettséget, a humán faktor fentiekből adódó kiszámíthatatlan instabilitása őt teszi a repülésbiztonság leggyengébb láncszemévé.

Vagyis az „ember–gép–környezet" dinamikus rendszerében a humán tényező az, amely a modern harci technika irányításában, kezelésében, és a katonai feladat végrehajtásában leginkább korlátozó tényező lehet.

A mai 4–5. generációs harci gépek esetében a technika megbízhatósága gyors ütemben növekedett (precíziós avionika, modern kompozit anyagok, biztonsági és tartalék repülőműszaki, navigációs-elektronikai és hajtóműrendszerek), ugyanakkor a repülés alanya, a pilóta alapvetően ugyanazokkal a szubjektív teljesítménykorlátokkal repül, redundanciája nem változott. Ahogy a HFACS[1]-rendszer kidolgozói megfogalmazták: *„Az ember természeténél fogva hajlamos a hibára; észszerűtlen hibamentes teljesítményt várni tőle"* [1].

A baleset soha nem a pillanat műve, több tényező, történés együttes és fatális egymásutánisága hozza létre a kritikus helyzetet, vagyis dinamikus folyamat. Ezt a Reason-féle „sajtmodell" lineárisan vizualizálja: mint a sajtszeleteken a lyukaknak egy egyenesbe kell esni ahhoz, hogy átlássunk rajtuk, úgy az önmagukban ártatlan kis eltérések is felfűzhetők egy eseményláncra, amely a balesethez vezet [2]. Ezzel szemben az amerikai HFACS-modell hierarchikusan, a szervezeti, egyéni prekondícionális és végrehajtói tevékenységi szinteket egymás alá rendezve mutatja meg, a brit modell pedig térképszerűen, alap- és háttérdoméneket feltüntetve szemlélteti, amelyek mindegyikében külön-külön azonosítható az emberi hibakomponens (1. ábra) [3].



1. ábra
Hibatípusok és háttértartományok [3]

Hibatípusok és a stressz

Bármelyik pilótahiba-modellt alkalmazzuk, mindegyikben az egyéni szinten azonosítható az észlelés és válaszreakció szintjén a stressz okozta hibás, hiányos, elkapkodott repülési választevékenység vészhelyzetben, időkényszerben.

[1] Human Factor Analysis and Classification System: Emberi hiba Elemzési és Osztályozási Rendszere (US).

Az egyik legfontosabb direkt hatása a stressznek a percepciós vagy észlelési hibák csoportjában van: egy fontos információt a pilóta nem észlel időben vagy félreértelmez (például vizuális illúzió miatt). A vizuális illúziók, a térbeli dezorientáció a félreértelmezés tipikus példái, amit elbizonytalanodás, stressz kísérhet. A második nagy emberi hibacsoport a szándék, az intenció hibái: a pilóta által követett repülési terv részlete kockázatot hordoz magában, mert ütközik a repülési körülményekkel. A pilóta szándékosan is megszegheti, illetve félreértelmezi a szabályokat, ez is emelkedett stressz-szinttel járhat. A harmadik nagy emberi hibacsoport a kivitelezés, a tényleges tevékenység hibája: egyszerű kihagyás egy összetett, egymásra épülő cselekvéssorban bajt okozhat, például a fel/leszálláskor a checklist (utasításlista) felolvasásakor kimarad valami, a tett nem követi a szót, vagyis a parancssort. A pilótamunka pszichés szempontból legnagyobb stresszt és kihívást jelentő jellemzője az időkényszer: lelassulhat a mozgás, mint válaszreakció, vagy éppen ellenkezőleg, kapkodóvá és összerendezetlenné válik, mindkettő veszélyes. Különösen kritikus lehet az éjszakai bevetés NVG[2] alkalmazása mellett, különösen helikopteren, erre vonatkozóan a NATO Tudományos Kutatási és Technológiai Szervezete munkacsoportja közöl – főleg helikopteres repülések esetében – emelkedő trendekről tanúskodó statisztikát (2. ábra) [4].

	1983–1992			1993–2002		
	SD baleseti ráta (/100 000 repült óra)	Összes baleseti ráta (/100 000 repült óra)	SD-baleset %-os aránya* (/100 000 repült óra)	SD baleseti ráta (/100 000 repült óra)	Összes baleseti ráta (/100 000 repült óra)	SD-baleset %-os aránya* (/100 000 repült óra)
vadászgép	1, 70	7,02	24,2%	1,63	5,78	28,2%
helikopter	0,99	4,07	24,3%	1,00	2,37	42,2%
minden típus	1,03	4,17	24,7%	0,88	2,70	33,0%

*(%-os arány két egymást követő évtizedben, 100 000 repült órára számítva, helikopteres és sugárhajtású repülőeszközökön)

2. ábra
Térbeli dezorientáció (SD) okozta balesetek repülésbiztonsági jelentősége [4]

Legnyilvánvalóbb a biológiai stressz és az oxigénhiány kapcsolata, amelynek során a szívizom direkt munkavégző képessége és az agy autonóm (tudattól független, zsigeri) idegrendszeri szabályozása révén a szívfrekvencia modalitása, oszcillációja is megváltozik. Az agyi keringés és oxigenizáció romlása direkt módon befolyásolja a mentális-kognitív teljesítményt, fokozza a hibahajlamot, csökkenti az ítélőképességet a magassági részegség állapotában. Hasonló élettani stresszt és vegetatív egyensúlyvesztést okoz a gyorsulások–túlterhelések alatti pulzus- és vérnyomás-ingadozás (G-LOC[3], akár vérnyomásesés és pulzuslassulás veszélyes együttállásával a push-pull manőver során, a botkormány/joystick dinamikus előrenyomásával-hátrahúzásával), ez is változatlanul jelentős repülésbiztonsági kockázat [5].

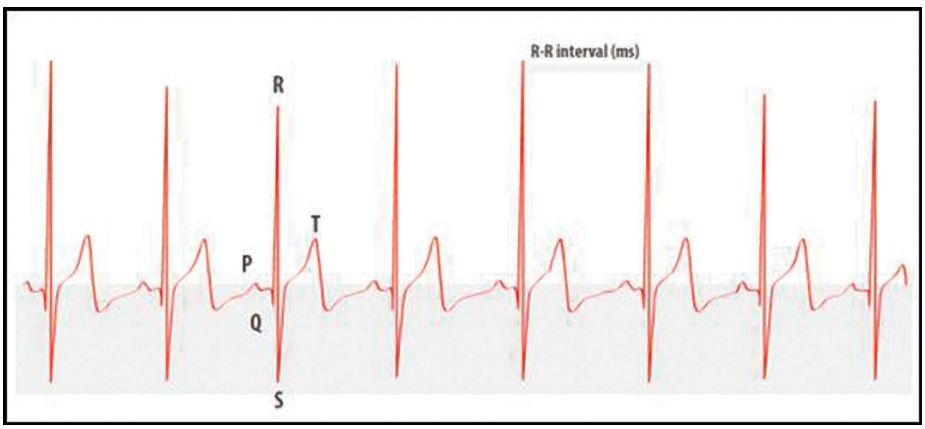
[2] NVG (Night Vision Goggles) éjjellátó készülék és FLIR (Forward Looking Infrared) előretekintő infravörös képalkotó rendszer.
[3] G-LOC – G induced loss of consciousness (gyorsulás-túlterhelés okozta eszméletvesztés).

Stressz és HRV

Szívfrekvencia és HRV-paraméterek

Földi szimulált stresszhelyzetben a monitorizálás elsődleges eszköze a szív- és érrendszer vonatkozásában a vérnyomás, pulzus és a testfelszíni 12 elvezetéses EKG volt, amellyel a földi szimuláció során mind barokamrában (nagymagasságú hypobáriás hypoxiában), mind centrifugában rögzíthetők az esetleges keringési zavarra utaló repolarizációs és ritmuszavarok. Ez előre jelezheti a vegetatív (zsigeri) idegrendszer megingási fogékonyságát, a pulzuslassulásra és vérnyomásesésre való hajlamot.

A szívfrekvencia egyik fő meghatározója az acetilkolin és noradrenalin (mint direkt idegi mediátor/transzmitter molekulák és a paraszimpatikus (tónusos X. bolygó agyidegi) hatás/szimpatikus idegrendszeri hatás finomhangolt, ellentétes befolyása.



3. ábra
EKG-görbe RR-intervallumainak oszcillációja [saját szerkesztés]

A vegetatív idegrendszer szívre gyakorolt hatásaként a szívfrekvencia oszcillációja figyelhető meg, így élettani jelenség, hogy a szívciklusok közötti idő normális körülmények között kismértékben, de ciklusról ciklusra változik. A ciklusok közötti idők mérésével kapott idősorokban kvázi-periodikus ingadozások figyelhetők meg, amelyek egymásra rakódása, szuperpozíciója (más hullámtermészetű jelenségekhez hasonlóan) hozza létre a variabilitást. Ennek frekvenciadomén-függése a szimpatikus (zsigeri) idegrendszer két ága, a szimpatikus (izgalmi) és a paraszimpatikus (megnyugvó, regeneratív) folyamatokért felelős részek közötti dinamikus és harmonikus egyensúlyi állapottól függ. Ez az összefüggés visszafelé is igazolható, vagyis a kvázi-periodikus ingadozásoknak a frekvencia és időtartomány szerinti elemzése egyúttal az agyi folyamatokat is jellemzi. (3. ábra)

A szív- és érrendszeri funkció autonóm idegrendszeri kontrolljának kifinomultabb jellemzésére fejlesztették ki a szívfrekvencia spontán variabilitásának mérését (rövid EKG-regisztrátum vagy 24 órás Holter EKG-felvétel alapján). A légzési szinusz aritmia, a szívfrekvencia-variabilitás fő meghatározója atropinnal vagy vagotómiával (bolygó agyideg ágának átvágásával) felfüggeszthető/kiüthető (ez a paraszimpatikus aktivitás fő közvetítője a fő ingerképző helyhez,

a jobb pitvarban lévő szinuszcsomóhoz). A legkézenfekvőbb módja a szívfrekvencia-variabilitás (HRV) jellemzésének az RR-intervallumok (egymást követő R hullámok, mint a kamrai elektromos aktivitás főkilengésének, a kamrai szívizomzat elektromos depolarizáció fő momentumának távolsága) átlagára vonatkozóan a standard deviáció kiszámítása és a pulzusra normalizált átlagra a standard deviáció (azaz a variancia koefficiens) számítása (SD/átlag × 100). A vegetatív idegrendszeri struktúrák és a HRV-frekvenciatartományok közötti kapcsolat a következő **(**4. ábra):

SZÍVFREKVENCIA-VARIABILITÁS (HRV)
ÉS AZ AUTONÓM IDEGRENDSZER KAPCSOLATA

frekvenciatartomány (erő komponens)	*efferens vegetatív ideg*	*élettani szabályozó*
Ultra low frequency ULF: < 0,003 Hz	vagus, szimpatikus	renin-angiotenzin (RAS) rendszer
Very low frequency VLF: 0,003-0,04 Hz	?	?
Low frequency LF: 0,04-0,15 Hz	vagus, szimpatikus	baroreceptorok
High frequency HF 0,15-0,4 Hz	vagus	légzés
LF / HF	vagus, szimpatikus	baroreceptorok

4. ábra
HRV és a zsigeri autonóm vegetatív idegrendszer szabályozási kapcsolata [17]

Különösen fontos a közepes-alacsony frekvenciás komponens (LF – 0,1 Hz körül), ami a vazomotor (értónus szabályozó) rendszer vezérelte vérnyomásváltozásokkal, a baroreceptorok (nyaki verőerek nyomásérzékelő sejtjeinek) aktivitásával hozható összefüggésbe. Ebben a tartományban az oszcillációkat mind a szimpatikus, mind a paraszimpatikus rendszer befolyásolja, utóbbi a X. bolygó agyideg (nervus vagus) idegfonatán keresztül [6]. Ez a frekvenciatartomány érzékenyen reagál szellemi munkára: a szellemi terhelés elnyomja az oszcillációt ebben a tartományban, viszont a terhelés megszűntével egyféle visszacsapás-jelenség figyelhető meg, *utóbbi mértéke arányos a megelőző terhelés nagyságával*. Másrészről, Izsó szerint, hosszabb ideig tartó, folyamatos terhelés során a középső frekvenciatartomány elnyomásának ingadozása az idő vetületében (szórás) arányos lehet a munkaterheléssel, amit egy adott feladat okoz az alanynak.

A fokozott HRV (paraszimpatikus túlsúly) jelzi a kellő regeneratív képességet, amely csökkent szív- és érrendszeri halálozással és megbetegedési mutatókkal párosul. A jelenlegi szoftverek (automatikusan továbblépő idő- és frekvenciakeretek mellett, például Fourier-analízis alkalmazásával idő- és frekvenciadomén szerint) elemzik az egyes frekvenciatartományokban a spektrális eloszlást [7], [8], [17].

A fentiek alapján a közepes tartomány, a vazomotor tónus ingadozása az autonóm idegrendszer egyensúlyi állapotának változását tükrözi, amely egészséges alanyon az alábbi szórási (SD) és variancia (RMSDD) paraméterekkel (az egymást követő NN-időintervallumok

ingadozásai alapján) jellemezhető a közepes-alacsony (LF) és magas (HF) frekvencia tartományokban. (5. ábra).

HRV-paraméterek definíciója és egymáshoz rendelése

IDŐ SZERINTI PARAMÉTER	*FREKVENCIA SZERINTI PARAMÉTER*	*NORMÁL ÉRTÉK (átlag +– SD)*
SDNN: az összes normális RR távolság standard deviációja	Teljes erő (power total) , azaz a variancia négyzetgyöke)	141 +- 39 msec (24 óra)
rMSSD: az egymást követő RR intervallumok közötti négyzetes differenciák átlegának négyzetgyöke	HF nagy frekvenciájú komponens	127 +- 35 msec (24 óra)
pNN50: a normális RR intervallumok közötti , 50 msec-nál nagyobb különbségek százaléka	HF nagy frekvenciájú komponens	20 % fölött

HRV spektrumanalízis (5 perces intervallumra)

LF (nu)	54 +- 4
HF (nu)	29+- 3
LF / HF	1,5 – 2,0

5. ábra
Egészséges fekvő alany 5 perces EKG felvételének idő- és frekvenciadomén szerinti HRV-adatai (lásd 4. ábra) [17]

Korábbi vizsgálatok szerint alacsonyabb magasságnak megfelelő oxigénhiány deprimálja mind a középső, mind a magas frekvenciájú komponenseket, továbbá ezek aránya (LF/HF azaz közepes/magas) eltolódik a közepes felé. Ennek oka a hipoxia okozta szimpatikus aktiváció és a kompenzáló légzési aktivitás (hiperventiláció) hatása a szívfrekvencia-variabilitásra [9], [10], [11].

A testszenzoros pulzusvariancia-mérő műszerek, mint a jelen pályázatban szereplő Bodyguard 2, vagy az Aviatronics Kft. által korábban fejlesztett Taguán mérőműszer jelenlegi változata vagy a Schimmer többcsatornás Holter EKG is miniatürizált, ultrakönnyű, szinte észrevehetetlen testfelszíni elektródákkal rendelkezik, a kamrai elektromos aktivitást jelző fő kilengések, azaz az RR-hullámok közötti távolságot elemzik.

Az agy-szív tengely megfelelő működése esetén, döntően szellemi munkavégzés alatt is objektív mérési módszerekkel kimutatható változások jelennek meg: változik az idegrendszeri aktivitás (szummációs EEG-P300[4], fMRI[5], CFF[6]), az endokrin, például mellékvesekéreg szteroid hormonszint (kortizol), a motoros tevékenység (EMG[7], pupillatágasság), vagy a kardiovaszkuláris (pulzus, vérnyomás, szívfrekvencia-variabilitás) aktivitás. Az EKG-alapú analízisek előnye a non-invazivitás és a relatíve alacsony költség.

Saját vizsgálati protokollunkban a standard barokamrai vizsgálat által megszabott időkeret között vészhelyzeti oxigénhiányt szimulálva, egyúttal a kognitív teljesítményt és agyi

[4] EEG P-300 újdonság P300 hullám az Elektromos Encephalogrammon – agyi elektromos aktivitási görbén, 300 msec-mal a primer jel után.
[5] fMRI – funkcionális Mágneses Rezonancia Imagery, agyi képalkotó eljárás az aktív agyi területek feltérképezésére.
[6] CFF – kritikus fúziós frekvencia – szemfenéki fényérző receptorok időbeli fényimpulzus-feloldási képessége.
[7] EMG – Electromyogramm – izomzat elektromos aktivitásának mérése.

keringést agyi pulzoxymetria[8] módszerével monitorizálva keressük a HRV-trendekben megjelenő esetleges elhúzódó stresszreakció jeleit. A módszer alkalmas lehet a hypoxia elhúzódó hatásainak elemzésére, a hypoxia és a „postexpozíciós" után hatást tükröző 1-2 órás felvétel szeparált elemzésére is, az agyi keringés és oxigénhasznosulás elhúzódó helyreállásának objektivizálásával, agyi pulzoxymetria szimultán, szinkron értékelésével. A hypoxia hangover („másnaposság"), mint az elhúzódó mentális teljesítménycsökkenés lehetséges oka a közelmúltban merült fel, erre vonatkozó kísérleteink még folyamatban vannak [12]. Szinkronizált HRV és rOxSat agyi homloklebeny kevert vénás vér és perifériás (ujjon mért) oxigéntelítettségi értékek hypoxiás demonstráció után rendelkezésre állnak. Feltűnő, hogy kognitív feladat végrehajtása során a homloklebeny keringésében elhúzódó hypoxaemia (kevert vénás vér csökkent oxigéntelítettsége) észlelhető egyes alanyoknál, még a folyamatos oxigénlégzés és tengerszinti nyomásra történő visszatérés után is [5].

Természetesen a kognitív feladat végrehajtásának teljesítménye is mérhető pszichológiai, pszichometriai műszeres tesztekkel a barokamrában. A nagy magasság okozta individuális keringési eltérések mellett azonban a pszichés teljesítmény romlása is nagy egyéni varianciát mutat, utólag értékelhető csak az egyszerű és összetett reakcióidő-romlás, hibahajlam.

Ezért a pszichológiai teszteket általában csak a hypoxiatudatosság fokozására, minősítési kötelezettség nélkül alkalmazzák barokamrában. Fontos lehet a kutatási szempont, a kognitív válaszadás hypoxiaérzékeny részfolyamatainak elemzése, amelyre a Magyar Honvédség Kecskeméti Repülőorvosi Intézet barokamrájában végzett kísérleteket a Magyar Tudományos Akadémia Pszichológiai Intézetének kutatócsoportja [13]. A korábbi vizsgálatokkal összehangzóan kimondható, hogy a magasabb szintű mentális teljesítményt, valamint a szenzomotoros koordinációt általánosságban a hipobáriás hypoxia rontja [14], [15], [16].

HRV és a klinikai betegségek

A szív- és érrendszeri működés autonóm vegetatív idegrendszeri szabályozására vonatkozóan elkészült tanulmányok segítenek azonosítani azokat a betegcsoportokat, amelyek nagyobb halálozási kockázatnak vannak kitéve a HRV-paraméterek csökkent értéke miatt, különösen infarktus utáni állapotban. Így a HRV-paraméterek hozzájárulhatnak a hagyományos rizikótényezőkkel (magas vérnyomás, szívelégtelenség stb.) együtt a prediktív érték javításához, a túlélés és halálozás előrejelzéséhez, mivel csökkent paraméterértékei hozzájárulhatnak a magas rizikójú posztinfarktusos betegek azonosításához, ahogy az ATRAMI-vizsgálat is igazolta.[9]

Egyéb klinikai betegségekben (cukorbetegséghez társuló autonóm idegrendszeri bántalom – diabéteszes neuropathia – korai jeleként) az LF és HF domén abszolút ereje (denzitása) csökkent, de – mivel az autonóm idegrendszer mindkét ágát érinti az elváltozás – a kettő aránya (normalizált egységekben történő összevetése) nem változik. Vizsgálják egyéb szívbetegségekben (szívtranszplantáció, pangásos szívelégtelenség, krónikus kéthegyű vitorlás billentyűelégtelenségben) és neurológiai problémákban (Parkinson-kór, Sclerosis multiplex, Guillain-Barré-szindróma) is a HRV-paraméterek összesített/globális vagy individuális

[8] MEDTRONIC Hungary Kft. által forgalmazott, NIRS (near infrared spectroscopy) elvén működő INVOS cerebrális (agyi) pulzoxymeter készülék és kapnográf.

[9] ATRAMI: Autonomic Tone and Reflexes After Myocardial Infarction – multicentrikus prospektív klinikai tanulmány.

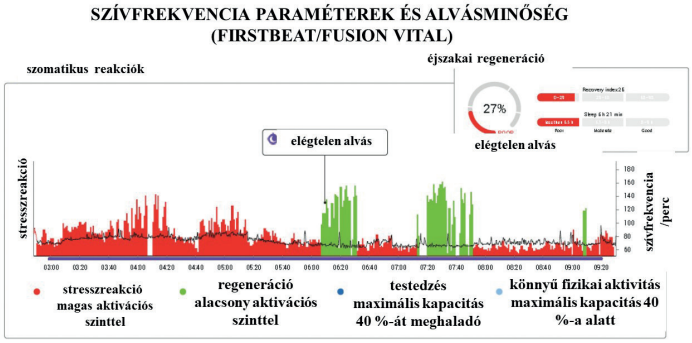
változóinak prognosztikai értékét. Az eredményeket mindig standardizált, hosszú EKG-felvételt statisztikailag elemző program segítségével kell egészséges nyugalmi EKG-felvétel HRV-paramétereivel összevetni [17].

Az Európai Kardiológiai Társaság idézett klinikai irányelve már felveti a HRV-paraméterek non-lineáris, dinamikus (rövid távú) változásait mérő és jellemző matematikai módszerek, algoritmusok alkalmazhatóságát is, amelyek jobban illeszkednek a szívciklus élettani változásaihoz (periodogram), akár stresszhelyzetben is.

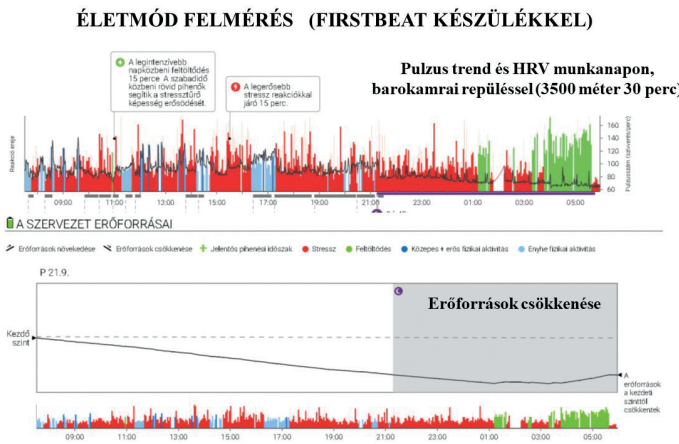
Ez a zsigeri idegrendszeri tónus okozta moduláció nemcsak az aktuális stressz-szintet jellemzi, hanem a longitudinális (akár többnapos) követéssel a kifáradás-kimerülés és a regenerációs folyamat objektivizálását is szolgálja, az alvás minőségét is jellemzi. (Gyártó cég és algoritmus függvényében még az alvás minőségére, a fizikai aktivitás megfelelő szintjére is ad egyfajta numerikus jellemzést, illetve ennek ismeretében életmódi (automatikus standardizált) ajánlást is ad, illetve többszöri méréssel longitudinálisan, folyamatosan követi a „teljesítmény" javulását (alacsonyabb stressz-szint mellett alacsonyabb nyugalmi és terheléses pulzusszám, kevesebb „rossz stressz" szituációra utaló „peckelő", rigid szívritmus, beszűkült RR-intervallum variabilitással. Természetesen ezek a komplex statisztikai jegyzőkönyvek már alapvetően a wellness/well-being/fitness marketing célú alkalmazásához vezetnek, amelyek a tudományos objektív eredményesség megítélését torzíthatják. Ugyanakkor (a céges profitorientált megjelenéstől függetlenül) nagyon hasznos, informatív útmutatót jelenthetnek amatőr és profi sportolók számára például az éjszakai regeneráció és az aktív tréning/sportverseny periodizálására, az optimális teljesítménynövekedés eléréséhez, hasznos lehet a cirkadián ritmus utazás okozta felborulása (jet lag) esetén is (természetesen itt az idő felbontás kevésbé fontos, a hosszabb monitorizálási időtartam és a mobilitás javára) (6. ábra) [18].

Katonai célú alkalmazása is felmerült: a fokozott (vagy napszakokat, egymást követő napokat összehasonlítva ismét fokozódó HRV (paraszimpatikus túlsúly) jelzi a kellő regeneratív képességet, amely csökkent szív- és érrendszeri halálozással és megbetegedési mutatókkal párosul. A Bodyguard 2 komplett rendszer Fusion Vital által alkalmazott szoftvere (automatikusan továbblépő idő- és frekvenciakeretek mellett, például Fourier-analízis alkalmazásával idő- és frekvenciadomén szerint) elemzi a nyers adatok internetes honlapra történő feltöltése után az egész napi aktivitást.

A Kanadai Fegyveres Erők keretében most kezdődött Fitness (edzettségi állapot felmérését célzó) Program tudományos elemzése például a haditengerészet katonáinak aktivitását követi 6 napon keresztül, összehasonlítva a stresszes munkanapok és a pihenőnap alatti pulzusvarianciát, ebből következtetve a stresszreakció okozta eltérésekre és a regeneráció hatékonyságára, a csökkenő rezerv (pszichés tartalék) minőségére [19]. Többnapos vizsgálat során ez már összevethető, akár analógiaként alkalmazva a repülésélettani megterhelés kapcsán jelentkező kifáradás és elégtelen alvás időbeli lefolyását is demonstrálni lehet (7. ábra).



6. ábra
Szívfrekvencia paraméterek (pulzus és HRV) színkódolt ábrázolása az alvásminőség jellemzésére [18]



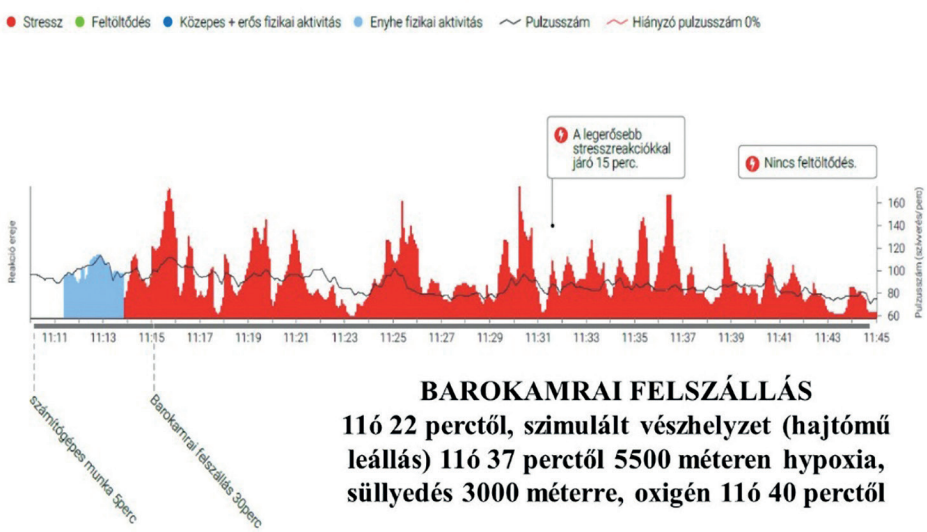
7. ábra
Pulzus trend és HRV alakulása barokamrai repülés napján, a rezerv csökkenésével
[saját felvétel, Fusion Vital Bodyguard 2 készülékkel]

HRV mint stresszparaméter és a repülés

Jelenleg a vegetatív idegrendszeri paramétereket longitudinális validálással (beleértve a HRV, vagy egyéb EKG-jel átlagolt paramétert a pulzusszám kivételével) egyik légierő sem alkalmazza szelekciós kritériumként. Ugyanakkor kutatási jelleggel, a stressz-szint jellemzésére például a finn légierő nagy hűségű földi szimulátorban, megközelítés-leszállás repülési fázisában, műszeres repülés körülményei között vizsgálja a pszichés kognitív terhelés alatt a szívfrekvencia és HRV-paraméterek (elsősorban az időtartomány-jellemzők) alakulását. (A pszichés terhelés

PMWL[10]-szintje a megközelítés előtti időtartam, vagyis a műszeres orientációra rendelkezésre álló idő csökkentésével növelhető, amíg a műszeres bejöveteli teljesítmény – ILS[11] – a standard elfogadott szint alá csökken.) A teljesítmény és HRV-paraméterek szignifikáns változásait összepárosítva a manőverezés során szinte valamennyi HRV-paraméter szignifikánsan változott. Összesítve a PMWL szellemi munkaterhelés alatt a HRV-paraméterek alakulását, különböző tanulmányok alapján kirajzolódik a vegetatív idegrendszer instabilitása, a paraméterek disztorziója révén: miközben az átlagfrekvencia növekszik, az LF frekvenciatartományban és az LF/HF hányadosban a szimpatikus tónusnövekedés egyértelműen megfigyelhető, a pulzus rigiddé válik [20].

Más kutatások a térbeli dezorientáció (vagyis a térbeli tájékozódóképesség elvesztése) kapcsán létrejövő stressz és a megelőzést szolgáló vizuális pásztázó technika (scanning) egymásra gyakorolt hatását vizsgálták, szintén magas hűségű (hi-fi) szimulátorban. 18 kiképzett pilóta levegő-föld feladat végrehajtása közben az eye-tracking (szemmozgásokat leképező berendezés) segítségével követték a szemmozgást (szkennelést) és a dezorientáció jeleit [21]. Kiderült, hogy a jobb térbeli tudatosságot (SA[12]) mutató pilóták alacsonyabb munkaterhelést érzékeltek, és a rossz SA-teljesítmény (= dezorientáció hajlam) magas stressz-szinttel (érzékelt munkaterheléssel) párosult. Jelentős különbségek voltak a feladat végrehajtása közben a fixáció („leragadás") tekintetében a pilóták között és a fixáció időtartamában is, amelyek a szemmozgás követésével objektivizálhatókká váltak.



8. ábra
HRV-monitorizálás eredményei barokamrai passzív VR-repülés közben, hypoxiás vészhelyzettel
[szerző saját regisztrátuma FusionVital Bodyguard 2 készülékkel]

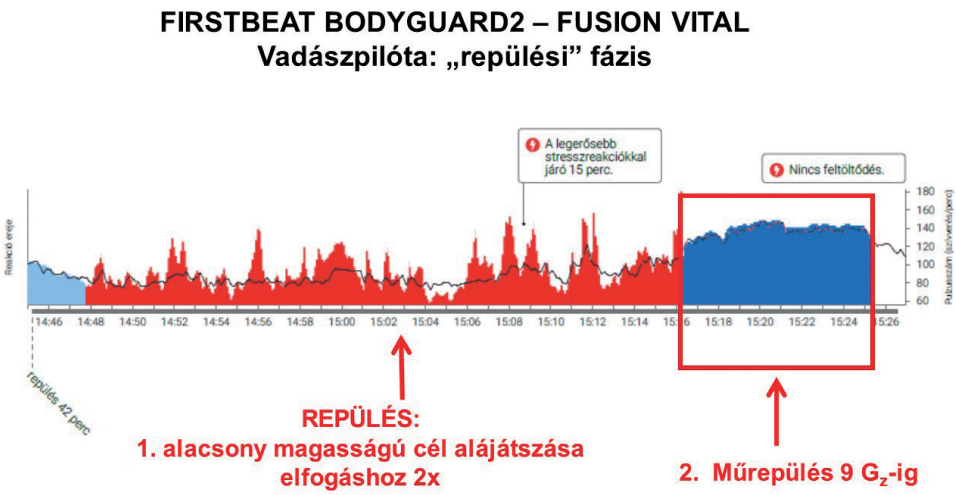
[10] PMWL: Pilot Mental Work Load – a pilóta mentális terhelési szintje.
[11] ILS – Instrument Landing System – műszeres bejöveteli és leszállási rendszer.
[12] SA – Situational Awareness – térbeli tudatosság, azaz orientáció és tájékozódóképesség.

Saját esettanulmányunk (amely alapján jelenleg standardizált barokamrai felszállási protokoll kialakítása folyik) azt mutatja, hogy a szimulált barokamrai VR repülési vészhelyzet közben a HRV-monitorizálás hasznos lehet a stressz-szint jellemzésére (8. ábra).

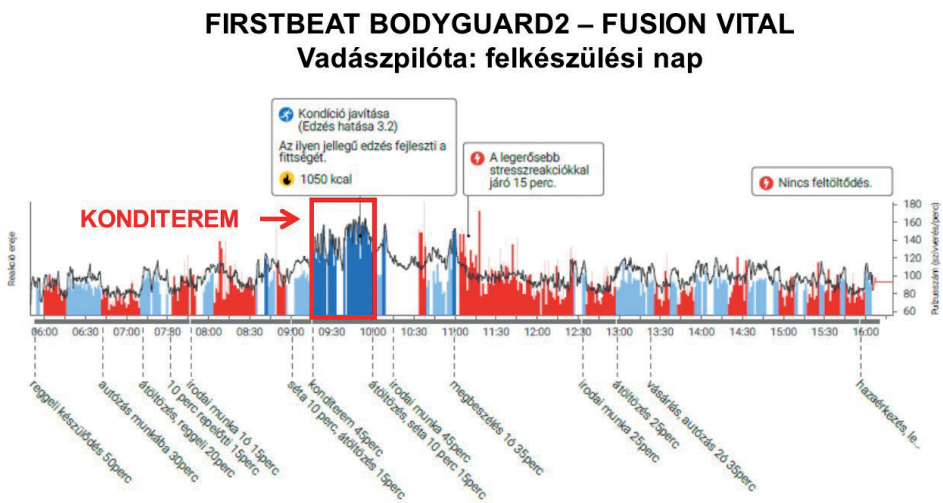
Ezzel párhuzamosan valós repülési helyzetben is mértük a HRV-trendeket, elsődlegesen felmérve a Bodyguard 2 készülék gyorsulás-túlterhelés tűrőképességét és összehasonlítva a repülésmentes (felkészülési vagy pihenőnap) és az operatív kiképzési nap (GRIPEN harci repülőn pilóta műrepülése és hivatásos ejtőernyős beosztásban lévő ejtőernyős ugrása) alatti szívfrekvencia-modulációt.

Megállapítható, hogy tapasztalt, a repülési/ugrási feladatra kiválóan képzett hajózó, illetve ejtőernyős számára az „éles bevetés" limitált időszaka nem jelent extrém megterhelést, még a normális fizikai kiképzés (konditerem) fizikai terheléséhez képest sem, utána pedig kellő ütemű a regeneráció. Ugyanakkor a 9 G_z (fej-láb irányú) túlterheléssel végrehajtott műrepülés alatti túlnyomásos légzéses rezsim vagotóniára (fokozódó paraszimpatikus tónusra) gyakorolt hatása is felismerhető: a kék szín a vagotóniára utaló fokozott pulzusvariancia, amely az AGSM légzésvisszatartás és izomfeszítés folyamatos kényszere miatt itt nem a stressz oka, hanem élettani következménye! A G (túlterhelés) tűrőképesség megítélésére viszont a HRV-görbe jól használható, amely alapján a bradycardia hajlam – pulzuslassulás rossz tűrőképességgel – időben felismerhető. Valós ejtőernyős ugrások kapcsán ejtőernyős növendékeknél az ugrás kritikus fázisaiban magasabb volt az átlagpulzus, csökkent az SDNN (egymást követő RR-távolságok szórása. A kiképzés során a pulzusszám csökkent, a HRV-paraméterek (RMSSD standard deviancia négyzetgyöke) és az LF/HF hányados nőtt, igazolva a paraszimpatikus tónus növekedését, a szimpatikus izgalmi állapot csökkenését (9–11. ábra) [22].

A pszichés terhelés (stressz-szint) és a HRV kapcsolatát vizsgáló nagy tanulmányokra vonatkozó metaanalízis szerint az indukált stressz kapcsán a HRV-paraméterek közül legkonzekvensebb változás az alacsony paraszimpatikus aktivitás volt, amely a HF (magas frekvenciasáv) csökkenésével (HF) és az alacsony frekvenciasáv (LF) növekedésével járt együtt. Szimultán végzett neuroimaging (agyi leképező, képalkotó) technikák alkalmazása arra utal, hogy a HRV eltolódása köthető bizonyos agyi területek aktivitásához (például ventromediális prefrontális agykérgi régió) [23].



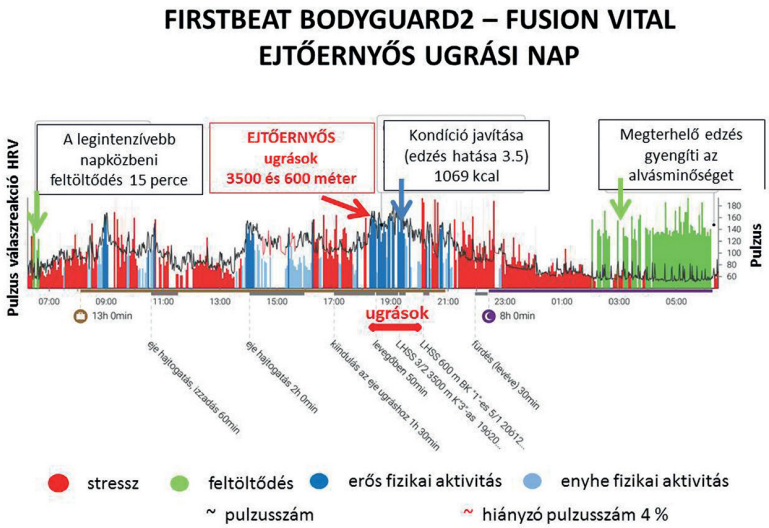
9. ábra
HRV-monitorizálás eredményei GRIPEN valós műrepülése során [saját szerkesztés]



10. ábra
HRV-monitorizálás eredményei GRIPEN pilóta felkészülési napja során [saját szerkesztés]

A kérgi aktivitást is természetes módon befolyásoló cirkadian ritmus felborulása (például akut alvásmegvonással) érintheti a vegetatív idegrendszer egyensúlyát. 36 órás teljes alvásmegvonás közben mért vigilancia pszichés tesztek (egyszerű reakcióidő-mérések az éberség megítélésére) eredményei azt mutatják, hogy a HF/LF és egyéb mutatók megnövekedett szimpatikotónia,

és csökkent paraszimpatikotónia irányába mozdulnak (főleg ülő testhelyzetben). Ez párhuzamba állítható a hosszú távú bevetés okozta kifáradás mérhető véralkohol-koncentrációval egyenértékű pszichés teljesítmény csökkkenésével [24]. Vannak a (különböző módon indukált) rövid távú fájdalom okozta HRV-paramétertorzulásokra és modulációkra vonatkozó elemzések is, amelyek az egyének közötti fájdalomtűrésbeli különbségeket magyarázhatják [25].



11. ábra
HRV-monitorizálás eredményei ejtőernyős ugrások során [saját szerkesztés]

Összefoglalás

A Magyar Honvédség technikai eszközrendszerének, személyi és infrastrukturális fejlesztésének nagyléptékű átfogó modernizációját célzó Zrínyi 2026 programban prioritást élvez a pilótaképzés teljes önálló, nemzeti spektrumának megteremtése A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Honvédtisztképző és Hadtudományi Karán a Katonai Repülő Intézetben a Légiközlekedési Szak beindítása kapcsán olyan jelöltek kiválogatására van szükség, akik pszichés és élettani mutatóik alapján képesek a 21. század katonai repülésében jelentkező repülésélettani kihívásoknak és információs stresszterhelésnek megfelelni. Magas szintű szenzoros képességek követelménye mellett a térbeli látás és tájékozódóképesség, a vizuomotoros (kéz-szem koordinációs) feladatok végrehajtási képessége és a multitasking (párhuzamos feladatok koordinált végrehajtása), a vészhelyzeti menedzselés hatékonysága, mindezek hátterében a stressztűrőképesség megítélése lehet fontos a jelöltek rangsorolásában.

A szív- és érrendszeri működés autonóm vegetatív idegrendszeri szabályozására vonatkozóan elkészült tanulmányok korábban segítettek azonosítani azon betegcsoportokat, amelyek nagyobb halálozási kockázatnak vannak kitéve a HRV-paraméterek csökkent értéke (magasabb

szimpatikotónia) miatt, különösen infarktus utáni állapotban. Így a HRV-paraméterek a klinikai gyakorlatban hozzájárulhatnak a hagyományos rizikótényezőkkel (magas vérnyomás, cukorbetegség) együtt a mortalitás (halálozás), illetve a túlélési esély (gyógyszeres kezelés hatékonyságának) megítéléséhez, a prediktív (jósló) érték javításához.

Egészséges fiatal, de nagy stressz-szint mellett, nem konvencionális beosztásokban dolgozók (például katonaság, azon belül katonai repülő-hajózó állomány) alkalmassági szűrővizsgálatánál jellemzően az emocionálisan stabil, alacsony stressz-szint mellett magas produktivitást mutató jelöltek élveznek prioritást. Ebben a csoportban a kognitív teljesítménymutatók összevetése (korreláltatása és szimultán értékelése) a mögöttes vegetatív idegrendszeri stabilitás (és gyors regeneráció, vagy reziliencia, lelki rugalmasság), vagy instabilitás (stressz és gyors kimerülés) HRV-mutatóival, esetleg az agyi vérátáramlás és a multicsatornás EEG nyújtotta direkt regionális agyi aktivitási jellemzőkkel hasznos lehet (bár ennek automatizált kiértékeléséhez neurobiológus, neuropszichológus és ideggyógyász szakember segítsége kell).

A kiképzett pilótáknál pedig a fenti képességek terén a teljesítmény longitudinális követése (éves vizsgálatok során az adatbázis összehasonlítása) nyújt információt és visszajelzést a pilóta aktuális szellemi munkavégző-képességéről és stressztűrő-képességéről. Barokamrában standardizált hypoxiás felszállás során a kognitív teljesítmény kényszere szimulátoron végrehajtott repülési feladattal egybekötve még informatívabb lehet a tényleges szellemi teljesítőképességről. Távlati célként fenti EKG HRV szenzoros követés és kiértékelési képesség fedélzeti alkalmazása (orvosi fekete doboz) is felmerül.

A repülésélettani kihívások hatását a stressztűrőképességre, a humán teljesítő képességre jelenleg kutatási projektben is vizsgáljuk, a GINOP-2.3.2-15-2016-00007 számú, „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (VOLARE)" projekt keretében. A kutatási projekt során megvalósuló, a pilóták éves repülőegészségügyi alkalmassági vizsgálataiba integrálódó funkcionális teljesítménydiagnosztikai vizsgálatok és a stresszmonitorozást biztosító HRV-készülék (Fusion Vital cég Firstbeat Bodyguard 2 szívfrekvencia-varianciát mérő készüléke) együtt alkalmas lehet a pilótát érő repülés-élettani kihívások során a vegetatív idegrendszert érő akut hatások jellemzésére, a szív- és érrendszeri rezerv kapacitás és regeneráció megítélésére. A beállított mérési módszerek alkalmasak lehetnek a pulzuslabilitás mérésével a stresszreakció jellemzésére.

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönetünket fejezzük ki Vada Gergely címzetes egyetemi docensnek, a Fusion Vital cég képviselőjének a Firstbeat Bodyguard 2 készülék rendelkezésre bocsátásáért és szakmai tanácsaiért.

Felhasznált irodalom

[1] S. A. Shappell, D. A Wiegmann, "A human error approach to accident investigation: The taxonomy of unsafe operations," *International Journal of Aviation Psychology,* vol. 7, no. 4, pp. 269–291, 1997. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0704_2

[2] J. Reason, "Human error: models and management," *British Medical Journal,* vol. 320, no. 7237, pp. 768–770, 2000. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768
[3] J. W. Chappelow, "Error and accidents," in: *Aviation Medicine,* J. Ernsting Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000, p. 599.
[4] NATO RTO/STO Tudományos Technológiai Szervezet – RTO TECHNICAL REPORT TR-HFM-118. SD (térbeli dezorinetációs) tréning – kiképzés és elkerülés, TG-039 Munkacsoport Zárójelentés, p. 23. 2008. [Online]. Elérhető: www.researchgate.net/publication/235197713_Spatial_Disorientation_Training_Demonstration_and_Avoidance (Letöltve: 2019. 03. 16.)
[5] S. A. Szabó, „Repülésélettani kihívások a hadműveleti tapasztalatok tükrében," *Repüléstudományi Szemelvények,* 2017, pp. 159–196.
[6] F. Weise, F. Heydenreich, and U. Runge, "Contributions of sympathetic and vagal mechanisms to the genesis of heart rate fluctuations during orthostatic load: a spectral analysis," *Journal of the Autonomic Nervous System,* vol. 21, no. 2–3, pp. 127–134, 1987. DOI: https://doi.org/10.1016/0165-1838(87)90015-4
[7] E. Láng, „Szívperiódus variabilitás," Oktatási segédanyag, Munka- és szervezetpszichológia, Budapesti Műszaki Egyetem, 2001.
[8] L. Izsó, *Developing Evaluation Methodologies for Human-Computer Interaction,* Delft, The Netherlands: Delft University Press, 2001, pp. 11–43., 88.
[9] R. Perini, S. Milesi, L. Biancardi, and A. Veicsteinas, "Effects of High Altitude Acclimatization on Heart Rate Variability in Resting Humans," *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology,* vol. 73, no. 6, pp. 521–528, 1996. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00357674
[10] Y. Yamamoto, Y. Hoshikawa, and M. Miyashita, "Effects of Acute Exposure to Simulated Altitude on Heart Rate Variability During Exercise," *Journal of Applied Physiology,* vol. 81, no. 3, pp. 1223–1229, 1996. DOI: www.doi.org/10.1152/jappl.1996.81.3.1223
[11] C. Povea, L. Schmitt, J. Brugniaux, G. Nicolet, JP. Richalet, and JP. Fouillot, "Effects of Intermittent Hypoxia on Heart Rate Variability during Rest and Exercise," *High Altitude Medicine & Biology,* vol. 6, no. 3, pp. 215–225, 2005. DOI: www.doi.org/10.1089/ham.2005.6.215
[12] T. Leino, "Normobaric hypoxia training in tactical F/A-18C Hornet simulator," előadás, 6th User Meeting, Graz, 2017. szeptember 17.
[13] E. Takács, I. Czigler, L. G. Pató, and L. Balázs, "Dissociated components of executive control in acute hypobaric hypoxia," *Aerospace Medicine and Human Performance,* vol. 88, no. 12, pp. 1081–1087, 2017. DOI: https://doi.org/10.3357/AMHP.4771.2017
[14] JS. Picard, DP. Gradwell, "Respiratory Physiology and Protection Against Hypoxia," in *Fundamentals of Aerospace Medicine,* J. R. Davis, R. Johnson, J. Stepanek, and J. A. Fogarty, Eds. Philadelphia, USA: Lippincot Williams & Wilkins, (4th Edition) 2008, pp. 20–45.
[15] M. C. Bonnom, Noöl-Jordan, and P. Therme, "Psychological Changes during Altitude Hypoxia," *Aviation, Space, and Environmental Medicine,* vol. 66, pp. 330–336, 1995.
[16] B. Fowler, D. D. Elcombe, B. Keslo, and G. Porlier, "The Threshold of Hypoxia Effect on Perceptual-Motor Performance," *Human Factors,* vol. 29, no. 1, pp. 61–66, 1987. DOI: www.doi.org/10.1177/001872088702900106
[17] M. Malik, J. T. Bigger, A. J. Camm, R. E. Kleiger, A. Malliani, A. J. Moss, and P. J. Schwartz, "Heart Rate Variability: Standards of measurements, physiological interpretation, and

clinical use," *European Heart Journal,* vol. 17, no. 3, pp. 354–381, 1996. DOI: https: //doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868
[18] FIRSTBEAT/Fusion Vital: A 360-degree Understanding Helps Get Athletes 100-percent Game Ready, [Online]. Elérhető: https: //content.firstbeat.com/firstbeat-guide-to-understanding-athlete-stress-and-recovery (Letöltve: 2018. 11. 25.)
[19] J. Martin, M. Spivock, "Firstbeat Brings Scientific Perspective to Canadian Armed Forces Fitness Study," ***firstbeat.com,*** [Online]. Elérhető: www.firstbeat.com/en/news/caf/ (Letöltve: 2018. 03. 15.)
[20] , H. Mansikka, P. Simola, K. Virtanen, D. Harris, and L. Oksama, "Fighter pilots' heart rate, heart rate variation and performance during instrument approaches," Ergonomics, vol. 59, no. 10, 1344–1352, 2016. DOI: www.doi.org/10.1080/00140139.2015.1136699
[21] C-s. Yu, E. M-y. Wang, W-C. Li, and G. Braithwaite, "Pilots' Visual Scan Patterns and Situation Awareness in Flight Operations," ***Aviation, Space, and Environmental Medicine,*** vol. 85, no. 7, pp. 708–714, 2014. DOI: https: //doi.org/10.3357/ASEM.3847.2014
[22] K. Mazurek, N. Koprowska, J. Gajewski, P. Zmijewski, F. Skibniewski, and K. Rózanowski, "Parachuting Training Improves Autonomic Control of the Heart in Novice Parachute Jumpers," *Biocybernetics and Biomedical Engineering,* vol. 38, no. 1, pp. 181–189, 2018. DOI: www.doi.org/10.1016/j.bbe.2017.11.004
[23] H-G. Kim, E-J. Cheon, D-S. Bai, Y-H. Lee, and B-H. Koo, "Stress And Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature," ***Psychiatry Investigation,*** vol. 15, no. 3, pp. 235–245, 2018. DOI: https: //doi.org/10.30773/pi.2017.08.17
[24] X. Zhong, H. J. Hilton, G. J. Gates, S. Jelic, Y. Stern, M. N. Bartels, R. E. DeMeersman, and R. C. Basner, "Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation," ***Journal of Applied Physiology,*** vol. 98, no. 6, pp. 2024–2032, 2005. DOI: www.doi.org/10.1152/japplphysiol.00620.2004
[25] J. Koenig, M. N. Jarczok, R. J. Ellis, T. K. Hillecke, and J. F. Thayer, "Heart rate variability and experimentally induced pain in healthy adults: a systematic review," ***European Journal of Pain,*** vol. 18, no. 3, pp. 301–314, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1002/j.1532-2149.2013.00379.x

STRESS AND FLIGHT
(Heart Rate Variability Parameters in Simulated and Real Flight Stress Situation)

Flight is inherently dangerous: in an emergency situation (such as a threat of hypoxia and overload, or in time-constraint) the pilot's actual physical-mental performance might deteriorate rapidly, accompanied by the imbalance of the vegetative nervous system, that is stress. The increased stress and the consequences (reduced sensorial perception, loss of situational awareness) can lead to erroneous physical acts and responses, itself revoking new stress and momentary incapacitation with a psychic background. Our target is to evaluate the physiological stress in ground-based aeromedical stressor settings (in barochamber simulated hypobaric hypoxia) combined with Virtual Reality as a visualised flight simulation. Furthermore, we accomplish real flight stress assessments, as well on board of Gripen multirole fighter aircraft and during parachute deployment. We evaluate the stress reaction of the heart-brain axis by Heart Rate

Variability (pulse variance) parameters produced by Firstbeat Bodyguard 2 and adapted to real flight (aerobatic flight of Gripen and paratrooper's jump).

Keywords: *aeromedical stressors, hypoxia and acceleration produced heart rate variability parameters, (pulse variance), VR (virtual reality) flight*

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója
Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék, mb. tanszékvezető, docens
sasi19620@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1362-4723

Dr. habil. Sándor András Szabó, PhD
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Lecturer in the Doctoral School of Military Engineering
University of Szeged
Faculty of Medicine
Department of Aviation and Space Medicine
Associate Professor, Acting Head of Department
sasi19620@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1362-4723

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

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_HUMAN" nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.



http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/248/168

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 95–113. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.7

Novoszáth Péter

A román regionális repülőterek működésének és fejlesztésének főbb jellemzői

E tanulmány legfőbb célja az, hogy megvizsgálja, Románia hol tart jelenleg a légi forgalom fejlesztésében. Milyen tényezők játszanak leginkább szerepet a román regionális repülőterek fejlődésében? Igaz-e az, hogy a román regionális repülőterek forgalma kiugróan nőtt az elmúlt években? Vajon a román regionális repülőterek forgalma valóban jóval dinamikusabban fejlődött az elmúlt négy évben, mint a magyar vagy az osztrák repülőterek? Igaz-e az, hogy egyes román regionális repülőterek forgalma mára már jóval meghaladja vonzáskörzetük, gyűjtőterületük nagyságát?

Kulcsszavak: *a román repülőterek szövetsége, a vidéki régiók versenyképességének növelése, regionális fejlesztések, regionális repülőterek, román regionális repülőterek, területi fejlesztések*

Bevezetés

A légi közlekedésben tapasztalható rohamos fejlődés nem csupán technikai kérdés, hanem abban politikai, gazdasági-társadalmi, természetföldrajzi okok egyaránt megfigyelhetők. A közép-európai országok helyzete az európai közlekedési térben közlekedésföldrajzi értelemben szerencsésnek mondható, hiszen már régóta az összekötő kapocs szerepét töltik be Nyugat- és a szorosabb értelemben vett Kelet-Közép-Európa között. Az idegenforgalom és a külföldi befektetések rohamos növekedésével a légi közlekedés szerepe is nagyban felértékelődött az elmúlt évtizedekben. Jelenlegi kutatásom alapvetően Közép-Európa lehetőségeit és kihívásait kívánja elemzően feltárni és ismertetni, különös hangsúlyt fektetve a légi közlekedésen belül a regionális repülőterek fejlődésére, katalizátor szerepére egy-egy régióban. A légi közlekedés nyújtotta lehetőségek szinte egyedülállók, amelyek az Európai Unióban rejlő lehetőségek fokozatos kihasználását is lehetővé teszik. Olyan kapcsolatok alakulhatnak ki országok, régiók, városok között, amelyek az európai fejlődés és a régiók felzárkózásának meghatározó elemei lehetnek. Egyre nyilvánvalóbb, hogy azok az országok, amelyek jól kiépített regionális repülőterekkel rendelkeznek, előnyben vannak azokkal szemben, amelyeknél csupán a főváros közelíthető meg légi úton [1].

E tanulmány célja annak a bemutatása ez irányú kutatásom alapján, hogy Románia hol tart ezen a téren, az ottani jelenlegi fejlődési trendekből milyen tanulságok vonhatók le a magyar vagy akár az egész közép-európai térség regionális repülőtér-fejlesztéseire befolyással lévő döntéshozók számára. Mely területeken érdemes és lehetséges közlekedéspolitikai és infrastrukturális együttműködéseket, közös projekteket szorgalmazni? A mostani

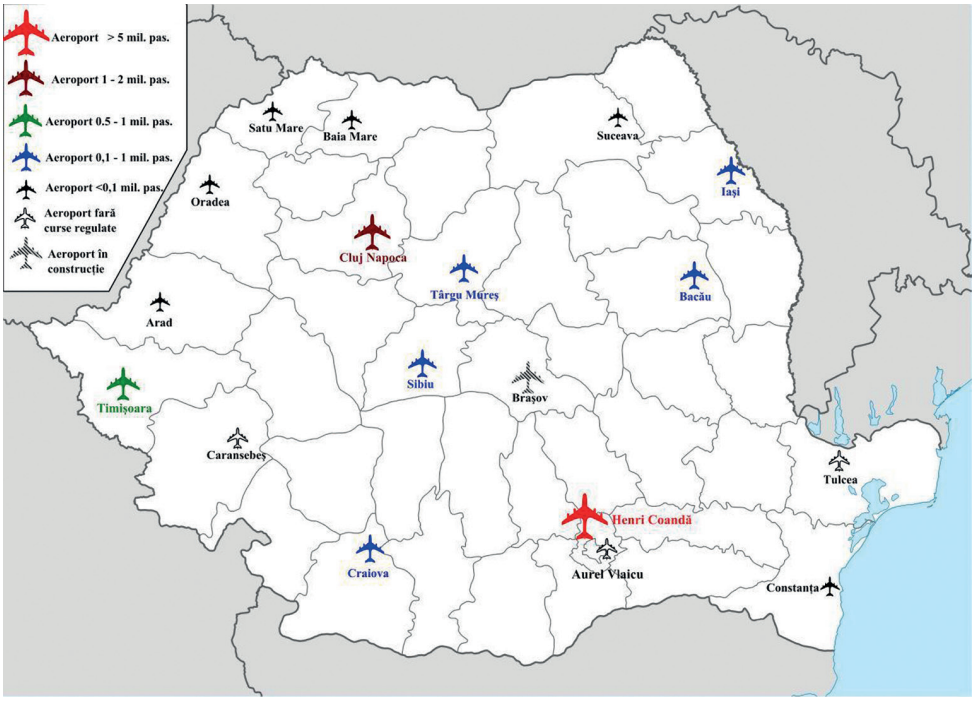
kutatásom alapadatai döntően a különböző repülőterek, légi közlekedési vállalatok légügyi hatóságok, repülőtéri szervezetek adatbázisaiból származnak. Ezen adatokra támaszkodva törekedtem a lehetséges összefüggések, tendenciák feltárására, az ebből származó következmények megállapítására. A repülőterek vizsgálatánál különösen nagy figyelmet fordítottam az utasforgalmi adatok változására és azok okaira.
Kutatásom során három hipotézis meglétét is vizsgáltam:

- a román regionális repülőterek utasforgalmának növekedésében jelentős szerepet játszott a turizmus elmúlt évekbeli rendkívül dinamikus növekedése,
- a román regionális repülőterek utasforgalma az elmúlt években lényegesen dinamikusabban nőtt, mint a magyar regionális repülőterek utasforgalma,
- a román regionális repülőterek utasforgalma ma már sokkal jelentősebb, mint sok hasonló vonzáskörzettel rendelkező osztrák és magyar repülőtéré.

A román regionális repülőterek legfőbb jellemzői

Románia egy viszonylag nagy ország és ezért az egyik helyről a másikra való eljutás sokszor nagyon nehéz lehet (vagy legalábbis hosszú időt vesz igénybe). Ugyanakkor Romániában több repülőtér is található, és ezek közül sok nemzetközi járatokat is kínál. Ez megkönnyíti a tervezett úticélok elérését. Romániában 17 repülőtér van a bukarestivel együtt, közülük jelenleg 16 működik (1. ábra). Tavaly több mint 21 millió 841 ezer utasuk volt a romániai repülőtereknek. Ebből közel 8 millió 21 ezer utas volt a román regionális repülőterek utasforgalma. Ebből az adatból szembetűnő, hogy a román légiközlekedés meglehetősen fővárosközpontú, hiszen a légi utasforgalom 63,28%-át a bukaresti repülőtér bonyolította le és csak a maradék 36,72%-ot a román regionális repülőterek. De ha ezt összevetjük azzal, hogy Magyarországon az összes légi forgalom 97,12%-a kapcsolódott Budapesthez és a légi utasforgalom maradék 2,88%-a a magyarországi regionális repülőterekhez, akkor válik nyilvánvalóvá, hogy mennyire el vagyunk maradva ezen a téren Romániától.

A legtöbb ember a bukaresti „Henri Coandă" nemzetközi repülőteret ismeri (más néven „Bukarest Otopeni"), mivel ez volt a korábbi neve. Jelenleg az egyetlen működő repülőtér Bukarestben, bár hamarosan, ha elkészül és lehetőség lesz repülni a másik bukaresti repülőtérről a Baneasáról is, ez a helyzet alapvetően megváltozik. Mivel a Bukarestből Temesvárra való utazás vonattal 9 órát vesz igénybe, és autóval sem rövidebb, miután az autópályák építése még mindig meglehetősen lassan halad Romániában, ezért értelemszerűen felmerül a lehetőség, hogy miért is ne repüljünk közvetlenül Temesvárra vagy Kolozsvárra körülbelül egy óra alatt. Vagyis az országon belüli nagy távolságok és a más közlekedési módok infrastruktúrájának viszonylagos fejletlensége eleve jelentős igényeket generálnak a légi forgalom, elsődlegesen persze a belföldi légi forgalom iránt.



1. ábra
A román nemzetközi repülőterek elhelyezkedése [2]

Regionális repülőtér nemzetközi jelentőséggel – Kolozsvár Avram Iancu nemzetközi repülőtér

Az Avram Iancu nemzetközi repülőtér (2. ábra) Kolozsváron, Erdély egyik legnagyobb városának központjában található, földrajzilag, gazdaságilag, történelmileg és kulturálisan, a történelmi régió szívében helyezkedik el. A repülőtér az E576-as úton található, körülbelül 10 km-re keletre Kolozsvár városközpontjától és 12 km-re a vasútállomástól. A méret és a helyszín Erdély fő repülőterévé teszi (Északnyugat-Románia). A Kolozsvári Avram Iancu nemzetközi repülőtér által az utasok számára kínált célállomások változatosak, tekintettel arra, hogy Európában és a Közel-Keleten több mint 20 hazai és nemzetközi úti cél is van 20 célországgal, amelyeket a Tarom, a Wizz Air, a Lufthansa, a Lot Polish Airlines, a Blue Air, a Ryanair, a Turkish Airlines és más légitársaságok üzemeltetnek. Az utasok repülhetnek ide a világ minden tájáról, mivel a repülőtér kapcsolódik a főbb európai csomópontokhoz.



2. ábra
A kolozsvári Avram Iancu repülőtér [3]

Ez a repülőtér tökéletes választás azoknak, akik az ország északi és északnyugati részén szeretnének belépni az országba. A kolozsvári Avram Iancu nemzetközi repülőtér Kolozs megye Tanácsának 1997 óta fennálló szervezete. Románia második legnagyobb repülőtere és az első a regionális repülőterek között Romániában. Kolozsvárnak valamivel több mint 300 ezer, míg Kolozs megyének mintegy 700 ezer lakosa van. Hasonlítsuk össze a kolozsvári repülőteret olyan osztrák város repülőterével, mint Graz, amely lakosainak száma közel 284 ezer volt 2017-ben. Graz annak a Stájerországnak a székhelye, amelynek a lakossága több mint 1 millió 200 ezer, és amelynek a repülőtere minden évben mintegy 1 millió utasforgalmat bonyolít le, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a Kolozsvári Avram Iancu nemzetközi repülőtér utasforgalma Grazcal szemben már 2017-ben jelentősen meghaladta a 2 és fél milliót (1. táblázat).

1. táblázat
A kolozsvári repülőtérről járatokat indító főbb légitársaságok és jelentősebb elérhető úti célok [4]

Légitársaságok	**Úti célok**
Aegean Airlines	Szezonális charter: Heraklion, Rodosz
Air Bukarest	Szezonális charter: Antalya, Sarm es-Sejk (2019. április 3-tól)
AlMasria Univer-sal Airlines	Szezonális charter: Heraklion, Sarm es-Sejk
Atlas Global	Szezonális charter: Antalya
Blue Air	Bukarest, Dublin, Tel-Aviv – Ben Gurion (2019. június 30-ig) Szezonális: Konstanca Szezonális charter: Antalya, Korfu, Enfidha, Heraklion, Hurghada, Zakynthos
Corendon Airlines	Szezonális charter: Antalya
Ellinar	Szezonális: Heraklion
FlyEgypt	Szezonális charter: Hurghada, Sarm es-Sejk
Freebird Airlines	Szezonális charter: Antalya
LOT	Varsó – Chopin
Lufthansa	Frankfurt, München
Nouvelair	Szezonális charter: Monasztir
Onur Air	Szezonális charter: Antalya
Pegasus Airlines	Szezonális charter: Antalya
Ryanair	London – Southend (2019. április 2-től)
TAROM	Bukarest, Iaşi Szezonális charter: Antalya, Bodrum, Hanía, Korfu, Rodosz, Szkíathosz, Zákinthosz

Légitársaságok	Úti célok
Turkish Airlines	Isztambul – Atatürk (2019. április 4-ig), Isztambul (2019. április 5-től)
Wizz Air	Barcelona, Bari, Bázel – Mulhouse, Bergamo, Berlin-Schönefeld, Bécs, Billund, Birmingham, Bologna, Charleroi, Köln/Bonn, Doncaster/Sheffield, Dortmund, Dubai – Al Maktoum, Eindhoven, Hahn, Larnaca, Liverpool, London – Gatwick (2019. március 31-től), London – Luton, Lyon, Madrid, Malmö, Málta, Memmingen, Nürnberg, Róma – Fiumicino, Tel-Aviv – Ben Gurion, Treviso, Valencia, Zaragoza
Áruszállítás	
DHL Aviation	Budapest
Silver Air	Temesvár
UPS Airlines	Bukarest – Henri Coandă, Köln – Bonn
TAROM	Bukarest

De ha Felső-Ausztria székhelyét, Linzet vesszük alapul, amelynek a lakossága közel 194 ezer, míg Felső-Ausztria tartománya közel másfél millió lakossal bír is hasonló eredményre juthatunk. A linzi repülőtér utasforgalma ugyanis az elmúlt két évben nem érte el a félmilliót.

Kolozsvár repülőtere Románia második legforgalmasabb repülőtere az utasok számát tekintve a Bukaresti Henri Coandă repülőtér után. Ugyanakkor kétségtelen az, hogy Kolozsvár városa körül 170 km-en belül mintegy 3 millió potenciális utas van, akiknek a kiszolgálása manapság nem kis fejtörést okoz a kolozsvári repülőtér vezetőinek. Ez a kihívás eredményezte, hogy rendkívül intenzív fejlesztési programot indítottak útjára 2016-ban, amelynek a fő állomásai az alábbiak voltak [5]:

- A leszálló/felszálló futópálya meghosszabbítása
  - műszaki és gazdasági dokumentáció kidolgozása – megvalósíthatósági tanulmány: 2017;
  - műszaki projekt kidolgozása és a beszerzési eljárások megkezdése: 2017;
  - munkavégzés: 2017–2019;
  - technikai sajátosságok:
    - végleges hossz, hosszabbítás után: 3420 m;
    - szélesség: 45 m + 2 váll 7,5 m;
    - PCN vetített: 105 R/B/W/T;
    - jelzőlámpás II. kategóriájú rádiós navigációs berendezés.
- A légijármű-parkoló platform felépítése és a kiszolgáló területek kiterjesztése
  - műszaki és gazdasági dokumentáció kidolgozása – megvalósíthatósági tanulmány: 2016;
  - a beszerzési eljárások megkezdése: 2016;
  - a munka ütemezése és végrehajtása: I. szakasz: 2016–2017; II. szakasz: 2017–2018;
  - technikai sajátosságok:
    - kapacitás: I. szakasz: 3 parkolóhely B 737–800 repülőgépek számára;
    - II. szakasz: 3 parkolóhely B 737–800 repülőgépek számára;
    - épített felület: I. szakasz: 27 451 mp, II. szakasz: 17 302 mp;
    - PCN: PCN 80 R/B/W/T – PCN 105 R/B/W/T.
- Az utasterminálján korszerűsítése – az utaskiszolgálás kapacitásának kibővítésével
  - műszaki és gazdasági dokumentáció kidolgozása – megvalósíthatósági tanulmány: 2016;

- a beszerzési eljárások megkezdése: 2016;
- a munka ütemezése és kivitelezése: 2016–2017;
- technikai sajátosságok:
  - **belsőépítészeti felület: 1000 mp;**
  - **kiegészítő kapacitás: 2 új kapu az utas bejárására – 1000 mp.**

✈ Intermodális közlekedési infrastruktúra fejlesztése az utas- és az áruforgalom számára
- a műszaki projekt befejezése: 2014;
- a beszerzési eljárások megkezdése: 2017;
- a munka végrehajtása: 2017–2018;
- technikai sajátosságok:
  - **rakománykapacitás: 50 ezer tonna évente;**
  - **a cél teljes felülete: 46 570 mp;**
  - **rakománycsarnok felszíne: 6188 mp;**
  - **a következő épületekből áll: rakománycsarnok, platform a kamionok mozgásához és parkolására, biztonsági és ellenőrzési pont, tűzvédelmi tartály és szivattyúhelyiség.**

A kolozsvári repülőtér hosszú távú prognózisa szerint 2020-ra 2 millió 890 ezer, 2025-re 3 millió 650 ezer, míg 2030-ra 7 millió utasforgalma lesz a repülőtérnek [6].

Traian Vuia Nemzetközi Repülőtér (Temesvár)

Románia harmadik legnagyobb és legnépszerűbb repülőtere, tökéletes azok számára, akik az ország délnyugati részén vagy Magyarországhoz, vagy Szerbiához közel szeretnének belépni Romániába. A repülőtér Temesvár (Timisoara) északnyugati részén, 12 km-re található a város központjától. A repülőtér Temesvártól Bukarestig vezető E70-es európai út mellett helyezkedik el (3. ábra).

2. táblázat
A Temesvári repülőtérről járatokat indító főbb légitársaságok és jelentősebb elérhető úti célok [7]

Légitársaságok	**Úti célok**
Aegean Airlines	Szezonális charter: Heraklion
Air Bukarest	Szezonális charter: Antalya, Enfidha (2019. május 25-től)
Blue Air	Szezonális: Bukarest, Constanta Szezonális charter: Antalya, Heraklion, Hurghada, Rodosz, Zakynthos
Corendon Airlines	Szezonális charter: Antalya
Eurowings	Stuttgart (2019. június 3-tól)
FlyEgypt	Szezonális charter: Sarm es-Sejk (2019. június 13-tól)
Freebird Airlines	Szezonális charter: Antalya
Lufthansa	Frankfurt, München
Ryanair	Bergamo, Bukarest
TAROM	Bukarest, Iaşi Szezonális charter: Antalya, Santorini, Szkíathosz

Légitársaságok	Úti célok
Wizz Air	Barcelona, Bari, Bergamo, Beauvais, Billund (2019. július 3-tól), Bologna, Charleroi, Doncaster/Sheffield (2019. július 1-től), Dortmund, Hahn, Karlsruhe (2019. július 3-tól), London – Luton, Madrid, Memmingen, Nürnberg (2019. július 1-től), Róma – Ciampino, Tel-Aviv – Ben Gurion, Treviso, Valencia
Áruszállítás	
Airest	Budapest
DHL Aviation	Budapest
FedEx Express	Liege, Katowicze
Silver Air	Kolozsvár
UPS Airlines	Köln–Bonn, Szófia

Az utasforgalom növekedése az elmúlt években egyrészt az új célállomásokra induló légi járatoknak a London – Stansted, Berlin, Düsseldorf – Weeze felé és a Ryanair légitársaság által megnyitott célállomásokra – Bukarest, Milano – Bergamo, Brüsszel Charleroi, Frankfurt – Hahn – irányuló megnövekedett forgalomnak köszönhető (2. táblázat).

A repülőtér forgalma az elmúlt tíz évben jelentősen nőtt, habár a Carpatair távozása után egy ideig drámai csökkenés volt tapasztalható. A repülőtér utasforgalma 2010-ben még az első volt a román regionális repülőterek között, amelynek éves utasforgalma meghaladta az egymillió utast. Ekkor még Kolozsvárral fej-fej mellett vetekedett a román regionális repülőterek között a legforgalmasabb címért. Ezt követően azonban 2013-ban és 2014-ben jelentős csökkenés következett be, amikor a svájci tulajdonban lévő román légitársaság nehéz pénzügyi helyzete hatására temesvári bázisa megszüntetésére kényszerült. Ezt követően a Wizz Air vette át a Carpatair helyét a repülőtéren és ezzel a 2015-ig tartó negatív növekedési trend lezárulhatott és újra erőteljes növekedésnek indult a repülőtér forgalma. Ennek eredményeként az utasforgalom 2015-ben már 924 459 fő volt és 2016-ban pedig ismét egymillió fölé 1 160 482 utasra emelkedett. Ezt követő két évben pedig már másfél millió fölé nőtt az utasforgalom.

Ezzel egy időben, a repülőtér áruforgalmában is dinamikus növekedés következett be. Amíg a repülőtér teljes éves áruforgalma még 1600 tonna volt 2013-ban, 2018-ra már több mint háromszorosára nőtt. Az előző évi áruforgalom 2014-ben 1937 tonnára (21,1%-kal), 2015-ben 2606 tonnára (34,5%-kal), 2016-ban 3887 tonnára (49,2%-kal), 2017-ben 4586 tonnára (17,9%-kal), 2018-ban pedig 5939 tonnára (29,5%-kal) nőtt. Összehasonlításul a magyarországi regionális repülőterek összes éves áruforgalma a KSH kimutatásai szerint 2017-ben összesen 361 tonna volt.



3. ábra
A Temesvári nemzetközi repülőtér [8]

Temesvár nemzetközi repülőterét a többségi állami tulajdonú tőkével rendelkező Traian Vuia részvénytársaság üzemelteti, amely gazdasági alapon szerveződik és működik. A finanszírozás forrásai saját bevételekből, az állami költségvetésből, banki hitelekből, külső szerződésekből vagy az állam által garantált hitelekből származnak, amelyeket a közösségi versenyszabályoknak megfelelően nyújtanak, ezt egészítik ki a hatályos törvények alapján nyújtott vissza nem térítendő külföldi pénzeszközök, valamint a magántőke és más különféle jogilag megalapozott források.

Az SN Timisoara Nemzetközi Repülőtér – Traian Vuia SA működését jelenleg elsősorban az alábbi jogszabályok határozzák meg [9]:

- a 15/1990. törvény az állami gazdasági egységek és kereskedelmi társaságok átszervezéséről (közzétéve az 1990. augusztus 8-i Hivatalos Közlönyben);
- Korm. határozat 38/1997. A romániai repülőterek tevékenységének átszervezéséről (közzétéve a Hivatalos Közlöny 34/4. márciusi számában);
- Korm. határozat 521/1998. „A Temesvár Nemzetközi Repülőtér" SA Nemzeti Társaság létrehozásáról (közzétéve a Hivatalos Közlöny 1998. szeptember 7-i 334. számában);
- Korm. határozat 521/1998. „A Temesvár Nemzetközi Repülőtér" SA Nemzeti Vállalat létrehozásáról szóló határozat 2003. évi módosításáról (közzétéve a Hivatalos Közlöny, 2003. februári 93/14. számában);
- Korm. határozat a nemzeti érdekű repülőterek létrehozására vonatkozó egyes normatív jogi aktusok módosításáról (közzétéve a Hivatalos Közlönyben, 2008. október 7-én).

Iaşi Nemzetközi Repülőtér (Jászvásár)

Ha Moldovába vagy az ország északkeleti részébe szeretne eljutni valaki, ez a repülőtér a legjobb választás. Ez az a repülőtér, amely a forgalom alapján Románia negyedik legnagyobb nemzetközi repülőtere. A Iaşi repülőtér forgalomgyűjtő területe elsősorban Iaşi megye

és a szomszédos megyék: Bacaut, Botosanit, Neamt, Suceavat és Vasluit. A szomszédos Moldova is idetartozik, mivel nagyszámú román állampolgára van, és az oda, illetve onnan utazók elsősorban Iaşi repülőterét használják. Tehát hat romániai megye, az északkeleti régió része, összességében több mint 3,8 millió lakos és 37 000 km^2 terület alkotja a Iaşi repülőtér vonzáskörzetét és ezért lett Románia északkeleti részének legfontosabb és legnagyobb forgalmú regionális repülőtere (4. ábra).



4. ábra
A Iaşi nemzetközi repülőtér [10]

3. táblázat
A Iaşi repülőtérről járatokat indító főbb légitársaságok és jelentősebb elérhető úti célok [11]

Légitársaságok	**Úti célok**
Aegean Airlines	Szezonális charter: Heraklion
Air Bucharest	Szezonális charter: Antalya, Enfidha (2019. május 25-től)
Austrian Airlines	Bécs
Blue Air	Barcelona, Beauvais, Brüsszel, Bukarest, Köln, London, München, Róma Szezonális: Torino Szezonális charter: Antalya, Korfu, Hurghada (2019. május 24-től)
Corendon Airlines	Szezonális charter: Antalya
TAROM	Bukarest, Kolozsvár, Tel-Aviv – Ben Gurion, Temesvár Szezonális charter: Antalya, Chania, Rodosz
Wizz Air	Beauvais, Bergamo, Billund, Bologna, Catania, Charleroi, Dortmund, Eindhoven, Larnaca, Liverpool, London – Luton, Róma – Ciampino, Tel-Aviv – Ben Gurion, Treviso

A Iaşi repülőtéren működő legfontosabb légitársaságok a Tarom, a Wizz Air és a Blue Air. A nyári szezonban ezeken kívül a Iaşi repülőtérről az Air Bucharest, az Aegean és a Corendon légitársaság üzemeltet charterjáratokat Antalyába, Enfidhába és Heraklionba (3. táblázat).
A repülőtér utasforgalma 2010-óta közel a nyolcszorosára nőtt, 159 615 utasról 1 millió 256 640 utasra. A Iaşi repülőtér utasforgalma először a története során 2017. november 13-án haladta

meg az 1 millió utast. Az utasforgalom növekedése különösen 2015 után az alacsony költségvetésű légitársaságok, a Wizz Air és a Blue Air térnyerésével gyorsult föl. Ennek hatására nőtt a 2015-ös 381 709 főről az utasforgalom 329,8%-kal 1 millió 200 ezer fölé.

A Iaşi International Airport 2013-ban hosszú távú, többlépcsős frissítési programot indított. A projekt I. modulja mintegy 57 millió euró értékű beruházás egy új kifutópálya, egy terminálépület és a repülőtéri forgalmi előtér területének kiterjesztése 2015 novemberében fejeződött be. Ezen belül az új 14/32 kifutópálya első 1800 m-es (5906 láb) üzembe helyezése 2014. augusztus 20-án megtörtént, míg a teljes 2400 m hosszúság (7874 láb) 2014. október 16-án lett teljesen működőképes. A 15/33-as régi futópályát taxiúttá alakították át. A harmadik terminálépületet (T3) üzembe helyezték 320 Pax/óra feldolgozási kapacitással, 2015. október 17-én. Egyúttal 2015 októberében egy olyan új projekt indult, amely többek között a meglévő T2 terminál bővítését foglalta magában, megduplázva annak területét. Hosszabb távon a fejlesztési projekt további modulok keretében egy új utasterminál, egy új repülőtéri forgalmi előtér, két gyorsjáratú taxi út, egy áruterminál, egy repülőgépüzemanyag-raktár, egy új belépőút és a futópálya 600 méterrel történő kiterjesztését 3000 m hosszúságig tartalmazza [12].

Nagyváradi (Oradea) Nemzetközi Repülőtér

Nagyvárad Románia egyik leggyorsabban és leglátványosabban fejlődő városa, összekötő kapu Kelet- és Nyugat-Európa között. Magyarország határától mintegy 10 km-re található. A repülőtér mindössze 6 km-re található a városközponttól, a DN79 országút mentén (5. ábra). A régió fővárosai belátható távolságokra találhatók tőle: Bukarest – 585 km, Budapest – 306 km, Bécs – 551 km, Prága – 837 km, Pozsony – 459 km, Belgrád – 324 km. Ebből is kitűnik, menynyire központi helyen fekszik a város a térségben.

Belföldi menetrendszerinti és charterjáratokat a romániai nemzeti légitársaság, a Tarom és a Blue Air működtetett tavaly Bukarestbe, közvetlen átszállással Jászvárosba, valamint a nyári időszakban a Fekete-tenger partján található Konstancába (Blue Air).

4. táblázat

A Nagyváradi repülőtérről járatokat indító főbb légitársaságok és jelentősebb elérhető úti célok [13]

Légitársaságok	**Úti célok**
Air Bukarest	Szezonális charter: Antalya
Almasria Universal Airlines	Szezonális charter: Hurghada
Blue Air	Bukarest Szezonális: Konstanca
Corendon Airlines	Szezonális charter: Antalya
TAROM	Bukarest

A nyugat-romániai reptérről korábban a következő nemzetközi célállomásokra lehetett eljutni a Ryanair menetrendszerinti járataival: heti két járattal Milánóba (Bergamo), Barcelonába (Girona) és a németországi Memmingenbe, heti hárommal pedig Londonba (Stansted) és a német-holland határ közelében lévő Düsseldorfba (Weeze), de 2018 márciusában a légitársaság bejelentette, hogy a repülőtérről visszavonul. Ez annak ellenére következett be, hogy a helyi tisztviselők azt állítják, hogy a vállalat ex-ante rendszer keretében támogatást kapott,

és a foglalási aránya több mint 85%, illetve 95% volt, és a repülőtér jelentősen alacsonyabb tarifákat alkalmazott, mint a régió többi repülőtere.

A romániai légikikötőt 2016-ban a kontinens legdinamikusabban fejlődő repterének minősítette az ACI (Repülőterek Nemzetközi Tanácsa). Az elmúlt esztendőben a Nagyváradi Nemzetközi Repülőtéren 220 012 utas fordult meg, ami közel három és félszeres növekedést jelentett a 2015-ben regisztrált 63 329 utashoz képest. Az utasforgalom erőteljes növekedése elsődlegesen a különféle új, belföldi és nemzetközi menetrendszerinti és charterjáratok indításának, illetve a járatszámok bővítésének eredményeképpen valósult meg. A járatok száma 2017-ben több mint duplájára nőtt, ami évi közel 3000 járatot jelentett [14]. Mára mindez már a múlt és egyelőre nem tudni, hogy hogyan alakul a repülőtér jövőbeni sorsa (4. táblázat).

Az Oradea NATO Kiválósági Központjában részt vevő valamennyi repülőgép az Oradea nemzetközi repülőterét használja. A repülőtér 2009 áprilisa óta tagja a NATO Kiválósági Központok (COE) hálózatának.

A román közlekedési minisztérium, mint irányító hatóság a 2007–2013 közötti közlekedési operatív program keretén belül, valamint a nagyváradi repülőtér finanszírozási szerződést kötött 2014. február 2-án a nagyváradi repülőtéren „a repülőtéri felületek korszerűsítése és bővítése" projekt megvalósítására.



5. ábra
A Nagyváradi nemzetközi repülőtér [15]

A „repülőtéri felületek korszerűsítése és bővítése" projekt főbb elemei az alábbiak voltak:

- a meglévő kifutópálya teljes felújítása – az új kifutópálya teljes hossza 2100 m szélessége 45 m;
- két gurulóút (taxi way) ALFA és BRAVO;
- egy új parkoló 6 darab C kategóriájú repülőgép fogadásához;
- úthálózati besorolás – PCN 55 R/D/W/T – C-kódos repülőgépek fogadására alkalmas repülőtér (3-as kód) –, illetve alkalmanként D-kódos gépek fogadása (referencia repülőgépek Boeing 737 és Airbus 320);
- világítórendszer teljes korszerűsítése – II-es kategóriába való besorolása, amely megfelel az ICAO és RACR szabványoknak;
- új áramszolgáltató üzem kialakítása;
- új vízelvezető-rendszer kialakítása.

A kifutópálya korszerűsítése 2015. október 30-án fejeződött be.

Mihail Kogalniceanu repülőtér (Konstanca)

A Mihail Kogalniceanu repülőtér (IATA: CND , ICAO: LRCK) Délkelet-Romániában, Mihail Kogalniceanu községében, Konstancától észak-északnyugatra 26 km-re található (6. ábra). A Dobrudzsa régió fő repülőtere, és Konstanca megyéhez, Konstanca kikötőjéhez és a Fekete-tenger üdülőhelyeihez biztosít hozzáférést. A repülőteret Mihail Kogalniceanuról, Románia harmadik miniszterelnökéről nevezték el.

A Mihail Kogalniceanu nemzetközi repülőtér katonai szektora jelenleg a 86. légi bázishoz tartozik és 1999 óta alkalmanként az Amerikai Egyesült Államok Légierői használják.



6. ábra
A Konstancai nemzetközi repülőtér [16]

Mihail Kogalniceanu repülőterét 1960-ban nyitották meg polgári műveletek számára is. Ezt követően 1962-ben a repülőtéren egy 200 utas/óra kapacitású utasterminált építettek, majd öt évvel később 300 utas/óra kapacitásúra bővült ez a terminál. Egy jelentős bővítés eredményeként 1974-ben tovább nőtt az utasterminál kapacitása, immáron 1000 fő/óra értékre. A repülőtér forgalma 1979-ben elérte a 778 766 utast, amikor a román Riviéra külföldi turizmusa még igen jelentős volt.

A Mihail Kogalniceanu nemzetközi repülőtér forgalma 2017-ben 127 635 utas volt, 2016-hoz képest 34,9%-kal nőtt. Míg 2018-ban az utasforgalom 129 235 volt, ami 2015-höz képest több mint 7 és félszeres növekedést jelentett. A kiugró fejlődés két alacsony költségvetésű légitársaságnak, a Blue Air és a Wizz Air járatnyitásainak köszönhető (5. táblázat).

5. táblázat
A Konstancai repülőtérről járatokat indító főbb légitársaságok és jelentősebb elérhető úti célok [17]

Légitársaságok	Úti célok
Blue Air	Szezonális: Beauvais, Bergamo, Brüsszel, Kolozsvár, Nagyvárad, Temesvár
Nordica	Tallinn
TAROM	Satu Mare
Turkish Airlines	Isztambul – Atatürk, Isztambul
Wizz Air	London – Luton

Romániának még 4 repülőtere van, ahol az utasforgalom elérte vagy megközelítette a félmilliót. A Nagyszebeni repülőtéren 2018-ban már több mint 660 ezer utast regisztráltak, a craiovai és a bákói reptereken is meghaladta az utasforgalom a 400 ezret, míg a szucsávai repülőtér utasforgalma 352 991 fő volt 2018-ban. Összehasonlításul Magyarországon a legnagyobb utasforgalmat a regionális repülőterek közül a debreceni repülőtér érte el, 318 ezer utassal. Romániában 7 olyan regionális repülőtér működik, amely ennél lényegesen nagyobb utasforgalmat volt képes generálni és lebonyolítani a közelmúltban.

A román regionális repülőterek utasforgalmának alakulása – romániai „légi utas boom"

A romániai regionális repülőterek utasforgalma megkétszereződött 2015-óta, 4 év alatt. A romániai vidéki repülőterek utasforgalma gyorsabb ütemben nőtt ebben az időszakban, mint a bukaresti repülőtéré. A romániai regionális légikikötők, amíg 2015-ben még valamivel több, mint 4 millió utast fogadtak, addig 2018-ban az általuk lebonyolított utasforgalom már meghaladta a 8 milliót. A Romániában legforgalmasabbnak számító regionális repülőtérnek, a kolozsvári Avram Iancu repülőtérnek tavaly csaknem 2,8 millió utasa volt. A legnagyobb növekedést Konstanca repülőtere érte el, ahol több mint 7 és félszeresére nőtt a repülőtér utasforgalma 2015 és 2018 között. A második legnagyobb bővülést a marosvásárhelyi repülőtér produkálta, ahol közel ötszörösére nőtt az utasforgalom 4 év alatt (6. táblázat).

6. táblázat
A román regionális repülőterek utasforgalmának alakulása, 2015 és 2018 között [18]

		2015	2016	2017	2018	Változás
1.	Cluj Avram Iancu International Airport	1 485 652	1 884 645	2 688 388	2 782 401	187,3%
2.	Traian Vuia International Airport	924 459	1 161 612	1 621 529	1 517 309	164,1%
3.	Iaşi International Airport	381 000	881 157	1 146 218	1 256 640	329,8%
4.	Sibiu International Airport	364 492	414 676	503 906	662 468	181,8%
5.	Craiova International Airport	336 694	366 065	447 227	493 056	146,4%
6.	George Enescu International Airport	276 533	287 412	425 733	447 531	161,8%
7.	Ştefan cel Mare Airport	116 947	222 320	262 165	352 991	301,8%
8.	Oradea Airport	63 329	94 594	162 902	220 012	347,4%
9.	Mihail Kogălniceanu International Airport	17 212	57 063	127 635	129 235	750,8%
10.	Satu Mare International Airport	17 169	41 867	60 795	75 692	440,9%
11.	Transilvania Airport	12 925	23 796	10 817	63 794	493,6%
12.	Arad International Airport	8 530	5 375	5 645	11 367	133,3%
13.	Aurel Vlaicu International Airport	8 118	1 057	4 232	5 690	70,1%
14.	Baia Mare Airport	2 359	-	566	2 621	111,1%
15.	Danube Delta Tulcea Airport	394	*	*	158	40,1%
		4 015 813	5 441 639	7 467 758	8 020 965	199,7%

*A Tulcea repülőtér már nem működik egy ideje, míg a Baia Mare repülőtér jelenleg felújítás alatt áll.

Ötödével növekvő kapacitás, erős árverseny és nagy belső piac jellemzi a romániai légi forgalmat, amely jelenleg Európa legnagyobb növekedését produkálja. A leggyorsabban fejlődő légikikötő is Romániában van. Az ACI (Repülőterek Nemzetközi Tanácsa) adatbázisa szerint forgalom tekintetében 23,8%-os növekedéssel Románia a leggyorsabban növekvő légi piac Európában, míg az érkező vagy induló légi járatokon felkínált kapacitását tekintve 20%-os növekedéssel a második a kontinensen (Bulgária után). A tendencia folytatódik az idei első negyedév publikált adatai alapján, és egyre több vidéki repülőtér is látványos fejlődésen megy keresztül.

A piac harmadát a magyar vezetésű Wizz Air uralja, amelyik a főváros mellett tíz vidéki repülőtéren is jelen van, és számos bázist nyitott az országban. A második legfontosabb szereplő a román Blue Air diszkont légitársaság, és csak a harmadik helyezett a súlyos pénzügyi gondokkal terhelt állami Tarom. A sorban következő cégek közül a Ryanairt, Európa legnagyobb diszkont légitársaságát érdemes kiemelni, hiszen fokozatosan erősödik az országban, ahol már belföldi járatot is üzemeltet. Az ország nagy méretének és gyér autópálya-, illetve gyorsvasúti hálózatának megfelelően a belföldi repülés egyre dominánsabb szerepet kap: a bukaresti repülőteret is beleértve 16 jól kiépített infrastruktúrával rendelkező légikikötő versenyez az újabb járatokért.

Három légitársaság uralja a romániai fapados ágazat 98%-át, derült ki nem régen az Innovata cég felméréséből, amely szerint a piacvezető a 60%-os részesedéssel rendelkező, magyar tőkéjű Wizz Air. Egyre nagyobb szeletet akar magának a piacból az írországi Ryanair fapados légitársaság is és a harmadik legfontosabb szereplő, a román magántulajdonban lévő Blue Air [20].

Románia esetében 4 városnál (Kolozsvár, Temesvár, Jászvásár és Nagyszeben esetében) nagyobb a repülőtér forgalma, mint a közvetlen vonzáskörzetének lakossága, Ausztria esetében

két város esetében tapasztaltuk ugyanezt. Magyarország esetében egyetlen egy repülőtérnél sem volt nagyobb a forgalom, mint a repülőtér vonzáskörzetének lakossága (7. táblázat).

7. táblázat
Néhány közép-európai repülőtér vonzáskörzetének és repülőtéri utasforgalmának összehasonlítása [19]

	Város lakossága	Vonzáskörzet lakossága	Repülőtér utasforgalma
Ausztria			
Graz	269 997	1 237 000	959 098
Linz	193 814	1 465 000	402 007
Salzburg	146 631	549 263	1 890 164
Innsbruck	124 579	746 153	1 092 547
Klagenfurt	96 640	561 077	216 905
Magyarország			
Debrecen	202 520	537 268	318 342
Nyíregyháza	117 874	562 357	29 430
Győr – Pér	129 435	463 201	22 785
Sármellék	1 811	277 290	13 229
Pécs – Pogány	145 011	371 110	4 595
Románia			
Cluj – Kolozsvár	303 047	691 106	2 782 401
Timisoara – Temesvár	306 462	683 540	1 517 309
Iaşi – Jászvásár	318 871	772 348	1 256 640
Sibiu – Nagyszeben	425 906	375 992	662 468
Craiova	293 567	660 544	493 056
Bacau – Bákó	172 952	737 512	447 531
Suceava – Szucsáva	105 624	701 830	352 991
Oradea – Nagyvárad	201 547	638 863	220 012
Konstanca	297 503	748 769	129 235
Satu Mare – Szatmár	109 728	329 079	75 692
Targu Mures – Marosvásárhely	142 327	550 846	63 794

A legnagyobb repülőtér a 11 millió utast fogadó bukaresti Henri Coandă – Otopeni légikikötő. A budapestivel közel megegyező forgalom számára már kicsi a többször felújított terminál, és elkerülhetetlennek tűnik egy új épület felhúzása. A magyar fővároshoz hasonlóan hiányoznak a hosszú távú járatok Bukarestből is. A Tarom korábban leállította veszteséges járatait, de most újraindításukat tervezi egy Boeing 777-es repülőgéppel, elsősorban az Amerikai Egyesült Államok felé [21].

A román repülőterek szövetsége (AAR – Asociatia Aeroporturilor din Romania)

A Romániai Repülőterek Szövetsége (AAR) 1999-ben jött létre, a Román Kormány 26/2000. számú rendelete alapján. Ez egy munkáltatói szövetség, a magánjog alapján működő jogi személy, autonóm, nem kormányzati és nem politikai célból tevékenykedő szervezet. Jelenleg az éves

tevékenységi jelentése alapján 16 állandó tagja (a romániai polgári repülőterek) és 10 társult tagja (a légiközlekedési szolgáltatásokat végző jogi személyek) van. A szövetség a romániai polgári repülőterek, valamint a Romániában és külföldön működő egyéb jogi személyek számára is nyitva áll, amelyek tevékenysége összeegyeztethető a szervezet céljával és funkcióival. A Romániai Repülőterek Szövetségének legfőbb céljai a következők:

- együttműködés, kölcsönös segítségnyújtás, repülőtéri érdekek előmozdítása, információcsere a repülőterek műszaki és gazdasági üzemeltetése területén,
- valamint az egyesület tagjainak képviselete és kérésére védelme a hatóságokkal való kapcsolatokban, gazdasági szereplőkkel, intézményekkel, szervezetekkel és szövetségekkel, szakszervezetekkel és más fizikai és jogi személyekkel folytatott tárgyalásai során.

A fő célkitűzések elérése érdekében a szervezet legfontosabb éves tevékenységei:

- saját és csoportos stratégiákat hoz létre és alakít ki a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) és a Nemzetközi Repülési Tanács (ACI) ajánlásai alapján;
- együttműködik a Román Polgári Repülési Hatósággal és a Közlekedési Minisztériumon belül működő Légiközlekedési Főigazgatósággal;
- biztosítja a román jogszabályok, a szakmai etika és a tisztességes versenyszabályok betartását;
- közös erőfeszítések révén biztosítja a repülőterek státuszát, és a más országok hasonló repülőtereivel való összevetést tükröző repülőtéri díjak nemzeti és nemzetközi szinten történő elfogadtatását, karbantartását, valamint;
- támogatja a repülésbiztonsági és biztonsági protokollok tárgyalását nemzeti szinten;
- elősegíti az egyesület tagjainak érdekeit a nemzetközi gazdasági együttműködés területén;
- szervezi a kiadványok cseréjét a repülőterek területén;
- konferenciákat, szimpóziumokat, vitákat, szemináriumokat, kiállításokat, munkahelyi látogatásokat, tapasztalatcserét és szakosodási tanfolyamokat szervez;
- időszakos kiadványokat tesz közzé, tájékoztató jelleggel;
- kérésre műszaki, gazdasági, jogi, vezetői és szakértői tanácsadást végez;
- együttműködik a közlekedési minisztériummal, a hatóságokkal és a megyei tanácsokkal a célkitűzéseinek megvalósítása érdekében;
- a tagok által a törvény által előírt egyéb szolgáltatásokat nyújt.

Összefoglaló megállapítások

Kutatásom során három hipotézis meglétét is vizsgáltam, mindhárom előzetesen felállított feltételezésem a kutatás folyamán igazolást nyert:

- A román regionális repülőterek utasforgalmának növekedésében jelentős szerepet játszott a turizmus elmúlt évekbeli rendkívül dinamikus növekedése – az országon belüli nagy távolságok és a más közlekedési módok infrastruktúrájának viszonylagos fejletlensége eleve jelentős igényeket generálnak a légi forgalom, elsődlegesen persze a belföldi légi forgalom iránt. Ugyanakkor a romániai regionális repülőterek utasforgalmának megkétszereződését 2015 óta, 4 év alatt ez önmagában nem indokolja. A romániai repülőterek európai viszonylatban is jelentős növekedést értek el,

a Repülőterek Nemzetközi Szövetsége, az ACI kimutatásai szerint. Ez pedig elsősorban annak köszönhető, hogy az alacsony költségvetésű légitársaságok, elsősorban a Wizz Air, a Blue Air és újabban a Ryanair járatnyitásai jelentős többletkeresletet generáltak a légi forgalomban, lehetővé téve a be- és kiutazó turizmus korábbiaktól eltérő kiugró fejlődését. Tehát végeredményben a fapados légitársaságok sorozatos járatnyitásai ösztönözték a repülőterek forgalmának és a be- és kiutazó turizmus ugrásszerű fejlődését. A román repülőtéri forgalom kimagasló emelkedése azonban nem jöhetett volna létre a repülőterek és légiforgalmi irányítás jelentős fejlesztései nélkül, amelyek megvalósítása a forgalom növekedésének fontos előfeltételei voltak.

- A román regionális repülőterek utasforgalma az elmúlt években lényegesen dinamikusabban nőtt, mint a magyar regionális repülőterek utasforgalma. Magyarországon az összes légi forgalom 97,12%-a kapcsolódott Budapesthez és a légi utasforgalom maradék 2,88%-a a magyarországi regionális repülőterekhez. Romániában is meglehetősen főváros központú ma még a légi utasforgalom, mivel 63,28%-át a bukaresti repülőtér bonyolította le és csak a maradék 36,72%-ot a román regionális repülőterek. De ebből az összevetésből is szembetűnő, hogy mennyire el vagyunk maradva ezen a téren is Romániától. A romániai regionális repülőterek utasforgalma megkétszereződött 2015-óta, 4 év alatt és 2018-ra elérte a 4 milliót, nálunk jelenleg a regionális repülőterek utasforgalma összességében még a félmilliót sem éri el és az utasforgalom növekedése is lényegesen szerényebb volt, mint Romániában. Magyarországon 2015-óta mintegy 200 ezerrel nőtt a regionális repülőterek utasforgalma. Nálunk a legnagyobb utasforgalmat a regionális repülőterek között a debreceni repülőtér érte el 318 ezer utassal. Romániában 7 olyan regionális repülőtér működik, amely ennél lényegesen nagyobb utasforgalmat volt képes generálni és lebonyolítani a közelmúltban. Ezzel egy időben, a román repülőterek áruforgalmában is dinamikus növekedés következett be. Például a temesvári repülőtér áruforgalma 2013 és 2018 között több mint háromszorosára, 5939 tonnára nőtt. Összehasonlításul a magyarországi regionális repülőterek összes éves áruforgalma egy évben ma még nem éri el az 500 tonnát.
- A román regionális repülőterek utasforgalma ma már sokkal jelentősebb, mint sok hasonló vonzáskörzettel rendelkező osztrák és magyar repülőtér esetében. Románia esetében 4 városnál (Kolozsvár, Temesvár, Jászvásár és Nagyszeben esetében) ma már sokkal nagyobb a repülőtér forgalma, mint a közvetlen vonzáskörzetének lakossága, Ausztria esetében két város esetében tapasztaltuk ugyanezt, míg Magyarország esetében egyetlen város esetében sem.

Felhasznált irodalom

[1] P. Novoszáth, „A regionális repülőterek szerepe és fejlődése Magyarországon," *Repüléstudományi Szemelvények,* pp. 79–118. 2018.

[2] A térkép eredetije a maps Romania honlapon található, szabadon letölthető, [Online]. Elérhető: https://hu.maps-romania.com/rom%C3%A1n-rep%C3%BCl%C5%91t%C3%A9r-t%C3%A9rk%C3%A9p

[3] http: //airportcluj.ro/airport-information/Accesul-utilizarea-infrastructurii-aeroportuale

[4] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Cluj International Airport," Saját szerkesztés, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Cluj_International_Airport
[5] Cluj Avram Iancu International Airport R.A., 2018, [Online]. Elérhető: http: //airportcluj.ro/fisiere/userfiles/Prezentare_AIAIC_EN-October_2018.pdf
[6] Az előrejelzés megtalálható a repülőtér honlapján: Cluj Avram Iancu International Airport, "Passenger traffic forecast 2019–2035," [Online]. Elérhető: http: //airportcluj.ro/about-the-airport/ evolutie-trafic-si-date-statistice/trafic-de-pasageri-2000-2012?id_limba=2
[7] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Timişoara Traian Vuia International Airport," Saját szerkesztés, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Timi%C8%99oara_Traian_Vuia_International_Airport
[8] „Szárnyal a temesvári nemzetközi repülőtér," ***turizmusonline.hu,*** 2015. július 13. [Online]. Elérhető: http: //turizmusonline.hu/kozlekedes/cikk/szarnyal_a_temesvari_nemzetkozi_repuloter
[9] A Temesvári Nemzetközi Repülőtér honlapja, "Timisoara Traian Vuia Airport," [Online]. Elérhető: http: //aerotim.ro/legislatie/
[10] Naruvis, „Iaşi International Airport," [Online]. Elérhető: www.bizbilla.com/country-wise-airports/romania/iasi-international-airport.html
[11] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Iaşi International Airport," Saját szerkesztés az oldal adatainak felhasználásával, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Iasi_International_Airport
[12] Iaşi Airport, „Development and modernization," 2012, [Online]. Elérhető: https://web.archive.org/web/20130318075301/http:/www.aeroport.ro/index.php/en/plecari/articol/development-and-modernization.html
[13] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Oradea International Airport," Saját szerkesztés az oldal adatainak felhasználásával, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Oradea_International_Airport
[14] „Újabb sikeres évet zárt a Nagyváradi Repülőtér," ***turizmus.com,*** 2018. január 7. [Online]. Elérhető: https: //turizmus.com/utazas-kozlekedes/ujabb-sikeres-evet-zart-a-nagyvaradi-nemzetkozi-repuloter-1155426
[15] „Újabb sikeres évet zárt a Nagyváradi Nemzetközi Repülőtér," ***turizmus.com,*** 2018. január 7. [Online]. Elérhető: https: //turizmus.com/utazas-kozlekedes/ujabb-sikeres-evet-zart-a-nagyvaradi-nemzetkozi-repuloter-1155426
[16] A kép forrása: "ATSA Industry SRL din Braşov a semnat, din nou, cu Aeroportul Mihail Kogălniceanu (document)," ziauconstanta.ro, 19, Aug 2017. [Online]. Elérhető: www.ziuaconstanta.ro/informatii/combaterea-criminalitatii-in-achizitiile-publice/atsa-industry-srl-din-brasov-a-semnat-din-nou-cu-aeroportul-mihail-kogalniceanu-document-637035.html
[17] Wikipedia The Free Encyclopedia, „Mihail Kogalniceanu International Airport," Saját szerkesztés az oldal adatainak felhasználásával, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Mihail_Kog%C4%83lniceanu_International_Airport
[18] Wikipedia The Free Encyclopedia, „List of the busiest airports in Romania," Saját szerkesztés az oldal adatainak felhasználásával, [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/List_of_the_busiest_airports_in_Romania
[19] Saját szerkesztés a Google Maps és az érintett repülőterek honlapjainak és éves beszámolóinak alapján.

[20] A. Kőrössy, „Versengenek a fapados légitársaságok," *Krónika,* 2016. május 27. [Online]. Elérhető: https: //kronika.ro/gazdasag/versengenek-a-fapados-legitarsasagok
[21] T. Schulek, „Jelentősen bővül a román légi piac," *KözlekedésVilág,* 2017, július–augusztus, [Online]. Elérhető: www.kozlekedesvilag.hu/2017/10/02/jelentosen-bovul-roman-legipiac/

MAIN FEATURES OF THE OPERATION AND DEVELOPMENT OF ROMANIAN REGIONAL AIRPORTS

The main purpose of this study is to examine where Romania is currently in the developing air traffic. What factors play the most role in the development of Romanian regional airports. Is it true that the air traffic of Romanian regional airports has grown remarkably in recent years? Did the air traffic of Romanian regional airports really develop much more dynamically over the last four years than the Hungarian or Austrian airports? Is it true that the air traffic of some Romanian regional airports is now well over the size of their catchment area and collection area?

Keywords: *increasing the competitiveness of rural regions, regional airports, regional development, Romanian regional airports, regional development, the association of Romanian airports*

Novoszáth Péter (CSc)
Egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Államtudományi és Közigazgatási Kar
Közpénzügyi Kutatóintézet
Novoszath.Peter@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-8755-6858

Peter Novoszath, PhD
Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Science of Public Governance and Administration
Research Institute of Public Finance
Novoszath.Peter@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-8755-6858

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/249/176

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 115–126. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.8

Balázs Gáti, Tamás Gausz

Using Tools Developed for Wind Turbines for Investigating the Aeroelastic Behaviour of the Rotors of Rotary-Wing Airplanes

Rotor blades of an autorotating helicopter or a gyrocopter work very similarly to the rotor blades of a wind turbine in skew wind. In this publication we present the results of a multiple analysis of a rotor blade of a rotary-wing airplane, but the analyses were performed with a software package developed for investigation of wind turbine blades. The results of several analyses seem to be valid for rotary-wing airplanes in some special, but very important cases, and can be useful for more detailed investigation. It was stated, that the fact leads to uninterpretable numerical solutions, that the angle between the undisturbed airflow and the Tip Path Plane is much lower in case of helicopters and gyrocopters than by wind turbines in most operational conditions.

Keywords: *rotor, rotor blade, wind turbine, gyroplane, autogiro, autorotation, aeroelasticity*

Introduction

One of the important subsets of rotary-wing airplanes are gyrocopters. They have a main rotor, which is driven by the oncoming airflow. From this point of view, the main rotor of the gyrocopter is similar to the wind turbine rotor, which is also driven by the wind. In both cases, the direction of this airflow can be arbitrary. Considering this, the aeroelastic calculation methods developed for wind turbines can also be adopted to the investigations of gyrocopter rotors.

Rotors of Rotary-Wing Airplanes

There are many different types of rotorheads used by rotary-wing airplanes, but many of the gyrocopters have a teetering rotor – this kind of a rotor is used by wind turbines, too. Thus the teetering rotor was chosen for the investigation.

The teetering rotor has two blades, where these two blades are rigidly attached to each other, except for the feathering bearings. The change in the collective and cyclic pitch angle of the rotor blades can be realised by the movement of the swashplate.

The rotor blades of a rotary-wing perform different motions: they can move together with the fuselage of the airplane, can rotate around the rotorhead, can change the pitch angle

around their own length axis, can flap up and down and can have elastic twisting, elastic feathering and elastic bending along their own length axis.

Generally, the construction of the rotors of the wind turbines is similar to the rotor of the rotary-wings (as seen in Figure 1) – except that they have no possibility for cyclic pitch changing and they only rarely have flapping hinges.

In Figure 1, the scheme and the main working properties of a teetering type main rotor can be seen. The direction of the rotation is positive, and the cyclic control of the blades have a 90° delay. In this article the notation system of [1] and [2] is used.

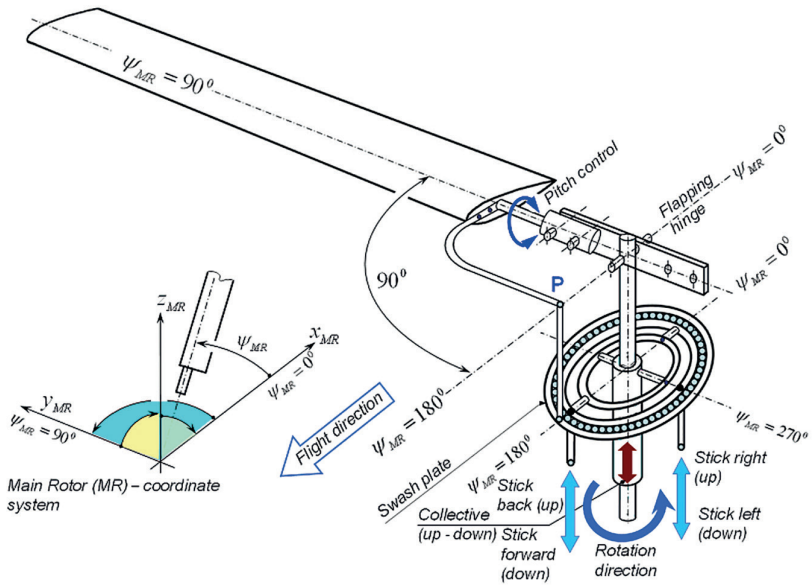


Figure 1.
Sketch of a teetering (zero offset) rotor [Drawn by the authors.]

Blade Element Momentum Theory

Momentum Theory

The rotor of the rotating wing airplane influenced the path of the airflow around itself. The main properties of the flying gyrocopter (or autorotative flying of a helicopter) can be seen in Figure 2.

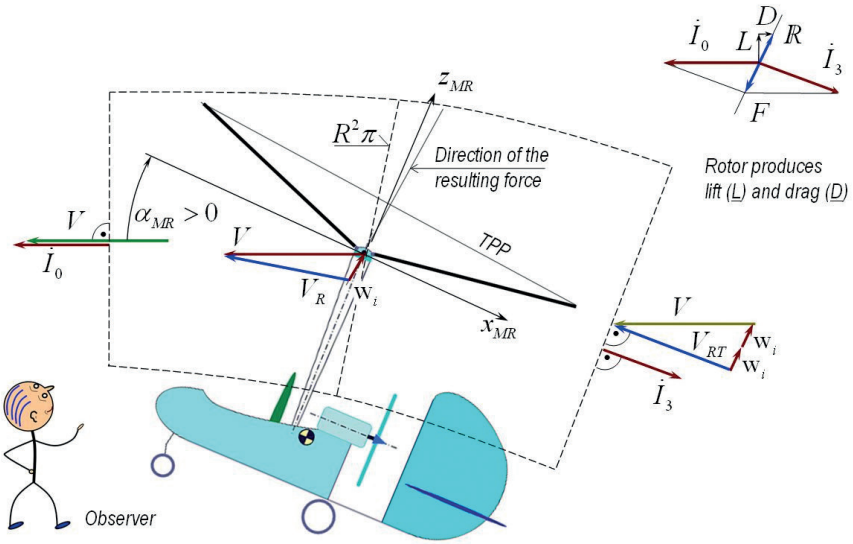


Figure 2.
Flying gyrocopter – momentum theory [Drawn by the authors.]

In Figure 2, a stream tube is shown – the boundaries of this are plotted with a dotted line. The stream tube has a down curving and shows velocity decreasing. This down camber means a downwind, and the reaction force of this downstream is the aerodynamic lift (*L*). The drag (*D*) of the main rotor originates from the decreasing velocity. The sum of the lift and drag is the resultant force (*R*). As written in [2], the resultant force can be calculated by using the momentum theory:

$$\underline{R} = -\left(\underline{I_0} + \underline{I_3}\right) \tag{1}$$

The elaborated formulas of the momentum theory can be read in [2]. By using the momentum theory, the induced velocity distribution over the rotor surface can be determined – induced velocities are needed for the blade element theory.

Blade Element Theory

In the blade element theory – knowing the rotor blade section velocities – the aerodynamic force and moment of all blade sections is calculated. The general working properties – coordinates, angles and velocities – are seen in Figure 3.

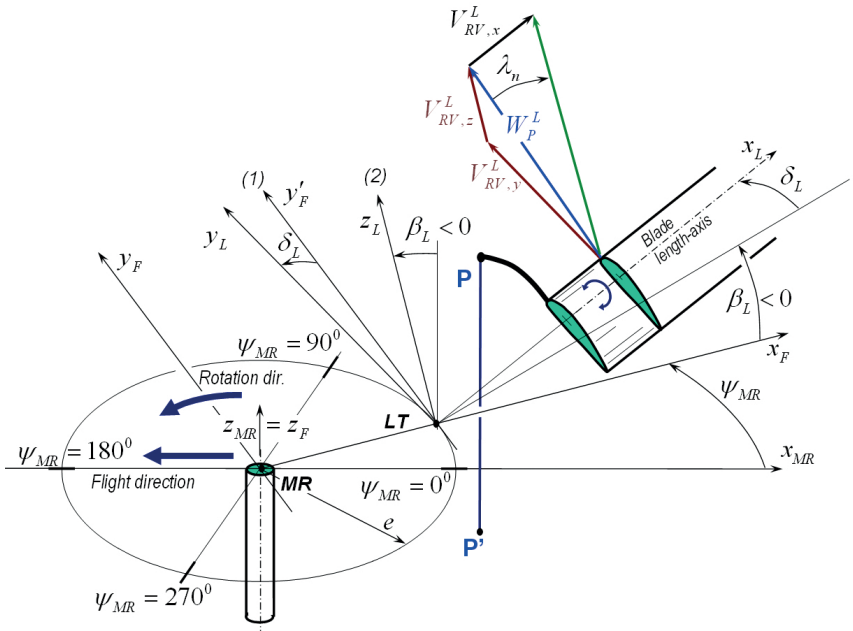


Figure 3.
Working relations – blade element theory [Drawn by the authors.]

This figure shows a general rotor head – the flapping, the lagging and the feathering motions of the rigid rotor blade can be seen in the figure. The flapping motion can be characterised by the flapping angle (β_L), the lagging motion by the lagging angle (δ_L) and the feathering by the motion of the point "P". In our case the "*LT*" point is identical with the "*MR*" point (zero offset rotor head) and there is no lagging motion ($\delta_L \equiv 0$). Due to the teetering rotor head, the flapping motion of the two blades are strictly connected.

At general flow conditions, the rotor blade sections have three velocity components: $V^L_{RV,x}$, $V^L_{RV,y}$ and $V^L_{RV,z}$. These velocity components change along the rotor blade length axis (x_L) and change by the azimuth angle (Ψ_{MR}) too. Because of this, the sweep angle and the angle of attack of the blade sections are variables. The induced velocity – calculated by the momentum theory – is a part of the $V^L_{RV,y}$ velocity component. Because of this connection, the momentum theory and the blade element theory, together with further theoretical fields, are to be solved together.

Solution Method

The equation system based on the blade element and momentum theory (BEMT) can be solved by numerical methods, because the unknowns are implicit in the equation system. Most of the numerical methods are looking for the proper value of the characteristic angle of the velocity triangle *(φ)* that fulfils all of the equations. This is an iterative process, that starts with an assumed value of the *φ*, then calculates the Angle of Attack, the aerodynamic

forces, the blade flapping, the RPM of the rotor, the axial and angular induced speed and then a new value for the φ. If the convergence criteria of the iterative process are met, the solution for the next step can be started.

From Rotary-Wing to the Wind Turbine

In most cases, a rotary-wing is used to be investigated without the effect of the fuselage. If a vertical descending, autorotating, single rotor scenario is rotated by 90 degrees, it becomes very similar to a wind turbine scenario. (Figure 4.)

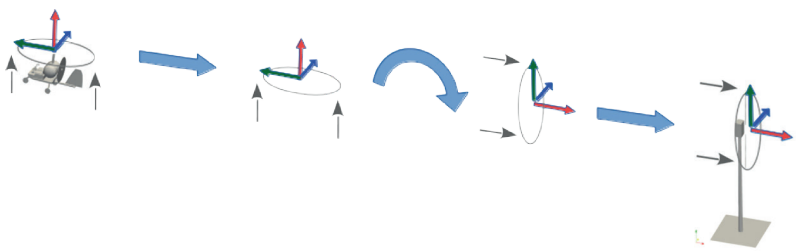


Figure 4.
From autorotation to wind turbine [Drawn by the authors.]

Based on this idea, we started to investigate if algorithms developed for the more and more popular wind turbines are applicable for rotary-wings and what are their limitations.

We choose the NREL FAST v8, as a typical wind turbine simulation tool, which is referenced by a high number of publications, even it is not a user friendly tool.

In order to perform proper simulations with NREL FAST, we had to modify or disable several of its modules. The most important change was to apply a constant wind profile instead of the default one which takes into consideration the boundary layer effect of the earth surface. (Figure 5.)

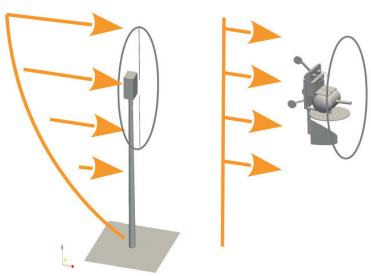


Figure 5.
Wind profile applied by wind turbines and gyrocopters [Drawn by the authors.]

Additionally, we disabled the effect of gravity and the wind shadow caused by the tower, while assumed an ideal, but non-producing generator to avoid improper losses. We also

had to decrease the time step of the solver in order to make it suitable for higher RPM of a rotary-wing.

The simulation tool could be configured to include several additional effects that are useful for rotary-wing airplanes, too. The Viterna extrapolation augments the wind tunnel data of an airfoil to the –180° – +180° domain; the Beddoes-Leishman approximation calculates the effect of unsteady flow on the airfoil. The implementation of the Prandtl Tip and Mach correction also improve the precision of the simulation. The Pitt-Peters method considers the effect of airflow not parallel to the rotation axis of the rotor.

We implemented the rotor blade in the simulation based on the geometry of the rotor blade of the McDonnell Douglas MD-500 helicopter. The NREL FAST is limited to rigid and teetering rotorheads. We choose the latter because it is popular by gyrocopters.

Steady state Simulations

Gyrocopters in Cruise

Although we discovered a significant limitation, we were able to obtain several positive results. We were able to investigate the behaviour of a rotor of a gyrocopter in forward flight. This investigation was similar to a wind tunnel test: we did not consider the dynamics of the rotary-wing airplane itself. It means, that the forces on the rotor blades did not influence the acceleration and flight path of the airframe, thus the direction of the inflow was constant in fuselage and earth based coordinate systems.

The angle between the nominal rotor plane and the airflow was set to $\alpha_{MR} = 25°$ and the airspeed was changed between $10\ m/s < V_{TAS} < 30\ m/s$ in several steps. The Pitt-Peters method normally improves the precision of the results if the direction of the wind is not parallel to the rotation axis of the wind turbine rotor (skew wind), but, unfortunately, at this angle (an unusual high angle for wind turbines) seemed to result an incorrect numerical solution. This is also the case during a forward flight of a gyrocopter or an autorotating helicopter; the difference between the direction of the airflow and the rotor axis seemed to be too high for this implementation of the Pitt-Peters model, thus this module had to be deactivated.

Figure 6 presents the value of several parameters at $V_{TAS} = 20\ m/s$. The simulation does not contain a trim calculation that can be realised looking on the value of the RPM. But the simulation can be considered a quasi-steady state as the mean value of the force components can be considered constant. The periodic oscillations in the values are the results of the rotational motion of the rotor.

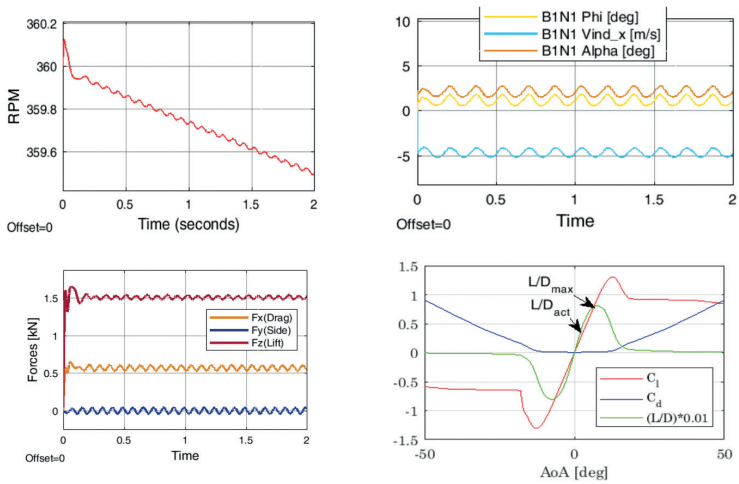


Figure 6.
Gyrocopter rotor blade in horizontal flight with V_{TAS} = 20 m/s [Drawn by the authors.]

Multiple simulations in the given airspeed domain can be seen in Figure 7. The RPM of the rotor seems to be approximately a linear function of airspeed, while the lift generated by the rotor seems to be a quadratic function of the airspeed which is similar to the case of a fixed wing airplane. The Angle of Teeter is relatively small in this airspeed domain because the high RPM does not provide enough time for large flapping angles. The deflection of the rotor blade tip is remarkable but not too significant. It seems decreasing by higher airspeed and lift, because the higher centripetal acceleration at higher RPM causes a bending moment counteracting the bending moment of the lift. The qualitative analysis of results is in conjunction with the expectations. Unfortunately, we could not perform a quantitative analysis yet.

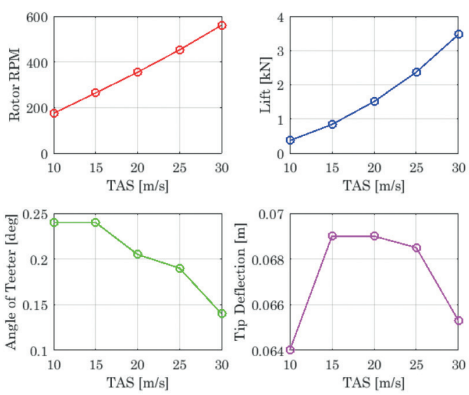


Figure 7.
Gyrocopter rotor blade in horizontal flight with V_{TAS} = 20 m/s [Drawn by the authors.]

Limitations

We also investigated the behaviour of the rotor by different main rotor angles. Unfortunately, the results by $\alpha_{MR} < 25°$ are disappointing, because we could not find a proper set of parameters to achieve a valid numerical solution. As it was already mentioned, after disabling the Pitt-Peters skewed wake model, the simulation was able to provide interpretable results, but only until an angle of 20.5° between the nominal rotor plane and airflow.

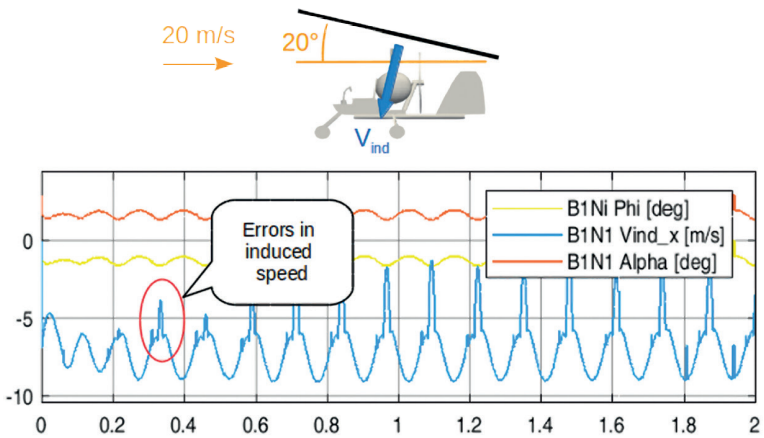


Figure 8.
Numerical error in forward flight of a gyrocopter [Drawn by the authors.]

Below this angle of the nominal rotor plane, an error in induced speed has been developed (Figure 8), that interestingly could not be observed in the two most important angles of the blade element theory, namely in the angle of attack α and in the characteristic angle of the velocity triangle φ. The situation stabilised after disabling the momentum theory and using only the blade element theory for the calculation, but we refused this opportunity.

We tried to simulate the forward flight of a helicopter, too. (Figure 9.) The simulation tool can be configured for simulating a constant speed rotor by disabling the rotational degree of the freedom of the rotor. This way an engine driven helicopter rotor seemed to be simulated. Unfortunately, the opposite direction of the induced speed (V_{ind}) component parallel to air inflow (compared to the case of the gyrocopter, Figure 8) seemed to confuse the solver, and resulted invalid induced speed.

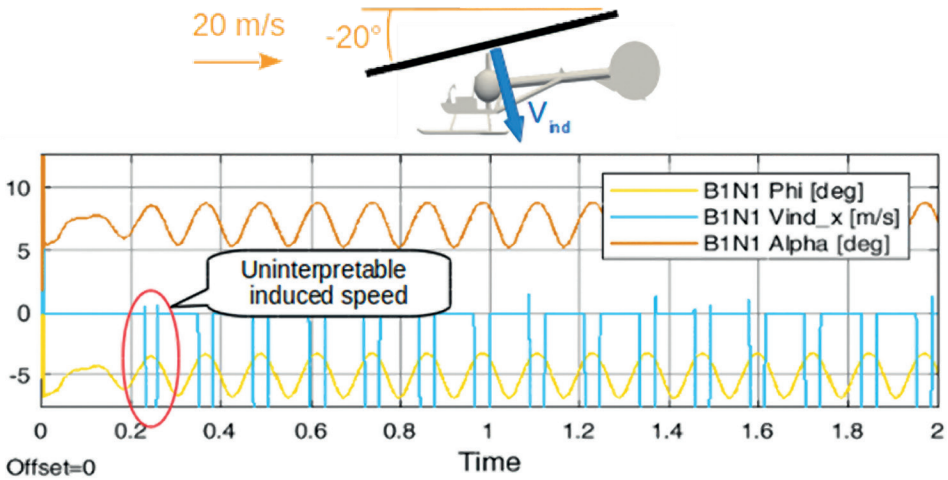


Figure 9.
Numerical error in forward flight of a helicopter [Drawn by the authors.]

Based on these results, the wake correction model and the solver seems to be the weakest points if one would like to simulate rotary-wings with wind turbine simulation tools.

Transient Simulation

As we concluded, the simulation tool developed for wind turbines is not suitable to predict the behaviour of the engine driven rotor blades of a helicopter at all, but the simulation of a gyrocopter blade in cruise flight also causes numerical errors in the results. However, the simulation of a vertical autorotation seemed to be affordable. In this case, the helicopter or the gyrocopter descends vertically, thus the airflow is parallel to the rotational axis of the rotor. This flight mode is not optimal even in case of an engine failure, because some forward speed during autorotation results in better flight performances. However, the conditions in the last phase of an emergency landing looks very similar in case of helicopters. During emergency landing, the pilot increases the rotor RPM and in the flare manoeuver he/she quickly increases the collective pitch angle, resulting in a temporarily high lift for stopping vertical speed of the helicopter just above the ground. The high lift results in a high bending moment and high tip deflection, while the increased drag causes rapid loss of RPM.

The simulation of the emergency landing was started at an RPM of 200 and collective blade pitch angle of $\theta = 0°$. (Figure 10.) An airspeed of 10 m/s was set constant during the simulation.

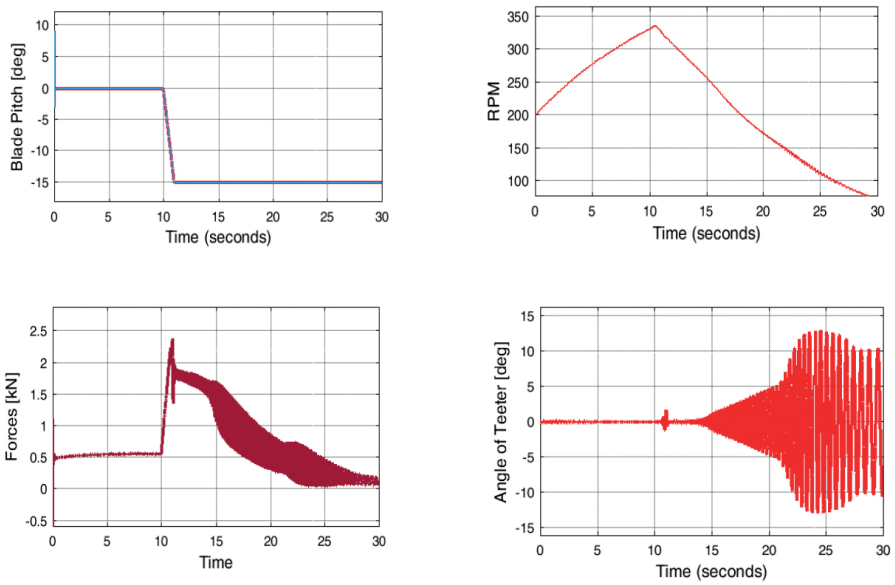


Figure 10.
Rotor parameters in flare manoeuver [Drawn by the authors.]

This pitch angle at this airspeed caused a continuous increase in RPM, but after 10s the pitch angle was changed to $\theta = -15°$. The negative sign comes from the conventions applied by wind turbines, and in this case it increased the Angle of Attack. The lift increased rapidly by more than four times while the RPM started to decrease. The loss in RPM caused loss in lift. Interestingly, we could observe an increasing Angle of Teeter after approximately $t = 14$ *s*. This could be the result of some instability in the transient manoeuver, because teeter occurs normally by forward flight.

Blade tip deflection is a function of lift and RPM. Lift increases the bending moment in the blade while RPM (via centripetal acceleration) causes an opposite bending moment, which decreases the tip deflection. The calculated time function of the tip deflection during flare and the shape of the blade at maximum deflection is shown in Figure 11.

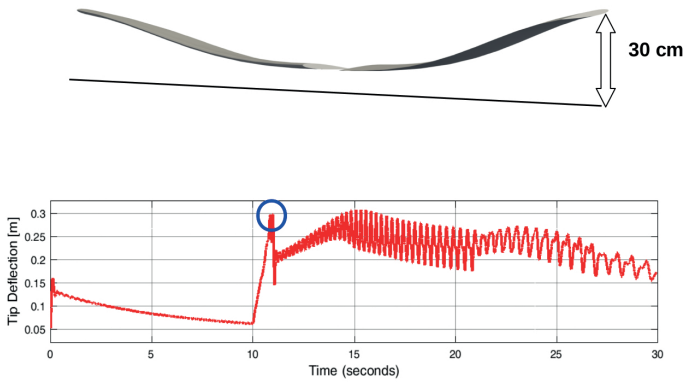


Figure 11.
Blade shape and tip deflection during flare [Drawn by the authors.]

Conclusion

The Blade Element Momentum Theory is often used to describe the behaviour of both wind turbines and rotary-wing rotors. We investigated if a simulation tool developed for wind turbine rotor simulation can be used to simulate helicopter and gyrocopter rotors. We found that the opposite axial induced speed in case of an engine driven helicopter rotor can cause failure to a numerical solver optimised for wind turbines. Additionally, we found that the implementation of the Pitt-Peters skew wake model applied by wind turbines is not suitable for simulating rotary-wings in forward flight. However, in cases where the airflow is approximately parallel to the rotor main axis and the rotor is driven by the airflow, such is the flare manoeuver in emergency landing, that the tool can be used for even a detailed transient aeroelastic analysis.

References

[1] T. Gausz, „Autogírók és helikopterek," Budapest, 2015, ***doksi.hu,*** [Online]. Available: https: //doksi.hu/get.php?lid=21529
[2] T. Gausz, „Autogíró és helikopter rotorok előzetes aerodinamikai és dinamikai számítása," Budapest, 2017, ***doksi.hu,*** [Online]. Available: https: //doksi.hu/get.php?lid=22826

Further Reading

R. L. Bisplinghoff, H. Ashley, and R. L. Halfman, *Aeroelasticity,* Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company, 1955. DOI: https://doi.org/10.1002/zamm.19560360764
A. R. S. Bramwell, G. Done, and D. Balmford, *Helicopter Dynamics,* Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. DOI: https://doi.org/10.1017/S0001924000017978
T. Gausz, „Aeroelasztikus jelenségek és dinamikai terhelés," Budapest, 2015, *doksi. hu,* [Online]. Available: https: //doksi.hu/get.php?lid=20964

B. Gáti, T. Gausz, and I. Jankovics, "Repülésmechanikai modellezés," Repüléstudományi Napok, 2015.
E. Hau, *Windkraftanlagen,* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2003. DOI: https: //doi.org/10.1007/978-3-662-10948-9
J. G. Leishmann, *Principles of Helicopter Aerodynamics,* Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
J. M. Jonkman, G. J. Hayman, B. J. Jonkman, and R. R. Damiani, AeroDyn v15 User's Gide and Theory Manual, Technical Report, NREL, 2016.

FORGÓSZÁRNYAS REPÜLŐGÉPROTOROK AEROELASZTIKUS VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA SZÉLTURBINALAPÁTOK SZÁMÁRA KIFEJLESZTETT ESZKÖZÖKKEL

Az autorotáló helikopterek és az autogírók rotorjának működése nagyon hasonló lehet a ferdén megfújt szélkerekek működéséhez. Ebben a munkában forgószárnyas repülőgépek rotorlapátjainak olyan szimulációit mutatjuk be, amelyeket egy szélturbinák lapátjainak vizsgálatára kifejlesztett alkalmazáscsomag segítségével végeztünk el. Néhány speciális, de nagyon fontos esetben elfogadható, bár a gyakorlatban még ellenőrizendő eredményre jutottunk, amely további, részletesebb vizsgálatok kiinduló pontja lehet. Megállapítottuk, hogy több esetben értelmezhetetlen eredményekhez vezethet az a tény, hogy helikopterek és autogírók esetében a zavartalan áramlás iránya és a lapátvégsík közötti szög jelentősen kisebb, mint a szélturbinák esetében.

Kulcsszavak: *rotor, rotorlapát, szélturbina, autogíró, autorotáció, aeroelasztikus jelenségek*

Gáti Balázs (PhD)
Egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék
gati.balazs@kge.bme.hu
https://orcid.org/00000-0002-1202-9949

Balázs Gáti (PhD)
Associate Professor
Budapest University of Technology and Economics
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering
Department of Vehicle Elements and Vehicle-Structure Analysis
gati.balazs@kge.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1202-9949

Gausz Tamás (PhD)
Nyugalmazott egyetemi docens
gausz.tamas@gmail.hu
https://orcid.org/0000-0001-7026-0666

Tamás Gausz (PhD)
Retired Associate Professor
gausz.tamas@gmail.hu
https://orcid.org/0000-0001-7026-0666

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/257/169

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 127–133. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.9

Jozef Galanda, Edina Jenčová

Electronisation of the Airline's Office

Nowadays, depending on the promotion of the principles of the knowledge-based economy in the field of air transport, the use of information technology is a vitally important activity of a modern airline manager in order to increase efficiency in decision making. The paper deals with information technologies necessary for applying the principles of knowledge economy in air transport business. Direct attention is paid to paperless offices, cloud technologies, outsourcing of information technologies and their interconnection leading to the overall harmonisation of communication between individual means, whether personal or business informatics.

Keywords: *knowledge economy, cloud, paperless office, outsourcing, hybrid cloud, data mining*

Introduction

In terms of strict monitoring of costs, it is necessary to verify the capability of planned systems and find innovative and successful solutions. This is also true for streamlining the workforce at the managerial level, who, through their decisions, push the airline forward into prosperity or backward into stagnation. Taking into account the principles of the knowledge economy in the field of air transport, the use of information technology is a matter of survival. An efficient manager takes care of using appropriate methods to optimise information processing and fully exploit information systems to support these methods. Our goal is to introduce basic information technologies that are, according to our research to date, necessary for deploying a full-scale computerisation of the manager's office at each level of airline management so that its decision making process is the most effective. In particular, the effectiveness of decision-making depends on the quality of provided, derived and obtained information.

Information Technologies of an Electronic Office

The development of the information society is a source of jobs and economic growth; information technologies are key to the growth of the entire economy, as they help to develop innovation in every sector of the economy. Therefore, information and knowledge are the key resources of such a company. Proper and conceptual use of personal and business informatics tools is the basis for efficient managerial work, accuracy in decision-making, and thus the prosperity of the company.

Paperless Office

A paperless office is a concept in which the use of paper documents in the office environment is significantly reduced or eliminated. Such a form is achieved by converting documents and other papers into electronic form. Most businesses are considering introducing a paperless office primarily to increase productivity and work efficiency, lower costs and faster access to information, more physical workplace space, much faster access at any time, less paper in the business itself, less temporary paper and less paper generated from the business [1]. The idea of a paperless agenda of the company, complete digitisation of documents and data mining is a trend that is still a novelty for Slovakia, but a world-wide way to streamline work and save costs.

The process of document digitisation and data mining

The success of digitisation is influenced by the client's cooperation and consists of two successive steps. In the initial phase, the document has a paper form, through the scanner and digitisation software, these documents become electronic documents. Electronic documents can go through the process of data mining and subsequent communication with the information system, respectively. They can be safely stored in an electronic cloud. The data mining process is a process of analysing data from different perspectives and summarising them for useful information. As a rule, this is about extracting useful information from large databases and electronic documents. It uses methods of statistics, mathematical modelling, artificial intelligence, OLAP (online analytical processing) and machine learning.

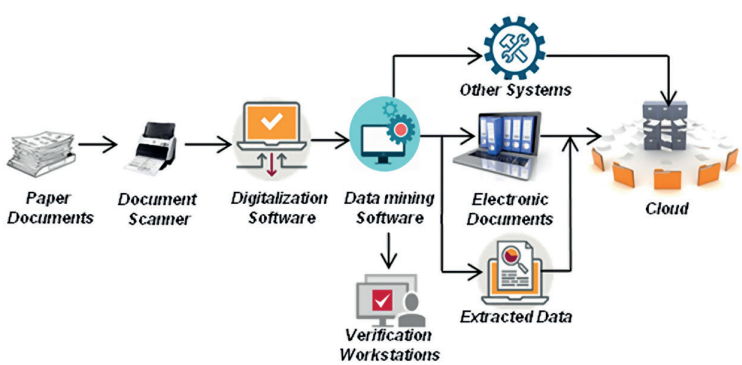


Figure 1.
Document electronisation process [6]

Electronic data processing is aimed at increasing business efficiency and productivity. Among the undeniable advantages are, in particular, fast and accurate data processing, enhanced control and structured data; elimination of possible errors caused by human factor; removing the possibility of losing documents; search speed; standardisation, optimisation and process acceleration; but in particular saving on human resources. The process of digitisation also brings problem situations. The most serious is the impossibility of extracting data, in other

words, it can only be extracted from quality source documents; setting the goal for digitising and data mining, it is generally not efficient to mine all the data and of course the necessity of absolute cooperation in the implementation and design of the digitisation process is also important. Digitising and data mining is fully functional when the shared storage – cloud – is filled with documents. Otherwise, this way of processing loses its meaning.

Due to the number of documents that may go through the process of electronisation, their paper form must be kept in the archives due to third party control. In this case, all the necessary documents are converted into an electronic form, but their paper version is archived without shredding [2]. The documents that can go through the electronisation process without paper archiving include, but are not limited to, laws, decrees, directives, records of meetings, notations, training information and others.

Cloud Computing

The principle of cloud technology is the respect of a certain minimum technology standard in the computer environment. Server virtualisation, storage and networking technology is used extensively to maximise efficiency. Applications, computer infrastructures and application platforms primarily work in a cloud computing provider's computing centre called Datacenter, which connects to a data network either worldwide via the Internet or via a local computer network. The user perceives the cloud as an application, service, or source of computing power for their applications. Depending on the different cloud computing models, these principles are applied to a greater or lesser extent. Depending on what the user needs, cloud services are tailored to their needs. Some users need to take advantage of the wide range of virtualised computing infrastructure, others need the capabilities provided by the application platform to satisfy their needs, and the third one rents a specific application and wants nothing else [3].

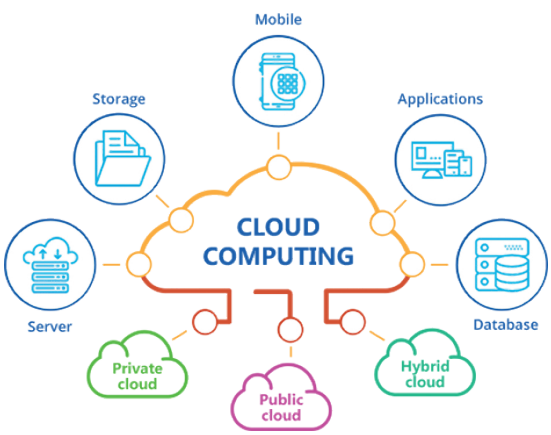


Figure 2.
Cloud computing [5]

Public Cloud Computing offers approximately the same functionality of services to a large number of its users with minimal user customisation. The provider guarantees the availability

of its services using the so-called Service Level Agreement. This cloud deployment model is mainly used by small and medium-sized businesses with a limited IT budget. *Private Cloud Computing* is available to a limited number of users or one organisation. It often adapts to the specific requirements of its users. The cloud provider is either an external company, but it can also be an IT department within its own company. The question of computer security, the level of availability and quality of services provided is precisely defined by the customer. *Hybrid Cloud Computing* is a mix of private and public cloud computing. Public and private cloud computing is interconnected by various forms, most commonly through a common application interface, abbreviated as API (application interface). They present themselves as one cloud to the user. *Community Cloud Computing* implements the ability to share information in the cloud by several organisations and/or businesses. These organisations or businesses are mostly of the same or related focus. The community cloud is usually not commercially charged, but the cost of running it is shared between the users [3].

IT Outsourcing

In principle, outsourcing is used when an airline identifies certain activities that only a specialised company can provide more effectively. Typical examples of outsourcing are IT services that are clearly geared to reducing operating costs and IT management and maintenance costs. IT outsourcing is a modern way as well as a trend in IT management [4].

Since the main activity of air carriers is the provision of air transport services, the outsourcing of this process ensures the sustained development of IT while the airline can fully pursue its core business. Airlines use outsourcing to different areas, e.g. outsourcing of reservation systems, accounting, traffic management systems, operating systems (flight operations, crew planning), fleet maintenance, office systems to help them focus on the core business to achieve efficiency and maintain competitive advantage. In terms of the extent of outsourcing, it can be selected as a complete outsourcing of the entire care area, including the provision of hardware and software equipment or use partial outsourcing as outsourcing of selected IT services, such as system integration, external server and computer network management, and so on. When selecting an outsourcing supplier, the airline is forced to obtain as much information as possible about the quality of the service provided by the company and the references. Ensuring sufficient data protection and availability is a critical factor for the choice of the airline of outsourcing provider.

Application and Implementation of Selected Solutions to the Working Environment of an Airline

Once the airline decides to introduce a paperless office, it has to take as many steps as possible. First of all, it is necessary to plan how the documents will be stored and organised. The document management system consists of computer software that allows you to perform simple tasks such as archiving, indexing, and retrieving documents for more complex tasks. Next, you need to ensure enough storage space. Sufficient disk space is recommended for hardware needs, as it will grow every year. Therefore, there is a need to provide enough

space right from the start. It is also necessary to introduce sufficient security measures. The document management system offers security features that protect against unauthorised intrusion and increase the credibility of the information system. Before introducing a paperless office, it is important that responsible airline leaders can answer critical questions: What do we want to achieve by introducing a paperless office and why do we want to achieve it? Will it be beneficial for us? What procedure will we use to achieve this? When are we able to go to work without paper and completely remove it from the offices? What resources do we need to use to achieve it? Who will secure the entire plan and make the changes [1]?

Answers to these questions will indicate in advance whether the transition to an electronic office will be beneficial or not.

If the answers are positive, the airline can responsibly start a migration process consisting of the following steps:

1. *Preparation of the electronisation plan* – sets the exact target that is expected and requires electronisation and a number of other tasks to achieve. The risks associated with creating and ensuring the process of electronisation, including proposals and measures, are analysed. Establishment of a specialised workplace to ensure document electronisation.
2. *Analysis of documents in the company* – creation of a list of documents that can undergo the process of electronisation and consequently their paper form can be shredded and vice versa, which can go through the process of electronisation but their paper form must be preserved.
3. *The document electronisation itself* – using information technology to transform paper documents into electronic form, capture important information in them and then store them in a central repository for future searches. Scanning and electronising business documents allows immediate access to very large archive material at various stages of storage that now turn into high-quality digital content. Prior to shredding the paper document, its electronic copy must be carefully checked for possible duplication and/or transfer errors.
4. *Introduction of electronisation into the airline* – direct introduction of information technology for the management, distribution and security of electronic documents, an example in the form of Microsoft SharePoint. Integrate digitised documents into the system and then make them available to all departments and areas that will be allowed access.
5. *Training the employees themselves to work with this system.*

The migration process must accurately confirm what documents will be used or loaded in the digital format, as well as how much storage will be used for documents and their indexing, and the actual cost of scanning, full quality control and possible retrieval of digitised documents [2]. For reliable storage and archiving of digitised documents, the use of Cloud Services appears to be a suitable solution for the future of law, where the provider of these services guarantees the security of storing the received data, if the airline does not have sufficient opportunities to effectively migrate to the "digital age" of document management. It can use the modern form of using the services of specialised companies through outsourcing all or only some IT services, thereby saving mainly time and cost overhead in case of complications. Portal solutions are a tool to streamline business processes. They simplify the management of

large amounts of information, documents and other materials to make them more accessible to thousands of users, or improve internal collaboration and communication. The result is a system with which you can easily manage and record everything in one place. The solution is suitable for both intranet and internet environments.

Conclusion

In today's modern aviation industry, the process of implementing an effective digital strategy is a crucial step for the company's long-term success and success itself. The role of electronic technologies is to innovate the company so that they are still competitive and prevent the disruption of already established business processes within the framework of electronisation. The main reason for introducing an electronic office using state-of-the-art information and communication technologies is to increase productivity across the organisation. Changes in paper consumption can include increased recycling efforts, less printing, or even the removal of paper documents, so that employees can do more about the job itself rather than looking for the documents in question. Great savings are made for the organisation.

By using digital content management information systems, it is possible to create a secure place to store, organise, share and access information and documents at any time and from any device. All you need is a web browser. Such systems allow users to share and disseminate their ideas and opinions, or to come up with their own problem solutions, to make decisions on the basis of facts and to better manage business processes, streamline collaboration between teams, and most importantly, simply find the information they need.

References

[1] National Computer Board, "Guideline for setting up Paperless Office," *National Computer Board,* Port Louis (Mauritius), 2018. [Online]. Available: www.ncb.mu/English/Documents/Downloads/Reports%20and%20Guidelines/Guideline%20for%20setting%20up%20Paperless%20Office.pdf

[2] P. Lederman, "The Digitization Project: Just Scan Everything?" Document Strategy Media, Madison (USA), 2019. [Online]. Available: http: //documentmedia.com/article-2380-The-Digitization-Project-Just-Scan-Everything.html

[3] J. Galanda, T. Bodnár, "Cloud computing v akademickom prostredí Leteckej fakulty," in *Bezpečnosť a doprava 2018: Teória a prax v bezpečnosti a krízovom riadení v doprave,* Akademické nakladatelství CERM, Brno (CZ), 2018, pp. 79–91.

[4] R. Šulej, J. Galanda, "Optimum utilization of information technologies in the business and operation related activities of air carriers," in *Aeronautika 17,* Lublin, University College of Enterprise and Administration, 2017, pp. 140–146.

[5] Amity Coding Club, "Cloud Computing – What Exactly Is It?" [Online]. Available: https: //acc.amityaump.com/2019/02/24/cloud-computing/

[6] RVD Services, "Digitalizácia dokumentov a dolovanie dát," *RVD Services,* 2019, [Online]. Available: www.rvdservices.sk/digitalizacia-dokumentov-a-dolovanie-dat

A LÉGITÁRSASÁG HIVATALÁNAK ELEKTRONIZÁLÁSA

Napjainkban, a tudásalapú gazdaság elveinek a légi közlekedés területén történő előmozdításától függően, az információs technológia használata a modern légitársaság vezetőjének létfontosságú tevékenysége a döntéshozatal hatékonyságának növelése érdekében. A tanulmány a tudásalapú gazdaság elveinek a légi közlekedésben való alkalmazásához szükséges informatikai technológiákkal foglalkozik. Közvetlen figyelmet fordítanak a papírmentes irodákra, a Cloud technológiákra, az információs technológiák kiszervezésére és azok összekapcsolására, ami az egyéni eszközök, akár személyes, akár üzleti informatika közötti kommunikáció általános harmonizációjához vezet.

Kulcsszavak: *közgazdaság, felhő, papírmentes iroda, kiszervezés, hybrid felhő, adatbányászat*

Jozef Galanda (PhD)
Assistant Professor
Technical University in Kosice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
jozef.galanda@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0001-6952-3369

Edina Jenčová (PhD)
Assistant Professor
Technical University in Kosice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
edina.jencova@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0003-2737-0119

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/269/177

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 135–144. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.10

Branko Mikula, Iveta Vajdová, Edina Jenčová, Daniel Blaško

Some Health Risks to Firefighters

Firefighters face unique occupational health risks caused by the specific nature of their work. They consistently operate in rough work environment with excessive heat, dense smoke, emotionally demanding situations, extreme physical challenges and toxic chemicals. This paper aimed to investigate the working conditions and mental health of firefighters. The paper has four main parts. The first part reports about the main risks to firefighters' health. The next part is dealing with the posttraumatic stress disorder. The study is mentioning predictors of psychological distress and aspects of the health prevention of firefighters. The final part of the paper is dedicated to the outcomes of the mental health research of firefighters. The main objective of the firefighters' work is to save lives, extinguish fire and property protection. It really does not matter whether this is a fire burst out in a residential area, industrial plant or their duty is performed at an airplane accident. Their fundamental mission is always the same. Therefore, the paper should be understood in a wider context and applicable on firefighters involved in fire extinguishing of airplanes, cars or boats as well.

Keywords: *firefighter, risk, health, posttraumatic stress disorder*

Introduction

Being a firefighter is not an easy job at all. While on duty, firefighters are confronted with different sorts of risks, work unsocial hours and must respond to calls regardless of occurrences or weather. There is some diversity in the duties of the firefighters. Municipal firefighters face different situations than wildland ones. However, disregarding size of a department or nature of fire, all firefighters are involved in some common working conditions.

Firefighters must be in outstanding physical condition whether they work in cities or remote surroundings. Also, their protective gear is very heavy. They must be able to operate different size hoses and other gear. These firefighters are called upon to rescue unconscious or injured victims from burning flats. An excellent physical condition is necessary for them to climb stairs, run, stoop, kneel, jump and bend. To be a firefighter means to be aware of how dangerous this specific occupation is. Firefighting is a very demanding occupation either physiologically or psychologically. This requires an enormous number of opportunities for firefighter trainings as well as inducing special workplace safety.

Approximately 33% of the firefighter injuries result from exposure to fire leading to the possibility of reducing these injuries through training firefighters to make better decisions, particularly when under stress [9].

A safe and cost-effective alternative to practice with real fire are simulations. Simulations are effective for firefighter entry level education but they are also useful in advanced trainings to reach a specific competency level. The best way to reduce the effects of any disease, illness or injury is to identify it as early as possible. This is especially true for firefighters who, in many cases, are at a higher risk for certain diseases, illnesses and injuries than the rest of the population. The best manner to find these diseases, illnesses and injuries is for healthcare providers to have extended awareness and for firefighters to have frequent physicals that can show abnormalities early. The industry has been searching for different health prevention programmes for firefighters. From a physical demands standpoint, physical training needs to be specific to what firefighters do. A new term, "tactical athletes" was adapted for firefighter training, as it is very similar to professional athletes' one. There is one difference between firefighters and professional athletes. Athletes know when their game is scheduled and when they must perform at the highest level but firefighters must be prepared to intervene any hour and any minute.

Risks to Firefighters' Health

Incidents with multiple fatalities, natural disasters, the death or injury of a team member and stress of dealing with potential life-and-death situations can take a toll on the emotional well- being of firefighters.

According to the Illinois Work Net Centre, in a typical work setting, firefighters:

- Are extremely responsible for the health and safety of others.
- Have a high level of social contact. City firefighters are in constant contact with each other when on the job.
- Give speeches and talks to the public or government officials on a weekly basis. This mostly applies to forest firefighters.
- Communicate daily with co-workers and others by telephone and in person. They communicate less often by letters and memos.
- Usually work as part of a team on a daily basis.
- Are regularly placed in conflict situations where others might be rude or angry, usually when inspecting buildings.
- Have limited responsibility for the work done by other firefighters.
- Work outdoors and indoors. Forest firefighters may be outside on a daily basis during fire season. However, they often are able to work under cover. City firefighters are indoors when working at the fire station.
- Work in an enclosed vehicle, such as a fire truck, on a daily basis.
- Always wear specialised safety gear and a special uniform. They regularly wear specialised equipment, such as oxygen tanks.
- Are regularly exposed to hazardous equipment.
- Are often exposed to contaminants.
- Are often exposed to very hot or very cold temperatures.
- Are regularly exposed to hazardous situations and conditions. Because of this, firefighters may suffer cuts, bites, stings and minor burns.

- Are exposed to sounds and noise levels that are distracting and uncomfortable on a weekly basis.
- Are often exposed to cramped work places that require getting into awkward positions.
- Are often exposed to extremely bright or dim lighting conditions.
- Sometimes are exposed to high places.
- Work very near each other and other people, sometimes within inches. Firefighters often have to physically assist victims when escaping a dangerous situation.
- Must be very exact in their work. Errors could result in serious or fatal injuries.
- Must be constantly aware of frequently changing events while fighting fires.
- Make decisions that strongly impact co-workers. If time permits, they may consult a supervisor about some decisions, but usually make them most independently.
- Make decisions that impact others on a daily basis. Decisions about how to put out a fire best strongly impact those who live or work in a particular house, office, or area.
- Are able to set most tasks and goals for the day without consulting a supervisor.
- Repeat the same physical activities.
- Often must abide by strict deadlines. This applies mostly to forest firefighters.
- Have to be moderately aware of job pressures.

63.5% of the firefighters suffered some kind of job related accident with blood or body fluids. Statistically significant association was found between having suffered accidents at work and incomplete use of personal protective equipment. Regarding the biological risks, 57.1% of all patients had blood or secretions, which corresponds in average to 16.0% of the total work time, based on a working day of 24 h. Besides biological risks, other stressing factors were identified: emergency and complexity of decision, high responsibility regarding patients and environment, and conflicts. Health promotion and accident prevention actions must be emphasised as measures to minimise these risks [1].

According to Lima (2003), there is an evidence to indicate that the practice of certain professions exposes individuals to elements harmful to their mental health. The author gives the example of a study which found a high frequency of cases of alcoholism and posttraumatic stress disorders, with or without depression. It also mentions that the action of the psychologist should be aimed at identifying these harmful elements and at the adoption of preventive measures in the workplace [2].

Posttraumatic Stress Disorder

A wide range of psychological effects of firefighter work originate from working conditions where psychological safety is threatened and attending traumatic incidents. Firefighters work shifts with long periods of inactivity meeting periods of high activity. Firefighter health depends on an organisational structure and the degree of a management support. Higher level of stress in firefighter work include major disasters and terrorist events, witnessing death or injury, exposed to hazardous substances, attending multiple fatalities or incidents involving infants and young children. Much of the research on the psychological impact of firefighting estimates the prevalence rates for posttraumatic stress disorder (PTSD), depression and other psychological illness. Prevalence rates depend on the specific group of firefighter studies.

According to the study of the Centre of Full Employment and Equity (CofFEE), it is common to find people having one or more psychological illnesses, such as, PTSD, depression, anxiety or substance abuse. A study of US firefighters over a two-year period found elevated levels of PTSD and alcohol abuse. PTSD was 26.5% and alcohol abuse was 36.2% at the base period. The rates decreased over the two-year period to 22.2% for PTSD and 29.7% for alcohol abuse.

Also suicide is a possible outcome of occupational stress. Alcohol, drugs, PTSD, depression, anxiety are a probability that firefighters may be more likely to commit suicide. On the other hand, it is not easy to determine whether there is some occupational link between firefighting and suicide due to the lack of data on the unreliability of data.

Empirical research reported the predictors of psychological distress like previous psychological problems, younger age, single, being injured, feeling unsafe, lower feeling of self-worth, lower level of social support, longer job experience and lack of control.

According to the International Association of Fire Fighters, the Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) is an anxiety disorder that can occur after someone experiences a traumatic event that caused intense fear, helplessness, or horror. PTSD can result from personally experienced traumas (e.g. rape, war, natural disasters, abuse, serious accidents and captivity) or from the witnessing or learning of a violent or tragic event.

- ✈ While it is common to experience a brief state of anxiety or depression after such occurrences, people with PTSD continually re-experience the traumatic event; avoid individuals, thoughts, or situations associated with the event; and have symptoms of excessive emotions.
- ✈ People with this disorder have these symptoms for longer than one month and cannot function as well as they did before the traumatic event.
- ✈ PTSD symptoms usually appear within three months of the traumatic experience; however, they sometimes occur months or even years later.

Symptoms for individuals with PTSD can vary and may fall into different categories. There is a category called Re-experience. Individuals very often experience recurrent and intrusive recollections of and nightmares about the stressful events. The literature lists the experiences flashbacks, hallucinations and vivid feelings of a person. Some other individuals experience psychological or physiological distress when some objects, situations, etc. remind them of the event. Many people suffering from PTSD persistently avoid things that remind them the traumatic event. This avoidance can lead to avoiding everything from thoughts, feelings, or conversation associated with the incident to activities, places, or people that cause them to recall the event. A lack of responsiveness might be signalled by an inability to recall aspects of the trauma, a decreased interest in formerly important activities, a feeling of detachment from others, a limited range of emotion, and feelings of hopelessness about the future. Also symptoms in this area may include difficulty falling or staying asleep, irritability or outbursts of anger, difficulty concentrating, becoming very alert or watchful, and jumpiness or being easily startled.

Although the chances of developing PTSD after a traumatic event are low, there are many factors associated with an increased risk of developing PTSD. When considering the transactional stress theory (TST) and general adaptation syndrome (GAS), there are noticeable differences in theoretical risk factors that would predispose a person to increased stress [4]. The TST tends to attribute specific personality factors and strong coping skills to an increased

resilience to stress [3] while the GAS places more emphasis on the duration and intensity of exposure to the stressor when determining the stress response [5]. In case of PTSD, it seems that both personality and coping factors, and intensity and duration of exposure to the stressor, are factors in the likelihood of developing PTSD.

Based on the literature available, increasing social support within departments and proactive teaching of coping skills to manage traumatic stress when it occurs should be areas of focus when developing PTSD preventative interventions in the firefighting population [6], [7]. Similarly, internal educational efforts may be useful in providing information and tools to members. Sommerfeld et al. (2017) found that captains lead the crew in terms of approach to mental health; consequently, to improve acceptance and openness regarding mental health issues, education for captains will potentially improve organisational acceptance for revealing mental health symptoms and also improve organisational knowledge about referrals and other sources of support for members in need [8].

Firefighters' Health Risks Prevention

It is necessary to identify protective factors that reduce the likelyhood of psychological distress. In general, it is the development of copying strategies and social support. Talking to workmates, friends and some black humour could belong to a group of the coping strategies. Social support operates through feelings of safety and security, social integration, recognition by others, availability of assistance if needed, access to advice and a sense of being needed by others.

Models of Occupational Health and Safety utilised knowledge of predictive and protective factors. Then the models are able to identify and address risks. There are risks that cannot be eliminated in the career of a firefighter. It is important to train staff to recognise the signs of psychological problems and have effective strategies in place to provide support for the affected staff.

Following the CofFEE recommendation, the preventive model should consist of these elements:

1. pre-crisis preparation;
2. demobilisation;
3. defusing;
4. critical incident stress debriefing (CISD);
5. individual crisis intervention;
6. pastoral involvement;
7. family or organisational crisis intervention/consultation;
8. follow-up referral and evaluation of possible psychological assessment and treatment.

Obstacles were identified to the success of support and welfare programs. The reluctance of firefighters was described as a dominant one.

Reasons are few, like:

1. the macho nature of the job and the "rescue mindset" of concentrating on helping others;
2. a preference for informal mechanisms such as talking to shift-mates;

3. reluctance to expose any weaknesses to fellow workers or management;
4. lack of confidence in the educational program.

Management plays an important role in programs to prevent adverse psychological effects. Inadequate support from the management might not lead to the planned health improvement triumph. Lack of support from the management presents serious problems for rewarding implementation of the welfare programs built to deal with psychological stress.

Safety planning, technology development, advances in personal protective equipment have not yet prevented firefighters from getting injured on the job. No doubt, firefighting is a very dangerous work. There are a lot of different choices how to achieve injury prevention as much as possible.

Research of Firefighters' Mental Health

This research focused on factors affecting firefighters' mental health. Also, this paper is searching for answers how firefighters used to apply different preventive measures to build up their physical and mental health.

Hypotheses

1. The time pressure a firefighter is exposed to, can significantly affect his health.
2. 24 hour shifts can affect firefighters' biorhythm and result in fatigue and fast temper changes.
3. Violation of healthy food consumption and adequate sleep regime result in health complications.
4. Firefighters are aware of adherence of mental health principles.
5. Firefighters do not exploit all the resources and methods to preserve their mental health.

Research methodology

For hypothesis verification, the research utilised questionnaires. The research was performed at an anonymous fire and rescue services department in the Slovak Republic. The questionnaires listed 33 questions, including open questions to survey how firefighters care about their mental welfare.

Questionnaire questions

- Personal data of the respondent (questions 1–4);
- an impact of time pressure on firefighters (questions 5–12);
- firefighters' sleep habits (questions 13–19);
- firefighters' healthy food habits (question 20–24);

- ✈ firefighters' knowledge about mental hygiene (questions 25–26);
- ✈ how firefighters apply mental hygiene in their everyday life (questions 27–33).

Answered questionnaires return graded 100%. The total number of respondents was 30, including 26 males and 4 females.

Age of respondents ranked from 18 to over 46.

- ✈ 23% of respondents aged from 18 to 25 years;
- ✈ 40% of respondents aged from 26 to 35 years;
- ✈ 27% of respondents aged from 36 to 45 years;
- ✈ 10% of respondents aged from 46 and over.

Hypothesis 1. Time pressure, a firefighter is exposed to, can significantly affect his health.

The research confirmed that firefighters are conscious about stress resulting from time pressure. They understand how much stress is put on them from time pressure and they have to deal with it. Also, the research results proved that senior firefighters can respond to stress less sensitively than their younger colleagues. Obviously, more time pressure stress was reported during night shifts.

Hypothesis 2. 24 hour shifts can affect the firefighters' biorhythm and result in fatigue and fast temper changes.

Firefighters knew how many hours of sleep they need to stay alert and active. But many times they do not afford themselves enough sleep. 50% of the respondents confirmed they are able to sleep daytime after a night shit.

Hypothesis 3. Violation of healthy food consumption and adequate sleep regime result in health complications.

Firefighters do not have regular meal times and their eating habits are usually formed by different break times during and after shits. Almost 40% of the firefighters do not visit canteens but prefer eating directly at their work places.

Hypothesis 4. Firefighters are aware of adherence of mental health principles.

The research proved that almost 50% of the firefighters care about their health hygiene. The rest of the respondents do not see mental hygiene as an important factor for their life.

Hypothesis 5. Firefighters do not exploit all resources and methods to preserve their mental health.

According to the research results almost 50% of the respondents used to relax after a shift. Preferably, they do some outdoor sport activities. An average time spent for outdoor sports was 12 hours a week. Others used to go socialising to unwind themselves. The rest of the respondents do not practise any active relaxing activities.

The research confirmed that firefighters should care about their mental health and use mental hygiene as a tool to relax and rejuvenate after shifts. Vital physical and mental health conditions play an important role for prompt and efficient interventions. Shifts work can have serious negative impact on one's health. Working nights and in a stressful environment, usually do

not burst into illness immediately. Many times, it takes years till the first signs of irregular working hours and terrible mental hygiene demonstrate symptoms of any health impairment.

Conclusion

Firefighting is very much a physically demanding occupation. Firefighters must be prepared to deal with all sorts of situations involving heavy lifting, bending, twisting. Devastating situations many times leave traces in their minds and memories are often regressed. There is a growing concern about behavioural health issues and the significant impact on wellness. The stress faced by firefighters and paramedics throughout the course of their careers – incidents involving children, violence, inherent dangers of firefighting, and other potentially traumatic events – can have a cumulative impact on their mental health and well-being. If a firefighter feels the stress from a job-related incident, that must be communicated with a trusted source, friend, co-worker, clergy, spouse, or family member and an employee assistance program. One must know that he/she is not left alone. Establishing lines of communication will help to process one's response to stress. Co-workers must also be very sensitive to the surrounding of their workplace. If someone is showing signs of job-related stress, we must observe and listen. We must be empathetic, not judgmental. The proper precautions like fire safety training, flame retardant materials, fire detection devices, standards and regulations, plus taking care of one's physical and emotional health, might help mitigate the damage and destruction from fire and the inherent stress firefighters encounter in their jobs [10].

References

[1] L. Contrera-Moreno, S. M. de Andrade, A. R. Motta-Castro, A. M. Pinto, F. R. Salas, and A. C. Stief, "Analysis of working conditions focusing on biological risk: firefighters in Campo Grande, MS, Brazil," *Work,* vol. 41, no. Supplement 1, pp. 5468–5470. 2012. DOI: https: //doi.org/10.3233/WOR-2012-0855-5468

[2] M. E. A. Lima, "A polêmica em torno do nexo causal entre distúrbio mental e trabalho," *Psicologia em Revista,* vol. 10, no. 14, pp. 82–91. 2003.

[3] M. Vollrath, "Personality and Stress," *Scandinavian Journal of Psychology,* vol. 42, no. 4, pp. 335–347. 2001. DOI: https: //doi.org/10.1111/1467-9450.00245

[4] A. Fraess-Phillips, Sh. Wagner, and R. Harris, "Firefighters and traumatic stress: a review," *International Journal of Emergency Services,* vol. 6, no. 1, pp. 67–80. 2017. DOI: https: // doi.org/10.1108/IJES-10-2016-0020

[5] J. M. Koolhaas, et al. "Stress revisited A critical evaluation of the stress concept," *Neuroscience and Biobehavioral Reviews,* vol. 35, no. 5, pp. 1291–1301. 2011. DOI: https: //doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.003

[6] J. Brown, G. Mulhern, and S. Joseph, "Incident-related stressors, locus of control, coping, and psychological distress among firefighters in Northern Ireland," *Journal of Traumatic Stress,* vol. 15, no. 2, pp. 161–168, 2002. DOI: https: //doi.org/10.1023/A: 1014816309959

[7] W. Corneil, R. Beaton, Sh. Murphy, C. Johnson, and K. Pike, "Exposure to traumatic incidents and prevalence of posttraumatic stress symptomatology in urban firefighters

in two countries," *Journal of Occupational Health Psychology,* vol. 4, no. 2, pp. 131–141, 1999. DOI: https: //doi.org/10.1037/1076-8998.4.2.131
[8] A. Sommerfeld, Sh. L. Wagner, H. Harder, and G. Schmidt, "Behavioral Health and Firefighters: An Intervention and Interviews with Canadian Firefighters," *Journal of Loss and Trauma,* vol. 22, no. 4, pp. 1–18, 2017. DOI: https: //doi.org/10.1080/15325024.2017.1284515
[9] F. Williams-Bell, A. Hogue, B. Kapralos, B. M. Murphy, and E. J. Weckman, "Using Serious Games and Virtual Simulation for Training in the Fire Services: A Review," *Fire Technology,* vol. 51, no. 3, 553–584, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1007/s10694-014-0398-1
[10] P. J. Norwood, J. Rascati, "Recognizing and Combating Firefighter Stress," *Fire Engineering,* vol. 165, no. 12, 2012.

Further Reading

M. G. Carey, S. S. Al-Zaiti, G. E. Dean, L. Sessanna, and D. S. Finnell, "Sleep Problems, Depression, Substance Use, Social Bonding, and Quality of Life in Professional Firefighters," *Journal of Occupational and Environmental Medicine,* vol. 53, no. 8, pp. 928–933. 2011. DOI: https: //doi.org/10.1097/jom.0b013e318225898f
Illinois Work Net Center, "Firefighters – working conditions", *Illinois Work Net Center,* Illinois Career Information System, 2018. [Online]. Available: https: //apps.il-work-net.com/cis/clusters/OccupationDetails/100318?parentId=111200&section=conditions&sectionTitle=Working%20Conditions
C. Minayo-Gomez, S. M. F. Thedim-Costa, "A construção do campo da saúde do trabalhador: percurso e dilemas," *Cadernos de Saúde Pública,* vol. 13, no. Supplement 2, S21–S32. 1997. DOI: https: //doi.org/10.1590/s0102-311x1997000600003

TŰZOLTÓK EGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATAI

A tűzoltók munkájuk sajátos jellegéből adódóan egyedülálló munkahelyi kockázatokkal szembesülnek. Folyamatosan durva munkakörnyezetben, túlzott hővel, sűrű füsttel, érzelmileg igényes helyzetekkel, extrém fizikai kihívásokkal és mérgező vegyszerekkel dolgoznak. Ez a tanulmány a tűzoltók munkakörülményeinek és mentális egészségének vizsgálatára irányult. A cikknek négy fő része van. Az első rész a tűzoltók egészségével kapcsolatos fő kockázatokról számol be. A következő rész a poszttraumatikus stressz-rendellenességgel foglalkozik. A tanulmány a pszichológiai zavarok előrejelzőit és a tűzoltók egészségmegőrzésének szempontjait említi. A cikk utolsó része a tűzoltók mentális egészségéhez kapcsolódó kutatások eredményeit taglalja és tágabb értelemben kell értelmezni – a repülőgépek, autók vagy hajók tűzoltásában részt vevő tűzoltókra is alkalmazható.

Kulcsszavak: *tűzoltó, kockázat, egészség, poszttraumásstressz-zavar*

Branko Mikula
Assistant
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Flight Preparation
branko.mikula@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-1644-8964

Iveta Vajdová (PhD)
Research Worker
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
iveta.vajdova@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-1231-8492

Edina Jenčová (PhD)
Assistant Professor
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
edina.jencova@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0003-2737-0119

Daniel Blaško (PhD, MBA)
Research Worker
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
daniel.blasko@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-3655-8327



http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/272/170

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 145–158. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.11

Pethő Szilvia

Az intuíció[1] mint humán tényező feltérképezése, fejlesztésének lehetőségei a repülésbiztonság hatékonyságának növeléséhez

A repülés egy olyan összetett tevékenyég, amelyben az emberi tényezőknek kiemelt jelentősége van. Az emberi hiba vagy az adott probléma észlelésének elmaradása balesethez, katasztrófához vezethet. Vizsgálatom során arra keresem a választ, hogy abban az esetben, ha a repülőgépet vezető pilóta vagy a légiforgalmi irányító képes lenne, hogy a baleset bekövetkezte előtt megérezze a fenyegető veszély jelenlétét és képes lenne annak megfelelően cselekedni, akkor megelőzhetővé válhatna-e a negatív kimenetel? Emiatt fontos kérdés lenne arra választ kapni, hogy a pilótajelöltek és légiforgalom-irányító jelöltek kiválogatásánál figyelembe lehetne-e venni azt a tényezőt, hogy az intuitíven racionálisan döntő emberek kellő gyakorlattal hatékonyabban képesek lennének elhárítani a baleseteket? Megfelelő gyakorlati tesztek bevezetésével képesek lehetnénk-e kiszűrni a jelöltek közül azokat, akik ilyen képességekkel rendelkeznek? Képesek lehetnénk-e e képesség fejlesztésére? Ami a gyakorlatban a negatív kimenetelű repülési események számának csökkenését tudná eredményezni.

***Kulcsszavak**: intuíció/megérzés, humán tényező, repülés, pilótajelölt, légiforgalmi irányító jelölt, egorugalmasság, észszerűség-megérzés, Firstbeat, Muse, barokamra, szimuláció*

Bevezetés

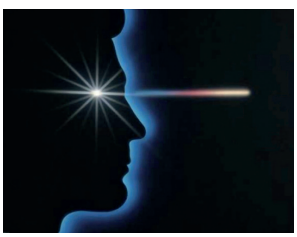
2004-től foglalkozom a hagyományos orvoslás mellett a betegek holisztikus szemléletű gyógyításával. A betegeim gyógyítása során és a magánéletemben is többször kerültem olyan döntési helyzetbe, amely során a racionális gondolkodásomat kiegészítve a megérzésekkel jóval előnyösebb döntésre sikerült jutnom, mint azok nélkül. Később tanulmányoztam a témával kapcsolatos szakirodalmat és tudatosan elkezdtem megfigyelni a hasonló döntési helyzeteimet és tudatosan kezdtem alkalmazni a megérzések adta lehetőségeket. A jelen vizsgálat során két kérdőív, egy teszt és egy részletes előzményi felmérés kitöltésével a pilóták és pilótajelöltek, valamint a légi forgalmi irányítók és irányítójelöltek csoportokra való elkülönítését követően szeretném felmérni, hogy kik tartoznak a csak racionálisan gondolkodó és döntéshozó, és kik tartoznak a megérzés alapon is gondolkodók közé. A kiválogatást követően azok a pilóták és jelöltek, akik vállalják, barokamrában egy szimulációs technika segítségével közel valós

[1] Intuíció: megérzés, beleérzés, belelátás, ráérzés.

környezetben fognak két szimulációt lerepülni, különböző időpontokban. A repülések során kollégáimmal rögzítjük a fontosabb életműködési jeleket és az agyi hullámokat. A repülés után kikérdezem és rögzítem a tapasztalatairól a jelölteket. A légi forgalmi irányítók tesztelése pszichológiai módszerekkel fog történni. A vizsgálatok végén a rögzített adatokat és a tapasztalatokat összegzem a kutatás eredményeként. A jelöltek kutatásban való részvétele önkéntes.

A megérzés definíciója

Jung[2] szerint egy tudatalatti képesség a lehetőségek észlelésére. Azaz miközben egy adott részproblémával foglalkozunk, látjuk az egészet is!



1. ábra
A megérzés sematikus ábrázolása [15]

Példák

Saját tapasztalataim

Egy melldaganatos beteg esete, amikor már percekkel előbb figyelmeztetett a megérzésem, hogy a betegnek rosszindulatú melldaganata van, mint mielőtt elmondta volna. Később miután a beteg beszámolt a panaszairól és elkészültek a képalkotó vizsgálatok egyértelműen beigazolódott a diagnózis.

Akupunktúrás kezelések során a betegek visszajelzései alapján sokkal jobban érzik magukat kezelések után, ha nem csak a tanult ajánlások alapján választom meg az akupunktúrás szúrási pontokat, hanem a szúrás előtti pillanatokban jövő megérzésekre hallgatva választom azokat ki.

A 4-es főúton közlekedve nyomtam a féket, mert ez a figyelmeztető érzés jelentkezett miközben látszólag semmi sem indokolta volna, de a következő pillanatban egy szembe jövő kamion mögött közlekedő autó hirtelen előzésbe kezdett. Sikerült a megérzésemre hallgatva megakadályoznom a frontális ütközés bekövetkeztét[3].

Ezek és az ehhez hasonló számtalan történet indított el abban, hogy elkezdjem a megérzésekről szóló irodalom felkutatását és mivel a „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó

[2] Jung: Carl Gustav Jung svájci pszichiáter, pszichológus, analitikus.
[3] Dr. Pethő Szilvia (Dr. Szénási Szilvia): repülőorvos szakgyakornok, háziorvos, sportorvos, hagyományos kínai orvos (saját jegyzetek és az orvoslásban szerzett tapasztalatok).

interdiszciplináris tudományos kutatási potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen GINOP-2.3.2-15-2016-00007" projektjében sportorvosszakértőként dolgozom, így e téma kiszélesítése a repüléssel kapcsolatban kifejezetten érdekessé vált számomra.

Történelmi és egyéb példák

Az Overlord[4]-hadművelet kapcsán Hitler nem hallgatott a megérzésére. Intuíciója azt sugallta, hogy a szövetségesek Normandiában kísérlik meg az inváziót, ám kivételesen hagyta, hogy a tábornokok többségi véleménye győzze meg.



2. ábra
Az Overlord-hadművelet előtti tanácskozás [16]

Eugene Kranz[5] feladata volt megteremteni az űrrepüléssel kapcsolatos döntésekhez szükséges környezetet és filozófiát. Ő képezte ki az irányítókat és az Apollo-11[6] Holdra szállásakor az ő feladata és felelőssége volt a holdraszállás irányítása. A feladat kapcsán többször került olyan helyzetbe, amikor a műszerek jelzései ellenére a saját megérzései kapcsán tovább engedte a leszállást, amely végül sikeres is lett.



3. ábra
Holdraszállás [12]

Egy forma-1-es versenyző a pályán elsőként a cél felé haladva a befutó előtti szakaszban a megérzéseire hallgatva lefékezte autóját, annak ellenére, hogy látszólag semmi sem indokolta.

[4] Overlord: Normandiai partraszállás-hadművelet.
[5] Eugene Kranz: repüléstechnikai mérnök.
[6] Apollo-11: Az Apollo-program ötödik űrutazókkal végrehajtott repülése az Apollo-11 volt.

Azonban a cél előtti szakaszon több autó ütközött egymásnak, így megérzésére hallgatva elkerülte az ütközést. Az esetet később elemezve arra a felismerésre jöttek rá, hogy a befutó előtti szakaszon ülő nézők ahelyett, hogy őt ünnepelték volna, néma csendben vártak. A versenyző agya tudatosan nem dolgozta fel ezt a külső környezeti tényezőt, de az agy ősibb része feltehetően a tapasztalatai kapcsán már igen és ki is adta a figyelmeztető jelzést.



4. ábra
Autóversenyző [13]

Barokamrai[7] szimuláció vége előtt 4 perccel kollégánk érezte, hogy valami rossz fog történni, és ezt követően egy perc múlva leállt a számítógép, túlmelegedés miatt.

Visszatekintés

Az intuíció a latin intueri[8] szóból származik, jelentése: megnéz, megtekint, megfigyel, belátni, rálátni. Időszámításunk előtt 7–6. század: próbálták a döntések okait megérteni és tanulni belőlük például egy sikeres harc kapcsán. Arisztotelész[9] szerint a közvetlen tudásra érzékeinken és tapasztalatainkon keresztül teszünk szert, tehát a tudományos feltevéseket és vizsgálatokat az intuíción keresztül lehet megérteni. Görög filozófusok szerint az intuíció olyan gondolat, megértés, amely nem következtetéseken alapul, ösztönös, amelyet az érzékszervek, a közönséges tapasztalat vagy egyszerűen az ész használata nélkül teszünk. A görögöktől kezdve a 17. századig az intuíciót összefüggésbe hozták a metafizikával, egyfajta módszernek tekintették a megfoghatatlan megragadására. Sigmund Freud[10] szerint az emberi észlelés, gondolkodás a tudatalatti tevékenységekhez tartozik. Carl Jung szerint a tudatnak négy alapvető funkciója van: az érzékelés, a gondolkodás, az érzelem és az intuíció. Kant[11] szerint az intuíció nem más, mint annak a felismerése, hogy a dolgok bizonytalanok. Ma: a termelés felgyorsulásával csökkent a dolgok megismerési ideje, ezért egyre nagyobb az igény az intuitív döntések iránt. Úgy tűnik azok a legsikeresebb emberek, akiknek érzéke van erre és ezt fel is használják

7 Barokamra: alacsony nyomású speciális kamra.
8 Intueri: megnéz, megtekint, megfigyel, belátni, rálátni.
9 Arisztotelész: görög tudós és filozófus.
10 Sigmund Freud: osztrák neurológus és pszichiáter, a pszichoanalitikus iskola megalapítója.
11 Kant: Immanuel Kant: német filozófus.

a döntéseik meghozatalához (Ron Schultz[12] [5]). Douglas Dean és John Mihalasky[13] 1960-ban 10 éves sikeres üzletemberekkel végzett kutatásuk eredményeként kiderítették, hogy az intuíció olyan készség, ami annál jobban érvényesül, minél fejlettebb valaki a vezetői ranglétrán.

Nem elég az intuitív döntési képesség, szükség van a tapasztalatra és a tudásra is, ami hozzájárul a teljes kép meglátásához, hiszen az intuíció ebből táplálkozik.

A döntéshozatal

Alapjai

Nincs két ugyanolyan probléma, de ami viszont egyforma, az a képesség, hogy az illető felismeri a lehetőségeket és azután a megfelelő irányt választja! Mi az, ami segíthet? A megérzések sora, amelyekre figyelve újabb lehetőségek nyílnak meg az agy kapacitásának kihasználásával, és a személyiség fejlődik [3].

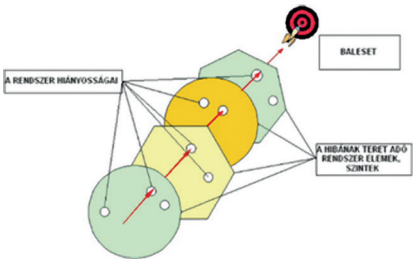


5. ábra
Döntéshozatal [14]

A megérzések és döntések szerepe a repülésben

A repülés egy olyan összetett tevékenység, gondolatok, cselekedetek sorozata, amely során bármikor bekövetkezhet a különböző tényezők együttes hibája, amely egy adott pillanatban balesethez, katasztrófához vezethet.

[12] Ron Schultz: író.
[13] Douglas Dean és John Mihalasky: kutatók, akik megpróbálták mérni és értékelni az intuitív tapasztalatok gyakoriságát és eredményeit a nagy, multinacionális vállalatok vezetői között, majd az adatokat feldolgozták.



6. ábra
Sajt-modell[14] [11]

A vizsgálat célja

Abban az esetben, ha a repülőgépet vezető pilóta vagy a légiforgalmi irányító képes lenne arra, hogy a baleset bekövetkezte előtt megérezze a fenyegető veszély jelenlétét és képes lenne annak megfelelően cselekedni, akkor megelőzhetővé válhatna a negatív kimenetel. Emiatt fontos lehetne már a pilótajelöltek és légi forgalmi irányító jelöltek kiválogatásánál figyelembe venni azt a tényezőt, hogy az intuitíven-racionálisan[15] döntő emberek kellő gyakorlattal hatékonyabban képesek lehetnek elhárítani a baleseteket. Megfelelő gyakorlati tesztek bevezetésével képesek lehetnénk kiszűrni a jelöltek közül azokat, akik ilyen képességekkel rendelkeznek, és képesek lehetnénk e képesség fejlesztésére is, ami a gyakorlatban a negatív kimenetelű repülési események számának csökkenését tudná eredményezni.

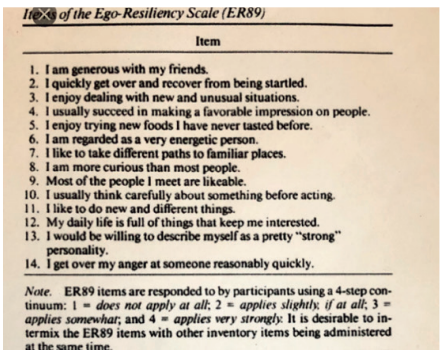
A vizsgálat menete és eszközei

Feltáró beszélgetést és kikérdezést követően, az észszerűség-megérzés kérdőív [2], az egorugalmasság kérdőív [4] valamint egy bal/jobb agyfélteki teszt[16] segítségével felmérem a jelöltek gondolkodási, döntéshozatali sémáját, majd ez alapján létrehozom a vizsgálati csoportokat. Elképzeléseim szerint tapasztalt pilóta, tapasztalt légi forgalmi irányító, pilótajelölt és légi forgalmi irányító jelöltekre. A csoportokon belül kiemelt fontosságú lesz, hogy mely jelölt tartozik a megérzés típusú és mely jelölt a racionális gondolkodásúak közé. Továbbá szükséges lesz elkülöníteni azokat is, akik képesek megérzés alapon változtatni az alapvetően racionális gondolkodási sémájukat. A vizsgálati csoportok kialakítását követően a pilóták és a pilótajelöltek barokamrában, közel élethű körülmények között fognak egy eseménymentes és egy balesethez vezető szimulációt lerepülni. A repülés alkalmával rögzíteni fogjuk a jelölt főbb életjelenségeit. Firstbeat-készülék[17] segítségével a szív tevékenysége, a pulzusvariancia[18], a Muse

[14] Sajt-modell: A modell alapja annak elfogadása, hogy az ember hajlamos a hibára. Amikor valaki vagy valakik a repülés rendszerében követnek el hibát, ezzel befolyásolva a repülés biztonságát.
[15] Racionális: ésszerű, értelmes, célszerű.
[16] Bal/jobb agyfélteki teszt: megmutatja, hogy az adott személy melyik agyféltekét használja jobban.
[17] Firstbeat-készülék: A szív működését rögzítő eszköz.
[18] Pulzusvariancia: a szívritmus változása.

készülék[19] segítségével az agy tevékenysége, az ujjra helyezett és a homlokon elhelyezett mérők segítségével a vér szaturációját[20] regisztráljuk. Az eseménymentes repülés kapcsán a jelölttől a vizsgálat végén nem várok megérzést, míg a baleset-kimenetelű szimuláció alkalmával igen, kifejezetten a baleseti szituációt megelőző periódusban.

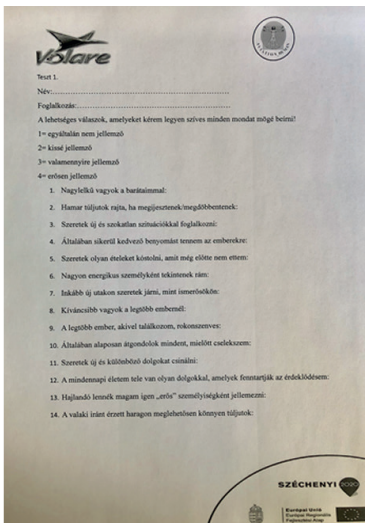
Egorugalmasság



Items of the Ego-Resiliency Scale (ER89)

Item
1. I am generous with my friends.
2. I quickly get over and recover from being startled.
3. I enjoy dealing with new and unusual situations.
4. I usually succeed in making a favorable impression on people.
5. I enjoy trying new foods I have never tasted before.
6. I am regarded as a very energetic person.
7. I like to take different paths to familiar places.
8. I am more curious than most people.
9. Most of the people I meet are likeable.
10. I usually think carefully about something before acting.
11. I like to do new and different things.
12. My daily life is full of things that keep me interested.
13. I would be willing to describe myself as a pretty "strong" personality.
14. I get over my anger at someone reasonably quickly.

Note. ER89 items are responded to by participants using a 4-step continuum: 1 = *does not apply at all*; 2 = *applies slightly, if at all*; 3 = *applies somewhat*; and 4 = *applies very strongly*. It is desirable to intermix the ER89 items with other inventory items being administered at the same time.



Vostare

Teszt 1.

Név:.....

Foglalkozás:.....

A lehetséges válaszok, amelyeket kérem legyen szíves minden mondat mögé beírni!

1= egyáltalán nem jellemző

2= kissé jellemző

3= valamennyire jellemző

4= erősen jellemző

1. Nagylelkű vagyok a barátaimmal:
2. Hamar túljutok rajta, ha megijesztenek/megdöbbentenek:
3. Szeretek új és szokatlan szituációkkal foglalkozni:
4. Általában sikerül kedvező benyomást tennem az emberekre:
5. Szeretek olyan ételeket kóstolni, amit még előtte nem ettem:
6. Nagyon energikus személyként tekintenek rám:
7. Inkább új utakon szeretek járni, mint ismerősökön:
8. Kíváncsibb vagyok a legtöbb embernél:
9. A legtöbb ember, akivel találkozom, rokonszenves:
10. Általában alaposan átgondolok mindent, mielőtt cselekszem:
11. Szeretek új és különböző dolgokat csinálni:
12. A mindennapi életem tele van olyan dolgokkal, amelyek fenntartják az érdeklődésem:
13. Hajlandó lennék magam igen „erős" személyiségként jellemezni:
14. A valaki iránt érzett haragon meglehetősen könnyen túljutok:

SZÉCHENYI 2000

7. ábra
Egorugalmasság kérdőív [eredeti, saját szerkesztés]

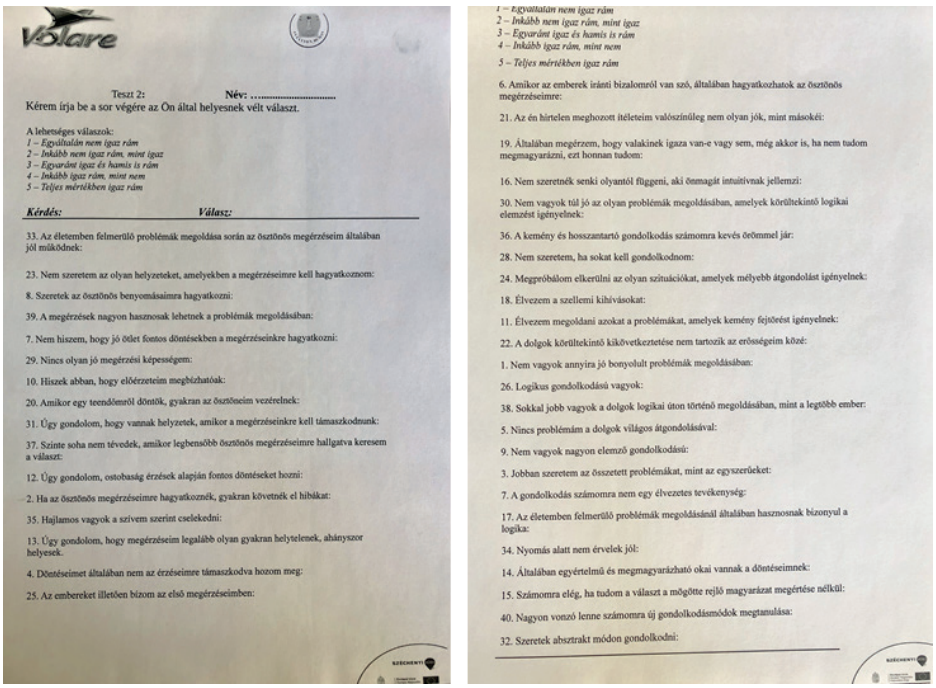
Az egorugalmas személyek nagymértékben alkalmazkodók a környezeti változásokhoz és képesek arra, hogy ennek függvényében szabályozzák viselkedésüket. Azok az egyének, akik kevésbé rugalmasak, nem tudnak ilyen jól adaptálódni a hirtelen változásokhoz, mivel kevésbé képesek hatékonyan változtatni a kontroll szintjét a szituáció[21] kívánalmainak megfelelően [1].
Az egorugalmasság alapján az egyének különböznek egymástól:

- magas rugalmasságú személyek jó problémamegoldók, jól tudnak alkalmazkodni a környezeti elvárásokhoz;
- alacsony rugalmasságúak: hajlamosak leragadni, kevésbé jó problémamegoldó képességgel rendelkeznek.

[19] Muse-készülék: Az agyi hullámok rögzítésére képes eszköz.
[20] Szaturáció: oxigéntelítettség.
[21] Szituáció: helyzet, állapot, körülmények.

Az észszerűség-megérzés kérdőív

Az észszerűség-megérzés kérdőív (Rational-Experiential Inventory; REI[22])[2], [4] és az egorugalmasság összefüggései azt mutatják, hogy az egorugalmas emberek egyaránt magas pontszámokkal rendelkeznek az észszerűség és a megérzés skálán is.



Volare

Teszt 2: Név: .....

Kérem írja be a sor végére az Ön által helyesnek vélt választ.

A lehetséges válaszok:
1 – Egyáltalán nem igaz rám
2 – Inkább nem igaz rám, mint igaz
3 – Egyaránt igaz és hamis is rám
4 – Inkább igaz rám, mint nem
5 – Teljes mértékben igaz rám

Kérdés: ***Válasz:***

33. Az életemben felmerülő problémák megoldása során az ösztönös megérzéseim általában jól működnek:

23. Nem szeretem az olyan helyzeteket, amelyekben a megérzéseimre kell hagyatkoznom:

8. Szeretek az ösztönös benyomásaimra hagyatkozni:

39. A megérzések nagyon hasznosak lehetnek a problémák megoldásában:

7. Nem hiszem, hogy jó ötlet fontos döntésekben a megérzéseinkre hagyatkozni:

29. Nincs olyan jó megérzési képességem:

10. Hiszek abban, hogy előérzeteim megbízhatóak:

20. Amikor egy teendőmről döntök, gyakran az ösztönöm vezérelnek:

31. Úgy gondolom, hogy vannak helyzetek, amikor a megérzéseinkre kell támaszkodnunk:

37. Szinte soha nem tévedek, amikor legbensőbb ösztönös megérzéseimre hallgatva keresem a választ:

12. Úgy gondolom, ostobaság érzések alapján fontos döntéseket hozni:

2. Ha az ösztönös megérzéseimre hagyatkoznék, gyakran követnék el hibákat:

35. Hajlamos vagyok a szívem szerint cselekedni:

13. Úgy gondolom, hogy megérzéseim legalább olyan gyakran helytelenek, ahányszor helyesek.

4. Döntéseimet általában nem az érzéseimre támaszkodva hozom meg:

25. Az embereket illetően bízom az első megérzéseimben:

1 – Egyáltalán nem igaz rám
2 – Inkább nem igaz rám, mint igaz
3 – Egyaránt igaz és hamis is rám
4 – Inkább igaz rám, mint nem
5 – Teljes mértékben igaz rám

6. Amikor az emberek iránti bizalomról van szó, általában hagyatkozhatok az ösztönös megérzéseimre:

21. Az én hirtelen meghozott ítéleteim valószínűleg nem olyan jók, mint másokéi:

19. Általában megérzem, hogy valakinek igaza van-e vagy sem, még akkor is, ha nem tudom megmagyarázni, ezt honnan tudom:

16. Nem szeretnék senki olyantól függeni, aki önmagát intuitívnak jellemzi:

30. Nem vagyok túl jó az olyan problémák megoldásában, amelyek körültekintő logikai elemzést igényelnek:

36. A kemény és hosszantartó gondolkodás számomra kevés örömmel jár:

28. Nem szeretem, ha sokat kell gondolkodnom:

24. Megpróbálom elkerülni az olyan szituációkat, amelyek mélyebb átgondolást igényelnek:

18. Élvezem a szellemi kihívásokat:

11. Élvezem megoldani azokat a problémákat, amelyek kemény fejtörést igényelnek:

22. A dolgok körültekintő kikövetkeztetése nem tartozik az erősségeim közé:

1. Nem vagyok annyira jó bonyolult problémák megoldásában:

26. Logikus gondolkodású vagyok:

38. Sokkal jobb vagyok a dolgok logikai úton történő megoldásában, mint a legtöbb ember:

5. Nincs problémám a dolgok világos átgondolásával:

9. Nem vagyok nagyon elemző gondolkodású:

3. Jobban szeretem az összetett problémákat, mint az egyszerűeket:

7. A gondolkodás számomra nem egy élvezetes tevékenység:

17. Az életemben felmerülő problémák megoldásánál általában hasznosnak bizonyul a logika:

34. Nyomás alatt nem érvelek jól:

14. Általában egyértelmű és megmagyarázható okai vannak a döntéseimnek:

15. Számomra elég, ha tudom a választ a mögötte rejlő magyarázat megértése nélkül:

40. Nagyon vonzó lenne számomra új gondolkodásmódok megtanulása:

32. Szeretek absztrakt módon gondolkodni:

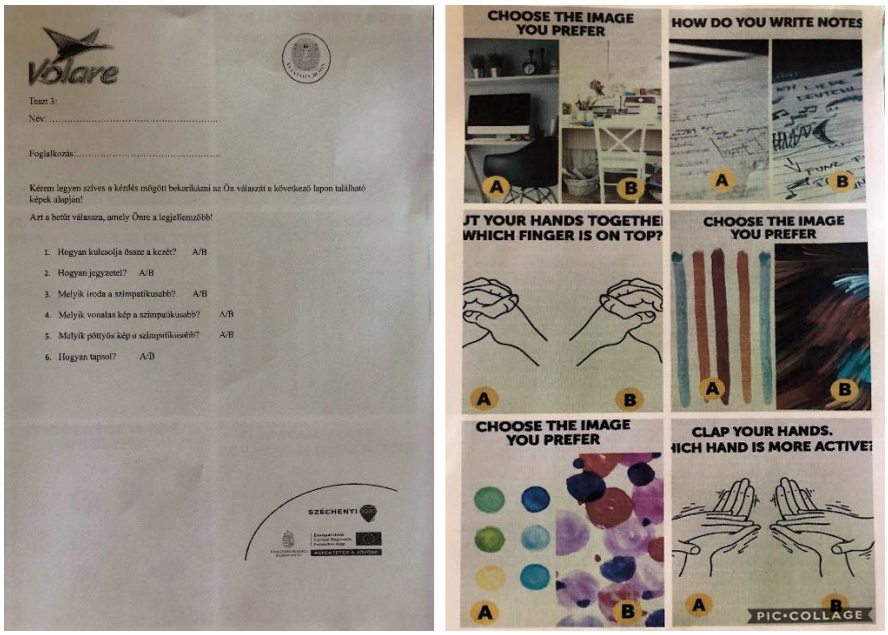
8. ábra
Észszerűség-megérzés kérdőív [saját szerkesztés]

Bal és jobb agyfélteki tesztek

A bal és jobb agyfélteke eltérései:

- a bal agyfélteki domináns[23] egyéneket a racionális, értékelő, logikus gondolkodás jellemzi. Az ebbe a csoportba sorolható döntéshozók jellemzően a tényekre, adatokra és a dolgok időbeni lefolyására koncentrálnak;
- a jobb agyfélteki gondolkodás segíthet a bizonytalanság, a kockázat elfogadásában és támogathatja a problémamegoldás intuitív, elképzelésekre alapozott válfaját. Ily módon a jobb agyfélteke domináns döntéshozók a bonyolultabb problémákra is találnak megoldást [5], [9].

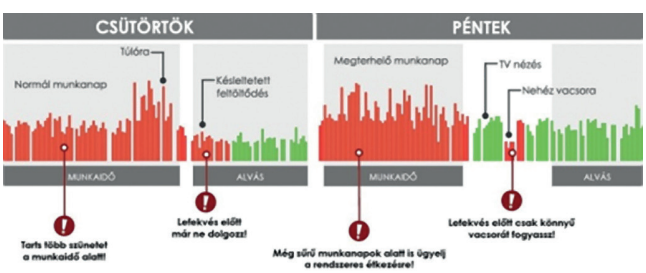
[22] Rational-Experiential Inventory; REI: észszerűség-megérzés kérdőív.
[23] Domináns:. uralkodó, meghatározó.



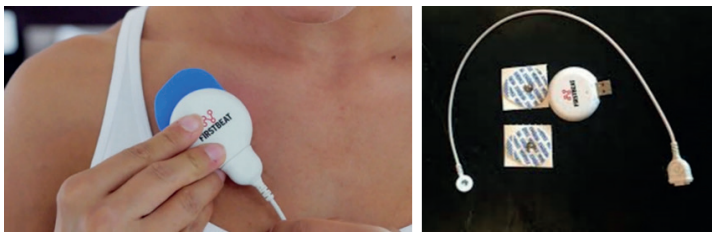
9. ábra
Bal és jobb agyfélteki tesztek [saját szerkesztés]

Firstbeat-készülék

Ez a vizsgálat egy pulzusvariancia alapú mérés és elemzés, ami képes megmutatni a szervezetet ért stresszt, feltöltődést, fizikai aktivitás és alvásminőséget. A barokamrai kísérleti repülés alkalmával a közel valós repülési szimuláció, a szervezetet ért hatások alapján képes arra, hogy a várt megérzés időtartamában rögzítse a pulzusvariancia változását és összehasonlítási alapot képezzen az eseménymentes repülés időtartalma során rögzített értékekkel.



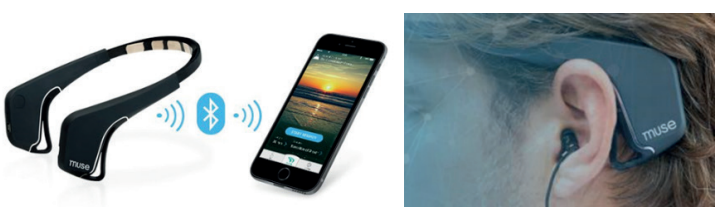
10. ábra
Firstbeat HR-értékelése [8]



11. ábra
Firstbeat-készülék felhelyezése és összetétele [8]

Muse-készülék

A Muse-készülék működését EEG[24]-szenzorok biztosítják, három található belőlük a fejpánt homloki részén és egy-egy a fülek mögött. Az EEG (elektroenkefalográfia) az agy elektromos aktivitását méri. Az egészségügyben az agyi diszfunkciók, például az epilepszia vizsgálatára használják. Az agy folyamatosan elektromos jeleket generál amikor gondolkodik, alszik vagy ellazult állapotban van. Ezeket a jeleket a fejen szenzorokkal lehet érzékelni. A MUSE ugyanazon az elven működik, amit az orvosok és kutatók használnak az agyhullámok mérésére. A fejpántnak 7 kalibrált elektródája van. 2 a homlok két oldalán, 2 a fül hátsó területén, és további 3 referenciaelektróda a homlok közepén található, amelyhez az agy elektromos aktivitását detektálják. A barokamrai kísérleti repülés alkalmával a közel valós repülési szimuláció, a szervezetet ért hatások alapján képes arra, hogy a várt megérzés időtartamában rögzítse az agyi hullámok változását és összehasonlítási alapot képezzen az eseménymentes repülés időtartalma során rögzített értékekkel.

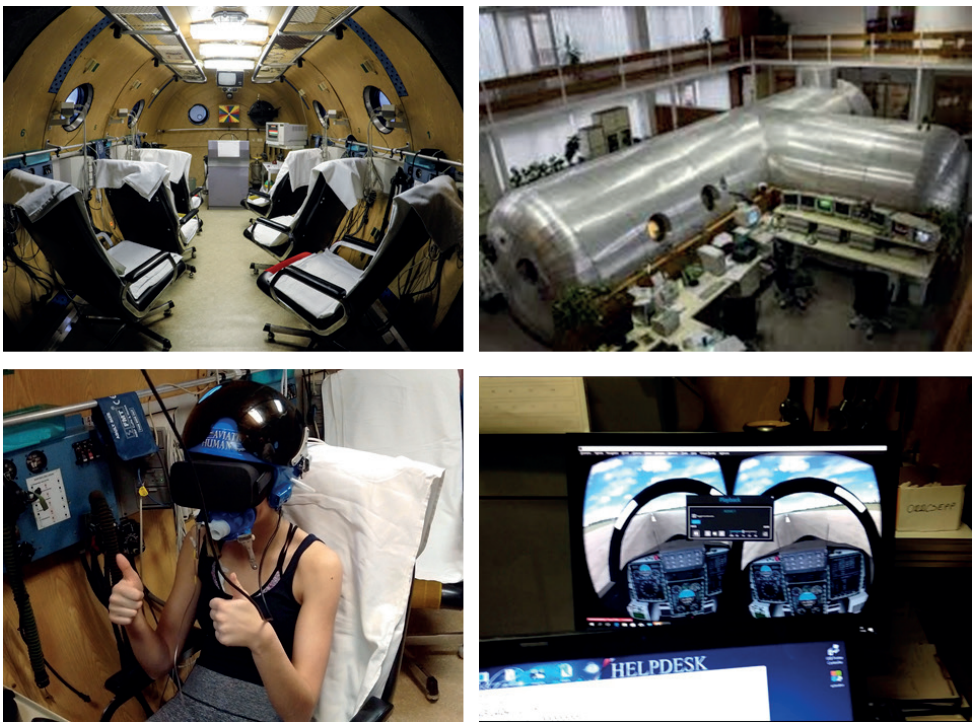


12. ábra
Muse-készülék felhelyezése és jelátvitel [7]

[24] EEG: elektroenkefalográfia, az idegsejtek elektromos aktivitásának regisztrálására szolgál valós időben.

Barokamrában végzett szimulált repülés

A jelöltek a RAVGYI[25]-ban található barokamrában 5500 m repülési magasságban végzik el a szimulált repüléseket. Speciális, erre a célra kialakított számítógép, monitor, virtuális szemüveg kiegészítéssel és repülési programmal.[26]



13. ábra
Barokamra szerkezete, jelölt és az eszközök elhelyezkedése [10]

Összefoglalás

A vizsgálat során a feltáró beszélgetést és kikérdezést követően, két kérdőív segítségével, azaz az észszerűség-megérzés kérdőív, illetve az egorugalmasság kérdőív, továbbá a jobb/bal agyféltéki tesztek felhasználásával a pilóták és pilótajelöltek, valamint a repülésirányítók és repülésirányító-jelöltek csoportokra való elkülönítése az alapján, hogy kik tartoznak a tapasztalt/tapasztalatlan vagy csak racionálisan gondolkodó és döntéshozó és kik tartoznak a megérzés alapon racionálisan gondolkodók közé. A továbbiakban a jelöltek a barokamrában a szimulációs technika segítségével közel valós környezetben fognak két szimulációt lerepülni. Az egyik

[25] RAVGYI: Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Repülőorvosi-, Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet, Kecskemét.
[26] A speciális szimulációs repülési program megalkotója Domján Károly MsC, Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítási Központ Híradó Informatikai Osztály.

repülés eseménymentes, míg a másik egy baleseti szituációt fog megjeleníteni számukra. A jelöltekre rögzített eszközök segítségével válik megfigyelhetővé az agyi hullámok, a pulzusvariancia, a homloklebenyi és végtagi oxigénszint-változásban bekövetkezett eltérések. A vizsgálat célja, hogy a pilótajelöltek kiválogatásánál figyelembe lehessen venni azt a tényezőt, hogy az intuitíven-racionálisan döntő emberek kellő gyakorlattal hatékonyabban képesek lehetnek elhárítani a baleseteket.

Gondolataimat az alábbi idézettel szeretném lezárni:

„Az ember általában érzi azt, hogy valami nem gömbölyű, felvillan benne a kétség szikrája; ez a legutolsó intő jel. Ha csak egy szikra kétséged is támad a hirtelen elhatározott manővert illetően, ha egy hangyányit is bizonytalan vagy, hogy szabad-e, lehet-e, tudom-e, akkor már biztos lehetsz benne, hogy nem szabad! nem lehet! Ne söpörd el ezeket a megérzéseket. Röviden és nagy betűkkel csak annyit kérek: VIGYÁZZ!"[27] [6]

Felhasznált irodalom

[1] I. Winkler Dr., „A rugalmasság szintjei: a percepciótól a személyiségig," BME TTK, Kognitív Tanszék, [Online]. Elérhető: http: //doktori.bme.hu/bme_palyazat/2013/honlap/Farkas_David.htm

[2] J. Bognár, G. Orosz, és N. Büki, „Az észszerűség-megérzés kérdőív magyar adaptációja és az egorugalmassággal mutatott összefüggései," *Pszichológia,* 34. évf. 2. sz. pp. 129–147, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1556/Pszicho.34.2014.2.3

[3] Z. Zoltayné Paprika, „Elemzés vagy megérzés: a stratégiai döntéshozatal gyakorlata Californiában és Magyarországon," Budapesti Corvinus Egyetem, 2008. [Online]. Elérhető: http: //real.mtak.hu/2690/1/68799_ZJ1.pdf

[4] S. J. Handley, S. E. Newstead, and H. Wright, "Rational and experiential thinking: A study of the REI," in *International Perspectives on Individual Differences,* R. J. Riding and S G. Rayner, Eds. USA: Ablex, 2000.

[5] R. Schultz, *Megérzés és döntés.* Network Twenty One Hungary, 1996.

[6] O. Daka, „Pilóta vagyok – élő pilóta," ***iho.hu,*** 2011. [Online]. Elérhető: http: //iho.hu/hir/pilota-vagyok-elo-pilota

[7] „Muse – meditációs fejpánt," ***muserelax.hu,*** [Online]. Elérhető: http: //muserelax.hu

[8] „Firstbeat," firstbeat.com, [Online]. Elérhető: www.firstbeat.com

[9] R. L. Atkinson, R. C. Atkinson, E. E. Smith, és D. J. Bem, *Pszichológia.* Budapest, Osiris, 1993.

[10] RAVGYI: Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Repülőorvosi-, Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet, Kecskemét.

[11] S. Klein, *Munkapszichológia, I-II.* Budapest: SHL Hungary Kft. 1998. p. 615–616.

[12] „Örökségvédelem alá helyeznék az első Holdra szállás helyszínét," ***librarius.hu,*** [Online]. Elérhető: https: //librarius.hu/2019/07/20/oroksegvedelem-ala-helyeznek-az-elso-holdra-szallas-helyszinet/

[13] „Gyengébb a McLaren versenyautó, mint az utcai," ***automotor.hu,*** [Online]. Elérhető: www.automotor.hu/sport/gyengebb-a-mclaren-versenyauto-mint-az-utcai-375248/

[27] Daka Olga: ma élő, aktív pilótanő.

[14] „Döntéshozatal – segítséggel II.," *das.hu,* [Online]. Elérhető: https: //das.hu/jogi-esetek-es-hirek/donteshozatal-segitseggel-ii/
[15] Székesfehérvári Reiki Klub, „Leromlott intuíció," [Online]. Elérhető: https: //reiki.timba.biz/leromlott-intuicio/
[16] T. Elter, „Hitler megérzései ellenére sem hallgatott a Sivatagi Rókára," *origo.hu,* [Online]. Elérhető: www.origo.hu/tudomany/20161115-szazhuszonot-eve-szuletett-erwin-rommel-vezertabornagy-a-masodik-vilaghaboru-egyik-leghiresebb.html

MAPPING INTUITION AS A HUMAN FACTOR AND DEVELOPING IT IN ORDER TO INCREASE AVIATION SAFETY

Aviation is a complex activity in which human factor has a major importance. Human failure or missing to perceive the given problem may lead to accidents and catastrophe. In my research, I am looking for the answer to the following question: provided that before the accident the pilot or the air traffic controller were able to feel the dangers looming ahead and acted accordingly, could negative outcome be prevented? By selecting pilot and air traffic controller candidates, could we take it into account that people making a decision intuitively-rationally, would be able to avoid accidents effectively? Introducing the proper tests, could we sort the candidates who have these qualities? Could we improve these qualities? It would result in decreasing the number of aviation events with negative outcome.

Keywords: *intuition, human factor, aviation, pilot candidate, air traffic controller candidate, ego-flexibility, rationality-divination, simulations*

Dr. Pethő Szilvia (Orvosi név: Dr. Szénási Szilvia)
Orvos
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
doktorszenasiszilvia@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7480-3063

Szilvia Pethő, Dr.
Doctor
National University of Public Service
doktorszenasiszilvia@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7480-3063

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

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_HUMAN" nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.





http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/338/171

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 159–175. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.12

Réz Levente

A légierő tűztámogatási feladatai

A légierő az összhaderőnemi műveletekben részt vesz a szárazföldi csapatok tűztámogatásában, végrehajtja a légi szállítási, a fontosabb objektumok és csapatcsoportosítások oltalmazási, továbbá a légi kutató-mentő feladatokat. Cikkemben bemutatom a légierő tűztámogatási feladatait szabályzó okmányrendszert, az alkalmazható repülőeszközök és fegyverrendszerek harcászat-technikai jellemzőin keresztül ismertetem a hazai harcászati repülő, illetve helikopteres erők által biztosított tűztámogatási lehetőségeket, valamint azok tervezésének és koordinálásának kérdéseit.

Kulcsszavak: *összhaderőnemi műveletek, légierő, harcászati repülő, helikopter, tűztámogatás*

Bevezető

A NATO-elvek szerint az ellenséges erők és eszközök megsemmisítése 40–40%-ban a légierő és a tüzérség feladata, és csak a maradék 20%-kal szemben engedhető meg a páncélos, gépesített, felderítő vagy gyalogos erők szemtől szembeni harca.

A harc megvívása során törekedni kell a saját veszteségek csökkentésére, az ellenséges erők lehető legnagyobb mértékű pusztítására. Ha figyelembe vesszük a tűztámogatás okán szükségszerűen elérendő 80%-os megsemmisítési arányt, akkor megállapítható, hogy milyen fontos a tüzérség, illetve a tűztámogatásba bevonható egyéb erők – mint például a légierő – harca.

Mielőtt részleteiben tekintenénk a légierő tűztámogató feladatrendszerét, érdemes azokat a területeket azonosítani, amelyekben a légierő a képességeiből adódóan aktív szerepet képes vállalni. Ehhez fogalmi szinten kell megvizsgálni a tűztámogatást. „*A tűztámogatás a célfelderítés, a megosztott irányzású tűzeszközök, a harci repülőeszközök, valamint más pusztító és nem halálos pusztító eszközök és támogatási módok, együttes és egyeztetett alkalmazása*”[1]. A fogalomból látható, hogy három olyan, a légierő vonatkozásában releváns terület létezik, amelyek a tűztámogatás szerves részét képezik. Ezek a célfelderítés, a harci repülőeszközök, illetve a nem halálos pusztítóeszközök harca. Ha a légierő célfelderítő-képességét vizsgáljuk, akkor meg kell említeni azt az eszközt, amely leginkább alkalmas az ellenséges szárazföldi erők elhelyezkedésére, felépítésére illetve harctevékenységére vonatkozó információk biztosítására.

Ezek a JSTARS[1]-erők. A JSTARS egy egyesített rádiólokációs felderítő és csapásrávezető rendszer, amely egy Boeing 707-300 típusú repülőgép átalakításával készül (1. ábra). A JSTARS biztosítja a földi célok felderítését és a csapásmérést a légi eszközök rávezetésével.

[1] JSTARS – Joint Surveillance Target Attack Radar System.



1. ábra
Boeing 707-300 E-8 JSTAR [2]

A fogalom második elemeként a harci repülőeszközöket, illetve azok harcát kell kiemelni. A tűztámogatásba bevonható harci repülőeszközök lehetnek harcászati repülők, illetve helikopter erőkhöz tartozó harci helikopterek. A harci repülőeszközök a tűztámogatási feladataikat a fedélzeti tűzeszközeik által biztosítják. Ezek lehetnek irányítható és nemirányítható rakéták, légibombák, vagy pedig fedélzeti géppuskák és gépágyúk. Az említett fegyverek alkalmazási köre nagymértékben függ a pusztítandó ellenséges erők és eszközök, infrastruktúra természetétől (páncélvédettségétől).

A fogalom – légierőt érintő – harmadik elemeként a nem halálos fegyverek tevékenységeit kell megemlíteni. Nem halálos fegyvernek kell tekinteni mindazon eszközöket, amelyek harcbavetése biztosítja az ellenséges erők és eszközök hadrafoghatósági szintjének csökkentését. Ezen eszközök sorából markánsan emelkednek ki azok, amelyek alkalmazásával bénítani lehet az ellenséges vezetés híradó- és informatikai rendszerét.

Miután tisztáztuk azokat a tűztámogatás tekintetében fontos szerepköröket, amelyekben a légierő a képességeiből adódóan aktívan képes szerepet vállalni, érdemes a vonatkozó feladatrendszert doktrinális szempontból is vizsgálni.

A légierő tűztámogatási feladatainak szabályzói

Amikor a tűztámogatási feladatok végrehajtását szabályzó dokumentumokat vizsgáljuk, akkor elsősorban a szövetséges szintű szabályzókat kell áttekinteni.

A tűztámogatási feladatrendszer vonatkozásában a legfelsőbb szintű szabályzóként a NATO Légi- és űrműveletek egyesített doktrínáját (a továbbiakban: AJP-3.3) kell vizsgálni. A dokumentum elvi szinten vizsgálja a légierő által végrehajtandó harceljárásokat, bemutatja a szövetséges légi hadviselés filozófiáját.

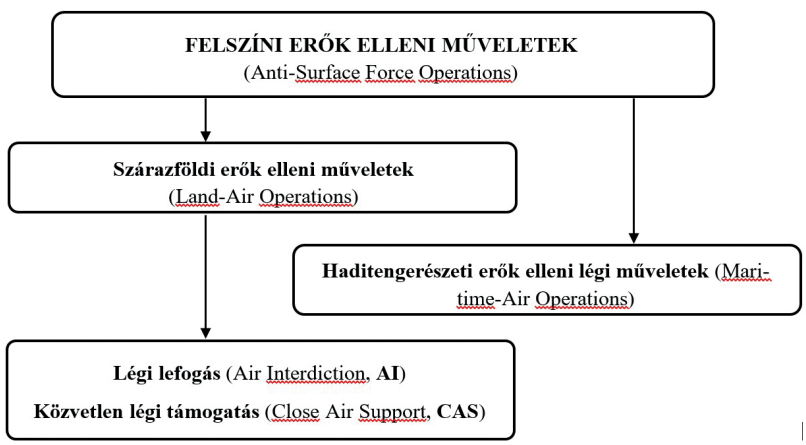
A doktrína első fejezete a légi- és űrdoktrína alapelveit foglalja össze. Megtalálhatók benne – több más meghatározás mellett – a légi műveletek definíciói. A második fejezet a „*Légierő alkalmazása*" címet viseli. Ebben a részben a légi- és űreszközök alkalmazásának alapvető fogalmait tisztázzák, meghatározzák a háború szintjeinek fogalmát, az összhaderőnemi és szövetséges hadműveleteket, valamint a légierő alkalmazásának az alapelveit. A negyedik

fejezet címe „*Szövetséges összhaderőnemi légi műveletek*”. Ezen műveletek az alábbi kategóriákba sorolhatók [3]:

1. légi szembenállási műveletek;
   - ✈ támadó légi szembenállás;
   - ✈ védelmi légi szembenállás;
2. hadászati légi művelet;
3. felszíni erők elleni műveletek;
4. támogató légi műveletek.

A NATO harcászati repülő doktrínájának [4]· [a továbbiakban: ATP-33(B)] 5. fejezete az ellenséges felszíni erők és eszközök elleni légi hadműveletekkel foglalkozik. A fejezetben foglaltak szerint „*a felszíni erők és eszközök elleni légi hadműveletek mind a szárazföldi, mind a tengeri erők ellen irányulhatnak. Céljuk az ellenség katonai potenciáljának szétzúzása, semlegesítése, gyengítése vagy késleltetése*”. A műveletek főbb feladattípusai a következők (2. ábra):

1. légi lefogás;
2. támadó légi támogatás, amely a következőkre osztható fel:
   - ✈ a harctevékenység körzetének légi lefogása;
   - ✈ közvetlen légi támogatás;
   - ✈ harcászati légi felderítés;
   - ✈ a tengeri hadműveletek harcászati légi támogatása.



2. ábra
A légi műveletek típusai [4]

A tűztámogatásban való részvétel elemzésénél feltétlenül ki kell emelni, hogy a magyar légierő e típusú feladatokba bevonható harcászati repülő és helikopter erői a támadó légi támogatás rendszerében oldják meg feladataikat. Az AJP 3.3 alapján meghatározhatóvá váltak a légierő támadó légi támogatásának fajtái, amelyek a közvetlen légi támogatás, a harcmező légi lefogása, légi lefogás a mélységben és a harcászati légi felderítés.

A támadó légi támogatás jellemzője, hogy összhaderőnemi szinten tervezett és koordinált célok elleni művelet, közvetlenül befolyásolja a szárazföldi művelet lefolyását, adott esetben

sikerét is. A saját csapatok peremvonala és a hadtest felelősségi körzetének meghatározott határvonala között hajtják végre és része a harcászati légi műveletnek.

Az AJP-3.3.2(B) szerint „*A harctéri légi lefogás olyan célok ellen irányul, melyek közvetlenül hatást gyakorolnak a saját szárazföldi erőkre, összhaderőnemi tervezést és koordinálást igényel, azonban a végrehajtás fázisában nem követelmény a szárazföldi és a légierő haderőnem közötti folyamatos koordinálás. Célja az ellenséges katonai potenciál rombolása, a szárazföldi erők objektumainak pusztítása, semlegesítése vagy alkalmazásának késleltetése a harctevékenységi körzetbe való beérkezésük előtt*" [5]. A saját erőktől olyan távolságra végrehajtott légi művelet, amely nem kívánja meg, hogy minden egyes légi bevetés részleteiben egyeztetve legyen a saját erők tüzével és mozgásával. Ezt a feladatot általában merevszárnyú repülőgéppel hajtják végre. A JP 3-09 szerint „***a közvetlen légi támogatás a saját szárazföldi erők szoros közelségében lévő ellenséges erők ellen irányul, amikor feltétlenül szükséges a saját szárazföldi erők tüzének és mozgásának, illetve a közvetlen légi támogatást végrehajtó erők tevékenységének részletes és konkrét összehangolása. A közvetlen légi támogatás merev- és forgószárnyas repülőeszközökkel is végrehajtható***" [6].

A „*Helikopterek alkalmazása szárazföldi műveletekben*" [7], [a továbbiakban: ATP-49(E)] elnevezésű szövetségi dokumentum 6. fejezete már részleteiben taglalja, hogy hogyan kell e műveletekre felkészülni, ezeket megtervezni. A szabályzó 7–8. fejezete pedig a harcihelikopter-kötelékek harcbavetését, harctevékenysége végrehajtásának elveit írja le.

Az ATP-49(E) tűztámogatás szempontjából legjelentősebb tartalmi része azonban a 7. fejezetben található, ahol részleteiben megtalálhatók a szárazföldi haderőnem, illetve a légierő közös tervezési megfontolásai a légi és földi műveletek tűztámogatása érdekében. Pontosan rögzítik, hogy a haderőnemek fegyvernemeinek tűztámogatási feladatait csakis közösen lehet megtervezni, azokat egymásra épülve vagy egymást kiegészítve hajtják végre.

A légierő fegyvernemei tűztámogatási feladatainak elemzésénél meg kell még említeni a Magyar Honvédség Légierő Doktrínáját, illetve ki kell emelni a tűztámogatási feladatokba bevonható erők tevékenységét szabályzó egység szintű „***Állandó Működési Eljárásai***"[2] című dokumentumot (a továbbiakban: SOP) [8]. Az SOP már géppár szinten taglalja a harci helikopterek eljárásait a saját erők tűztámogatása érdekében.

A tűztámogatási feladatok tervezése és koordinálása

A szárazföldi csapatok hatékony tűztámogatása – az összpontosított tűzhatáskifejtés – a légierő erőforrásainak tömeges alkalmazását követeli meg, amelynek tervezése a támogatást igénylő szárazföldi parancsnok kérése alapján kezdődik meg.

A közvetlen légi támogatásra vonatkozó kérést megelőzően a támogatást igénylő parancsnoknak meg kell határoznia, hogy a cél légi támadásra alkalmas-e, illetve azt hogy az szárazföldi tüzéreszközökkel pusztítható-e vagy sem. Amennyiben a cél alkalmas a repülőeszközök általi pusztításra és a szárazföldi tüzérség a feladat-végrehajtásra nem vehető igénybe, vagy képességei nem elegendőek a kívánt cél eléréséhez, a közvetlen légi támogatási igényt akár előre tervezett, akár azonnali, az egység légi összekötőn, valamint a tűztámogató koordinátoron keresztül a hadműveleti részlegnek kell továbbítani.

[2] SOP – Standing Operational Procedure.

A közvetlen légi támogatás iránti igényeket a felső vezetési szint tűztámogatást koordináló szerve (tűztámogatási koordinációs központ) hagyja jóvá. A közvetlen légi támogatást az igénylő szárazföldi parancsnoknak olyan célok ellen kell használnia, amelyek megsemmisítése a legeredményesebb módon járul hozzá a szárazföldi erők sikeréhez.

Balogh Imre vezérőrnagy[3] vitaanyagában [9] kifejtette, hogy „*A tűztámogatási feladatok koordinálására a szárazföldi erők fő vezetési pontján tűztámogatási koordinációs központot kell létrehozni, mely központba tüzér, csapatrepülő, csapatlégvédelmi és légierő képviselők kerülnek beosztásra. A központ alapvető feladata a tűztámogatással kapcsolatos műveletek koordinálása* […]". A szárazföldi erők parancsnoka által irányított tűztámogatással kapcsolatos műveleteket az AArtyP-1 Tüzérségi eljárások című kiadvány [10] szerint kell tervezni és szervezni. Ez a szövetségi kiadvány a tűztámogatást nyújtó fegyverek harcászati alkalmazására vonatkozik. A tűztámogatás tervezése során kiemelten fontos a tervezési szabályzóvonalak kijelölése. Tervezési szabályzóvonalként meg kell jelölni a saját csapatok első vonalát, az ellenség első vonalát, a tűztámogatás (koordinációs) szabályzóvonalát (FSCL)[4].

A tűztámogatási koordinációs vonalat a megfelelő szárazföldi erő parancsnokának kell megállapítania, hogy biztosítsa a vezetése alá nem tartozó tűz koordinálását, amely hatással lehet a folyó harcászati műveletekre. A tűztámogatási koordinációs vonal kijelölését a megfelelő repülőparancsnokkal és a támogatásban érintett egységekkel össze kell hangolni.

A tűztámogatási feladatok előkészítése során kiemelten fontos:

1. a vezetési és irányítási rendszabályok megléte, azok következetes alkalmazása;
2. a tűzvezetési szabályok, a tűztámogatást koordináló eljárások maradéktalan betartása;
3. a kölcsönös felismerés és a harci alkalmazás szabályainak egyértelmű meghatározása, alkalmazása a műveletek során. A repülőerők tűzpusztításban való biztonságos részvételének elengedhetetlen feltétele a szárazföldi erők saját repülőeszközökről történő megbízható azonosításának biztosítása nappal és éjjel, bármilyen időjárási viszonyok között. A saját csapatokra való tüzelés kockázatának csökkentése kulcseleme a repülő összekötő tiszteknek a szárazföldi erők vezetési pontjaira, illetve az előretolt repülésirányítók műveleti területre történő kiküldése [11].

A tűztámogatásban részt vevő repülőerők tevékenységének tervezését, szervezését a Légierő Vezetési és Irányítási Központja[5] hajtja végre. A Központ biztosítja a légierő parancsnok részére a központosított vezetés feltételeit, a légi műveletek tervezési feladatainak végrehajtását, a folyó műveletek irányítását és a műveletek eredményeinek kiértékelését.

A Légierő Vezetési és Irányítási Központ alárendeltségében Légi Műveleti Koordináló Központot[6] telepítenek a szárazföldi hadtest hadműveleti központjára (fő harcálláspontjára). A Légi Műveleti Koordináló Központ egyetemlegesen koordinálja a támadó légi támogató művelet repülőbevetései iránti igényt. Alapvető feladata a közvetlen légi támogatással és a harctéri légi lefogással kapcsolatos koordinálási feladatok végrehajtása a szárazföldi haderőnem, illetve a légierő között.

[3] Balogh Imre vezérőrnagy, Magyar Honvédség Légierő Parancsnok 2001–2004.
[4] FSCL – Fire Support Coordination Line.
[5] AOC – Air Operations Centre.
[6] AOCC – Air Operational Coordination Centre.

Feladatai közé tartozik:

1. tanácsokkal, javaslatokkal támogatni a szárazföldi erők parancsnokát a támadó légi támogatással kapcsolatban;
2. értékelni, koordinálni és feldolgozni a támadó légi támogatási igényeket;
3. figyelemmel kísérni a támadó légi támogató műveletet, értékelni eredményeit;
4. nyilvántartani a célpontok sorsát és koordinálni a szükséges ismételt bevetéseket,
5. figyelemmel kísérni és továbbítani az időjárás-jelentést és az előrejelzéseket;
6. megszervezni és felügyelni a harcászati repülésirányító csoportok, a repülő összekötő tisztek és az előretolt repülésirányítók tevékenységét.

Szükség esetén a légierő parancsnoka a feladatszabó jogkört a légi műveleti koordináló központra delegálhatja. A tervezés, szervezés és a végrehajtás időszakában szorosan együttműködik a szárazföldi erők hadműveleti központjával és a tűztámogatási koordinációs központtal [4].

Támadó légi támogatás összfegyvernemi műveletekben

A témát Balogh Imre a következők szerint elemezte „*Támadó műveletekben a támadó légi támogatás a művelet egyik alapvető eleme, amikor pusztítandó célként a legközelebbi ellenséges főerő kerül megjelölésre* […]". Alkalmazható a szárazföldi fegyverek hatótávolságán kívül is a kritikus célok támadására, súlyt ad a szárazföldi csapatok támadásának és biztosítja azok lendületét. Fontos tűztámogató erőforrás, ami megakadályozza az ellenség védelmének megerősítését. Az ellenség visszavonulásakor, vezetési-irányítási rendszer rombolására, a mozgékonyság akadályozására, a beérkező megerősítő erők lefogására alkalmazható.

„*Védelmi műveletekben a támadó légi támogatás során általában az azonnali jelleg érvényesül, míg az előre tervezett feladatokhoz való elosztás kiegészítő tűztámogatást biztosít a szárazföldi erők részére* […].

Késleltető műveletekben a támadó légi támogatás az ellenség követőerőinek megsemmisítésére, semlegesítésére irányul a megközelítési útvonalakon, hidakon, kereszteződéseknél, átkeléseknél […]". Bizonyos helyzetekben kiegészítő tűzösszpontosítást is lehetővé tesz.

„*A fő védelmi harc során a támadó légi támogatás elsősorban a mélységben összevont és támadásra készülő, majd a közlekedési útvonalakon felvonuló erőkre összpontosul.*

Kiemelten fontos az ellenség követő-erőinek harcbavetés előtti pusztítása […]"

„*A biztosító erők harcai során a legközelebbi le nem kötött ellenséges főerő ellen irányul, támogatást nyújt a biztosító erők feladat-végrehajtásához, harcból való kivonásukhoz és a védőkörleten való átjutásukhoz* […]" [9].

Az elemzés alapján látható, hogy a szárazföldi csapatok műveletei elképzelhetetlenek légi támogatás nélkül.

A magyar honvédség légierejének tűztámogató-képessége

Harcászati repülők

A Magyar Honvédségnél rendszeresített a harcászati repülőgép a JAS-39 Gripen (3. ábra). Ezt a negyedik generációs könnyű repülőgépet, a svéd Saab, Ericsson, Volvo és Celsius Aerotech cégekből megalakult konzorcium, az Industrigruppen JAS gyártja. Tervezésénél alapvető szempont volt a többcélú alkalmazhatóság, amit a típusneve is tükröz. A JAS a Jakt (Vadász), Attack (Támadó), Spaning (Felderítő) szavak rövidítése. A típust – elsőként a Svéd Királyi Légierőben – 1996-ban állították szolgálatba.



3. ábra
JAS-39 vadászrepülőgép [12]

Hazánkban a délszláv háború idején merült fel első alkalommal az akkor hadrendben lévő orosz vadászrepülőgépek lecserélése. A Magyar Honvédség már a Horn-kormány idején pályázatot írt ki két repülőszázadnyi korszerű vadászrepülőgép beszerzésére. A JAS-39 típusú repülőgépek lízingeléséről szóló döntést 2001. szeptember 10-én jelentették be.

Visszautalva a tűztámogatás fogalmi megközelítésénél vizsgált azon képességekre, amelyet a légierő képes biztosítani, a Gripen vonatkozásában ki kell emelni a célfelderítő képességet. A repülőgép orr-részébe épített PS/05A moduláris felépítésű, impulzus doppler-rádiólokátor. A célfelderítést biztosító lokátor lefelé néző képességekkel és megfelelő zavarvédettséggel rendelkezik. Az 5 m^2-es hatásos visszaverő felületű célt 120 km-ről, földi célokat (például úton haladó autókat) 90 km-ről képes észlelni. A lokátor keresés közbeni szögsebessége 60°/s. A lokátor képes passzív üzemmódban működni, ekkor nem bocsát ki rádiósugárzást (4. ábra).



4. ábra
PS/05A lokátor [13]

A lokátor képességei kapcsán meg kell említeni a nagy távolságú keresés/követés funkciót, a felszíni célok távolságmérését, a nagyfelbontású térképezési funkciót, illetve az automatikus gépágyú- és rakéta-tűzvezetést.

A felszíni földi erők, illetve a nem vagy csak enyhén páncélozott járművek pusztítását biztosítja a repülőgép törzsének bal oldala alatt, a levegőbeömlő nyílás vonala mögé épített Mauser BK-27 gépágyú (5. ábra).



5. ábra
Mauser BK-27 gépágyú elhelyezkedése a JAS-39-en [14]

A 27 mm űrméretű gépágyú tűzgyorsasága 1680 lövés/perc, (kiképző üzemmódon pedig 300 lövés/perc).

A Gripen szárny alatti tartókra függeszthető AGM[7]-65 Maverick optikai, önirányítású földi célok elleni rakétát (6. ábra), alapvetően a közvetlen légi támogatási feladatok végrehajtására fejlesztették ki. A rakéta nagy hatékonysággal vethető be a harcászati célok (például: páncélozott erők, páncélvédettséggel rendelkező vezetési és irányítási pontok, légvédelmi komplexumok, járművek vagy logisztikai jellegű raktárbázisok) pusztítására.

A rakéta hatótávolsága nagy magasságról indítva 27 km, kis magasságból pedig 13 km. A Magyar Honvédség rendelkezik mind kumulatív robbanó, mind pedig repeszromboló töltetű változattal. A honvédségnél rendszeresített AGM-65G modell infravörös önirányítással rendelkezik. A robbanótöltete megnövelt méretű, így lehetőséget nyújt az erősen páncélozott célok pusztítására. A szintén rendszeresített AGM-65H modell fókuszálni képes optikai része kifejezetten a sivatagi körülmények között fellépő zavaró tényezők kiküszöbölésére lett kifejlesztve. Robbanótöltete megegyezik a „G" modellével.



6. ábra
AGM-65 Maverick levegő-föld rakéta magyar Gripenen [15]

A hazai Gripenek a tűztámogatási feladatok támogatásához két légibomba típust alkalmaznak. Ezek az MK-82 és MK-83 repeszromboló légibombák, amelyeket az Amerikai Egyesült Államokban terveztek és jelen időszakban is gyártanak. Az MK-82 a Mark 80 LDGP[8] sorozatú bombák legkisebb típusa, névleges tömege 227 kg, az MK-83 pedig ugyanezen bombacsalád közepes tömegű típusa, 454 kg-os névleges tömeggel. Ezek a világon alkalmazott egyik leggyakoribb bombák.

A Sivatagi Vihar műveleten belül a harcászati repülőgépek e típusú bombákat alkalmazták a szárazföldi célok pusztítására, a saját erők harctevékenységének tűztámogatására, a harctér légi lefogására (7. ábra).

[7] AGM – Air to Ground Missile.
[8] LDGP – Low Drag General Purpose.



7. ábra
Az MK-82 és az MK-83 légibombák [16]

Mind az MK-82 mind pedig az MK-83 bomba az oldását követően nem irányított elven, szabadesésből pusztítja el az ellenséges célokat. Kialakításuk alapvető célja a nagy védettséggel rendelkező objektumok (illetve az objektumok közelkörzetének) pusztítása.

E célok között kell említeni az ellenséges tüzéreszközöket, bunkerokat, radarállomásokat és logisztikai ellátó bázisokat. A viszonylag kis tömegű bombatestben/köpenyben helyezkedik el a gyújtószerkezet és a robbanóanyag, amely a teljes bomba tömegének közel 45%-át teszi ki.

A bomba hátsó részébe épített „fékező" rendszer biztosítja a nagy sebességgel kis magasságból oldott légibomba becsapódás előtti lefékezését annak érdekében, hogy a csapásmérő repülőgépnek legyen elég ideje elhagyni a becsapódás körzetét.

Helikopter erők

A Magyar Honvédség, tűztámogatási feladatokba bevonható forgószárnyas repülőeszköze a Mi-24 harci helikopter (8. ábra).



8. ábra
Mi-24 harci helikopter [17]

A típus számos konfliktusban vett részt, de legjelentősebb alkalmazására a Szovjetunió Afganisztán elleni háborújában került sor. A háború során a típus összes változatát bevetették, amely során a helikopterek 12%-a semmisült meg. Az afganisztáni tapasztalatokra épülve alakították ki a helikopter infravörös rakéták elleni védelmi rendszerét. Ez jelentős védelmet nyújtott a vállról indítható FIM-92 Stinger kézi légvédelmi rakéták ellen.

A Mi-24 harci helikopter alapvető feladata a szárazföldi csapatok légi támogatása. Az ehhez rendszeresített fegyverzeti rendszere a fedélzeti géppuska vagy gépágyú, a bombafegyverzet, a nemirányítható és irányítható rakétafegyverzet.

A Mi-24D és V változatának orr-részébe épített JakB-12,7 géppuska (9. ábra) egy 12,7 mm-es, négycsövű, gázmeghajtású, forgócsöves fegyver, amely a forgatható tornya segítségével 60°-ban fordítható jobbra, balra valamint le és 20°-ban felfele irányba.



9. ábra
A JakB-12,7 géppuska [18]

A géppuska alkalmas az ellenséges élőerő, illetve nem vagy gyengén páncélozott járművek pusztítására. A géppuska tűzgyorsasága 5000 lövés/perc. Hatásos lőtávolsága 1500–1800 m. A helikopter lőszer-javadalmazása 1470 darab lőszer.

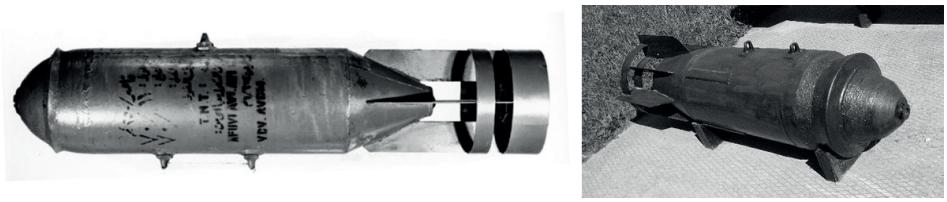
A Mi-24P változat törzsszerkezetének jobb oldalára épített ikercsövű GS-2-30, 30 mm-es gépágyú (10. ábra), az ellenséges élőerő, illetve enyhén páncélozott járművek pusztítására alkalmas. A gépágyú Gast-rendszerű, gázelvezetéses. A két párhuzamos cső felváltva tüzel, a kilőtt lövedék mögül visszavezetett nagynyomású gáz végzi a gépágyú meghajtását, a csövek fölött található gázdugattyúk segítségével.



10. ábra
A GS-2-30 gépágyú [19]

Ennek a nagy teljesítményű ikercsövű rendszernek köszönhetően elméleti tűzgyorsasága 1500 lövés/perc. A helikopter lőszer-javadalmazása 750 darab lőszer.

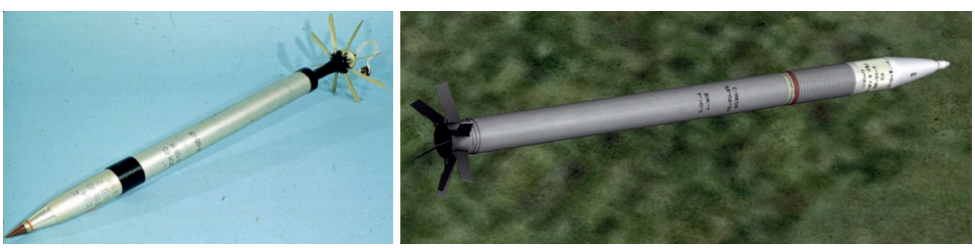
A helikopter szárny alatti tartóira függeszthetők a területcélok, megerősített harcállás és vezetési pontok pusztítására alkalmas FAB[9] típusjelzésű légibombák (11. ábra). Ezek lehetnek 100 kg-os (FAB-100M80), 250 kg-os (FAB-250M79) és 500 kg-os (FAB-500M54) típusúak.



11. ábra
A FAB-250M79 és a FAB-500M54 légibombák [20]

A törzs alatti tartókra összességében 1000 kg tömegű, különböző típusú repeszromboló-, és gyújtó légibombát lehet függeszteni. A célzást a helikoptervezető PKV vagy az ASzP-17V, az operátor pedig a KPSz-53AV célzókészülékkel végzi.

A harci helikopter a tűztámogatási feladatok teljesítése érdekében nemirányítható rakétákat is alkalmazhat. A nemirányítható rakétafegyverzet biztosítja a terület jellegű célok pusztítását abban az esetben, ha azok alacsony páncélvédettséggel rendelkeznek. E fegyverek az Sz-5M, Sz-5K, illetve Sz-8 típusjelzésű földi célok elleni nemirányítható rakéták (12. ábra). A helikopter az Sz-5 típusú rakétákat 4 darab 32 darabos UB-32A indítócsövű blokkban, az Sz-8 rakétákat pedig 2 darab 20 darabos B8V20 blokkban hordozza. Ez azt jelenti, hogy a harci helikopter egyidőben, összesen 128 darab Sz-5M vagy K, vagy 40 darab Sz-8-as rakétát hordozhat.



12. ábra
Az Sz-5 és Sz-8 típusú nemirányítható rakéták [21]

Az Sz-5 rakétatest 57 mm-es, az Sz-8 rakétateste pedig 80 mm-es átmérőjű acélcsőből készült. Elöl, erre van rögzítve a robbanótöltet a csapódó gyújtóval. A rakétatest hátsó részén a fúvócső található, amely körül a stabilizátorszárnyak vannak elhelyezve. A harci rész csapódó gyújtót tartalmaz. A harci rész időzített önmegsemmisítő szerkezettel is rendelkezik, így a célt tévesztett, vagy egyéb okból fel nem robbant rakéta harci része bizonyos idő után automatikusan felrobban. A harci rész kialakítása többféle lehet, a legelterjedtebben a repeszromboló és a kumulatív töltetet alkalmazzák.

[9] FAB – *Фугасная Авиационная Бомба* – romboló repülőbomba.

A Mi-24 egyik irányítható rakétafegyvere a 9M17P típusú „FALANGA" (13. ábra). Rendeltetése az ellenséges mozgó és nem mozgó kisméretű páncélozott és könnyen páncélozott célok megsemmisítése.



13. ábra
9M17P típusú „FALANGA" irányítható rakéta [22]

A hangsebesség alatti repülési sebességgel repülő, 32 kg össztömegű rakéta minimális indítási távolsága 1000 m, maximális indítási távolsága pedig 4000 m. Páncélátütő képessége 60°-os becsapódási szögnél 280 mm. A rakéta irányítása rádióparanccsal történik a helikopter operátoránál lévő vezérlőpult alkalmazásával, félautomatikus vagy kézi üzemmódon; optikai rálátás mellett, nappal és szürkületben. A helikopter indítósínjeire egyidőben 4 darab Falangát lehet helyezni.

A Mi-24 másik irányítható rakétafegyvere 9M114 „STURM" irányítható rakétafegyverzet (14. ábra). A páncéltörő rakéta rendeltetése az ellenséges páncélozott és könnyen páncélozott célok, illetve megerősített építmények, erődítmények, betonépítmények megsemmisítése. A hangsebesség felett repülő rakéta rádióvezérlés segítségével vezethető rá a célra.



14. ábra
9M114 típusú „STURM" irányítható rakéta [23]

A rakétát egy zárt csőből – amely a szárny alatti tartóra szerelhető – a helikopter függéséből lehet indítani. A helikopter egyidőben maximum 8 darab rakétát szállíthat. A rakéta

célravezetését a helikopter operátora végzi. A rakéta maximális bevetési pontosságának elérése érdekében – az indítástól a becsapódásig – az operátor korrigálja a rakéta röppályáját. A rakéta hatótávolsága: 400 m–5 km, az indítás utáni manőverezési szektora ± 60°, a rakéta találati valószínűsége: 0,65–0,85. Az eszköz – a becsapódási szög függvényében – 500–650 mm vastagságú páncélt képes átütni, a robbanófej tömege: 5,3–6 kg.

A helikopter erők tűztámogatási képességének vizsgálatakor meg kell említeni azt a képesség-összetevőt, amelyet a szállítóhelikopterek képesek biztosítani. A Magyar Honvédségnél rendszeresített Mi-8/17 szállítóhelikopterek (15. ábra) fő feladata a légi-mozgékonysági műveletek biztosítása, a légi szállítás, mégis rendelkeznek mind nemirányítható rakéta fegyverzettel, mind pedig bombafegyverzettel. Ezek a fegyverek azért lettek rendszeresítve e helikopterek fedélzetére, hogy műveleti körülmények között képesek legyenek a saját leszállóhelyük esetleges biztosítására.



15. ábra
Mi-17 szállítóhelikopter [24]

A szállítóhelikopterek fegyverberendezései részben megegyeznek a harci helikoptereknél leírtakkal. A nemirányítható rakéták tekintetében a Mi-8 szállítóhelikopter alkalmas Sz-5M és Sz-5K, a Mi-17 pedig az Sz-8 típusú rakéták alkalmazására. A bombafegyverzet tekintetében nincs eltérés a Mi-24 típusnál leírtaktól.

A szállítóhelikoptereknél ugyanazon típusú és méretű légibombák alkalmazására van lehetőség. A szállítóhelikopterek nem rendelkeznek fedélzeti géppuskával vagy gépágyúval. A fedélzeti lőfegyver hiányát úgy küszöbölik ki, hogy a törzsszerkezet oldalablakait fel lehet hajtani, és azokba a katonák a 7,62 mm-es egyéni lőfegyvereiket[10] fogathatják be. A helikopter ajtajába lehet rögzíteni a szárazföldi erők által használt 7,62 mm-es PKMSz géppuskát, ami alkalmas az ellenséges élőerő, illetve gyengén páncélozott járművek pusztítására. A hatásos lőtávolsága 1000–1500 m.

A szállítóhelikopterek fegyverzeti kialakításával kapcsolatban a közelmúltban újabb előrelépést lehetett elérni. Az afganisztáni fenyegetettségre adandó válaszként a helikopter szárnyalatti tartóira immár irányítható rakétákat[11] is függesztenek. Külön büszkeségre adhat okot számunkra, hogy az irányítható rakéták szállítóhelikopteren történő alkalmazásának kidolgozásában aktív szerepet vállalt az afganisztáni mentorálásában részt vevő MH AMT[12] állománya.

[10] AK-63D, AMD-65.
[11] 9K113 típusú „STURM" irányítható rakéta.
[12] MH AMT – Magyar Honvédség Air Mentor Team.

Összegzés

A saját erők sikeres harca tűztámogatás nélkül elképzelhetetlen. Hiányában gyakorlatilag oly mértékű veszteségek jelentkeznek, amelyek megakadályozzák a támadó jellegű harctevékenység folytatását, lehetetlenné teszik mind a védelmi jellegű, mind pedig a halogató harc végrehajtását. Az alacsony számú bevethető szárazföldi tüzéreszközök tűztámogató képességét egészítik ki a légierő rendszeresített légi járművei a fegyverzeteikkel.

A felszíni célok megsemmisítésére irányuló tűztámogatás a haderőnemek különböző fegyvernemei közötti együttműködésének megszervezése és végrehajtása komplex feladat. A csapásmérésben a harcászati repülők, a helikopter erők és a tábori tüzér erők vesznek részt. A felszíni célok pusztítására a fegyvernemek harcára jellemző módszerek ismertek.

A csapások összehangolása – az eltérő eljárások alkalmazásából adódóan – rendkívüli precizitást és erőfeszítéseket igényel mind a megszervezésben, mind pedig a végrehajtásban. A megfelelő pusztítás érdekében történő közös tervezés alapvető tényezői közé tartozik a tűztámogatási tevékenységek vezetésének és irányításának megtervezése, a tűzegyüttműködés lehetőségeinek meghatározása, az időbeliségének összehangolása, a célterület vagy objektum védettségi szintjének meghatározása, az alkalmazásra kerülő fegyverzet megsemmisítő erejére vonatkozó kritériumok tisztázása. A tényezők mérlegelését követően kerülhet sor a harcparancs tüzértámogatást szabályzó mellékletének kidolgozására, illetve a tényleges végrehajtásra.

A tűztámogató erőforrásokat az egyesített és automatizált harctérfelügyeleti célképző és tűzvezető rendszer teszi hatékonnyá, amely műholdas felderítésből, felderítő repülőgépekből, pilóta nélküli repülőgépekből, földi radarokból, éjjellátó, lézeres célfelderítő és célmegvilágító berendezésekből áll.

A Magyar Honvédség tüzéreszközeiből adódó korlátozott lehetőségeket vizsgálva látható, hogy nagy figyelmet kell fordítani a saját erők tűztámogatását biztosítani képes légierő alkalmazására. A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretén belül beszerzésre tervezett tüzér eszközök rendszerbe állítása után állítható vissza a tüzér eszközök és a légierő tűztámogatásban való részvételének egyensúlya.

Felhasznált irodalom

[1] A. Furján dr. egyetemi docens, „A tűztámogatásnak és a tüzérség harci alkalmazásának és vezetésének alapjai," Egyetemi jegyzet, ZMNE KLHTK Összhaderőnemi Műveleti Intézet Műveleti Támogató Tanszék, Budapest, 2009, p. 33.

[2] "Boeing 707-300 E-8 JSTAR," [Online]. Elérhető: www.aviationexplorer.com/aircraft_thumbs/e8_1.jpg (Letöltve: 2017. 01. 07.)

[3] NATO Military Agency for Standardisation, "AJP-3.3. NATO Joint Air & Space Operations," Edition B Version 1, 2016, pp. 4.1–4.12.

[4] NATO Military Agency for Standardisation, "ATP-33 (B) (STANAG 3700)," NATO Tactical Air Doctrine Edition 8., 2016, pp. 5.1–5.3.

[5] NATO Military Agency for Standardisation, "AJP-3.3.2 (B) (STANAG 3736)," Allied Joint Doctrine for Close Air Support and Air Interdiction, 2009, p. 6.1.

[6] US Army Joint Staff, "JP 3-09.3 Close Air Support," 2014, p. I-1.

[7] ATP-49 (E) Helikopterek bevetése szárazföldi hadműveletekben.

[8] MH 86. Szolnok Helikopter Bázis SOP
[9] I. Balogh vezérőrnagy, „Magyar Honvédség légierő haderőnem helye és szerepe a Magyar Honvédség tűztámogatásában, Konferencia vitaanyag," *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények,* 7. évf. 1. sz. pp. 3–4. 2003.
[10] NATO Standartization Agency, "AArty P–1 (STANAG 2934) Artillery Procedures," 2009.
[11] US Army Joint Staff, "JP 3-09.3 Close Air Support," 2014, ch. III-127.
[12] JAS-39 vadászrepülőgép, [Online]. Elérhető: http: //kep.cdn.index.hu/1/0/865/8651/86515/8651543_f7d80f4cb4a35d4225b53700549e7163_wm.jpg (Letöltve: 2017. 01. 10.)
[13] PS/05A lokátor, [Online]. Elérhető: www.flightglobal.com/assets/getasset.aspx-?itemid=46622 (Letöltve: 2017. 03. 10.)
[14] Mauser BK–27 gépágyú elhelyezkedése a JAS-39-en, [Online]. Elérhető: https: //scontent-lga3-1.cdninstagram.com/vp/5606fafeef1215775ac1e892f75dbb03/5DF0E919/t51.2885-15/e35/21294772_1311671802289619_1875892061052338176_n.jpg?_nc_ht=s-content-lga3-1.cdninstagram.com (Letöltve: 2017. 01. 10.)
[15] AGM-65 Maverick levegő-föld rakéta magyar Gripenen, [Online]. Elérhető: http: //m.cdn.blog.hu/le/legiero/image/Magyar_legiero/Vadasz/Gripen_Maverick/08april_KE_Gripen_TGM-65G_4_m.jpg (Letöltve: 2017. 01. 10.)
[16] Az MK-82 és az MK-83 légibombák, [Online]. Elérhető: https: //media.defense.gov/2009/Jul/28/2000513858/-1/-1/0/090728-F-1234O-009.JPG (Letöltve: 2017. 01. 12.)
[17] Mi-24 harci helikopter, [Online]. Elérhető: https: //honvedelem.hu/files/galeria/115620/tun_4780.jpg (Letöltve: 2019. 05. 12.)
[18] A JakB-12,7 géppuska, [Online]. Elérhető: https: //upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/YakB-127.jpg/440px-YakB-127.jpg (Letöltve: 2017. 01. 10.)
[19] A GS-2-30 gépágyú, [Online]. Elérhető: https://honvedelem.hu/files/content/cikk/116140/1000x661@dscn0925.jpg (Letöltve: 2019. 05. 12.)
[20] A FAB-250M79 és a FAB-500M54 légibombák, [Online]. Elérhető: https: //upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/FAB-250_M46_Bomb.jpg/1200px-FAB-250_M46_Bomb.jpg, https: //upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Bomb_FAB-500_M54_2008_G1.jpg (Letöltve: 2017. 01. 14.)
[21] Az Sz-5 és Sz-8 típusú nem irányított rakéták, [Online]. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:S-5M_57_mm_rocket.jpg (Letöltve: 2017. 03. 10.) www.simhq.com/_air14/images/air_508a_008.jpg (Letöltve: 2017. 01. 10.)
[22] 9M17P típusú „FALANGA" irányítható rakéta, [Online]. Elérhető: http: //lhsn.hu/wp-content/uploads/2011/01/falanga.jpg (Letöltve: 2017. 01. 21.)
[23] 9M114 típusú „STURM" irányítható rakéta, [Online]. Elérhető: https: //upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Krzesiny_82RB.JPG/1200px-Krzesiny_82RB.JPG (Letöltve: 2017. 01. 21.)
[24] Mi-17 szállítóhelikopter, [Online]. Elérhető: http: //archiv.repulnijo.hu/wp-content/uploads/2009/03/mi17hun1.jpg (Letöltve: 2017. 01. 21.)

THE FIRE SUPPORT ROLE OF THE AIRFORCE

In joint operations, the air force takes part in providing fire support for ground troops and carries out air transport and the protection of important sites and concentration of troops, as well as air search and rescue tasks. In my article, I present the system of documents regulating the fire support tasks of the air force. I describe the possibilities of fire support to be provided by national tactical fixed-wing and helicopter forces through their tactical specification. I also present planning and coordination procedures related to air force fire support operations.

Keywords: *joint operations, air force, tactical fixed-wing, helicopter, fire support*

Réz Levente alezredes
Törzsfőnök-helyettes
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
rezlevi@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

Lt. Col. Levente Réz
Deputy Chief of Staff
HDF 86th Szolnok Helicopter Base
rezlevi@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/402/172

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 177–192. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.13

Vizvári Béla

Repülési technológiára alapozott, nagyvárosi, kiterjedt katasztrófa utáni mentőszervezet: koncepció és elvek

A világ számos nagyvárosa földrengésveszélyes övezetben fekszik. Ebben a dolgozatban ennek megfelelően egy nagyvárosban működő katasztrófaelhárítási rendszert tárgyalok. A városban valamilyen katasztrófára számítunk, például földrengésre és azt követő cunamira. Az előrejelzések szerint mind a halottak, mind a sebesültek száma tízezrekben mérhető. A rendszer a katasztrófa után azonnal, automatikusan működésbe lép. Természetesen egyes funkciókat emberek látnak el, de a cél az, hogy minél többet automata rendszerek lássanak el. A segélycsomagok kiszállítása forgószárnyú drónokkal történik. Ugyancsak drónok végzik a felderítést, a járőrözést és a kisebb, egyéni segélycsomagok kiszállítását. A dolgozat tárgyalja a rendszer elveit, ideáltipikus működését, a nyújtott szolgáltatásokat, a felhasználható járműveket, egyéb műszaki kérdéseket és a pénzügyi vonatkozásokat.

Kulcsszavak: *katasztrófa, katasztrófa-elhárítás, földrengés, cunami, drón.*

Bevezetés

1755. november elsején bekövetkezett az írott történelem egyik legsúlyosabb katasztrófája. 9 óra 30 perckor az Atlanti-óceán alatt a Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés és az azt követő szökőár elpusztította a portugál fővárost, Lisszabont [1]. A halottak számáról nagyon eltérő becslések léteznek [1]. Mindenképpen több tízezer emberről van szó. A földrengés nyomai a mai napig láthatók. Számos más nagyváros veszélyben van egy vagy több törésvonal közelsége miatt. Csak a legismertebbeket sorolva, ide tartozik San Francisco, Los Angeles, Isztambul, Teherán, Tokió. Általában a súlyos földrengéseket ciklikusan visszatérőknek gondolják. Teherán esetében, amely város három törésvonal alkotta háromszög belsejében épült, a ciklus hosszát 173 évre becsülték [2]. Az utolsó súlyos rengés 1830-ban történt, tehát amennyiben az elmélet helyes, bármely pillanatban bekövetkezhet egy jelentős katasztrófa. Kína területén szintén több, igen sok áldozatot követelő földrengés volt a történelem folyamán. A 2010-es, haiti földrengés a halottak számát tekintve csak hetedik a Wikipédia listáján [3].

Az emberek az érintett városokban tisztában vannak a veszélyes helyzettel. Földrengés esetén bizonyos mély hangok megelőzik a felszínen a rengést. E hangok érzékelése esetén lehetséges riasztást kiadni a rengés bekövetkezése előtt minimális idővel. Ez a körülbelül

legfeljebb egy perc azonban életmentő lehet. Egy tanulmány 2007-ben arra a következtetésre jutott, hogy a teheráni háztartások havi 38 dollárt lennének hajlandók fizetni ezért a korai riasztásért [4]. Ez egyben azt is jelenti, hogy van értelme más mentőrendszerek létrehozásában és fenntartásában gondolkodni.

Ez a dolgozat azzal foglalkozik, hogy egy nagyvárosban bekövetkező, kiterjedt katasztrófa utáni mentés céljára létrehozott, fenntartott és kiképzett szervezetet milyen elvek szerint kell megszervezni, és a munkáját milyen technológiai megoldásokra lehet alapozni belátható időn belül. Az utóbbi úgy értendő, hogy már 20 év múlva is egészen más kapacitású járművek és kommunikációs eszközök fognak rendelkezésre állni, így folyamatos technikai frissítéssel számolni kell. Az alapelvek azonban lassabban változnak.

A mentőszervezet felállításának, kiképzésének és szükség esetén történő működtetésének nagyon sok ága van. Számos műszaki, kiképzési és szervezési problémát kell megoldani. Ebben a dolgozatban azokra koncentrálok, amelyek kapcsolódnak a repülő szerkezetekhez. Azonban szükségképpen említeni kell másokat is. Közöttük olyanokat is, amelyek jelenleg megoldatlanok. Nem foglalkozom viszont olyan problémákkal, amik csak a katasztrófa utáni nagyobb időtávlatban oldhatók meg. Ilyen például az újjáépítés, a helyi közösségek újjászervezése és az események személyes feldolgozása pszichológusok segítségével. Az itt tárgyalt mentőszervezet lényege az azonnali reakció, a mentés haladék nélküli megkezdése. A szervezet katonai elvek alapján épül fel és dolgozik, amelyek különböznek a szokásos polgári vezetésre alapozott katasztrófa-elhárítási elvektől.

A dolgozat eredményei rövid távon nem Magyarországra vonatkoznak. Azonban a felhasznált technológia fejlődésével és olcsóbbá válásával az elvek hazánkban is alkalmazhatóvá válhatnak.

A katasztrófa utáni helyzet

A városban azzal számolunk, hogy sok ház összeomlik. Ezt alátámasztják azok a japán vizsgálatok, amelyek Isztambulra [5] és Teheránra [6] vonatkoznak. Gondoljuk meg, hogy egy város házait nem lehet egyik napról a másikra kicserélni. Az új házaktól már megkövetelhető, hogy szigorú szabványoknak tegyenek eleget, amelyek következtében földrengésbiztosak lesznek. Azonban a történelmi városrészek továbbra is veszélyben maradnak. Az összedőlt házakban tartózkodók legnagyobb része meghal. Néhányan élve a romok alá szorulnak. Mások, ugyancsak kevesen, ki tudnak menekülni. Azok, akik a köztereken tartózkodnak, illetve házuk állva marad, túlélik a katasztrófát. Érdekes módon nem áll rendelkezésre olyan kutatási eredmény, hogy az emberek mit csinálnak a rengések alatt. Viszont sok hasznos jótanács érhető el [7]. Csak egy rendszer létezik, aminek a segítségével a CCTV[1]-n rögzített reakciókat lehet elemezni [8].

[1] Closed-Circuit Television.

A katasztrófa személyekre gyakorolt hatását az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat
A katasztrófa legfontosabb hatásai személyekre [9]

A személy meghalt.
A személy súlyosan sérült és sürgős orvosi ellátásra szorul.
Közepes súlyú orvosi ellátás szükséges.
Az események hatása miatt a személy sokkos állapotban van.
A személy a romok alá szorult, és nem tud kiszabadulni.
A személy víz és élelem nélkül van.
A személy hajléktalanná vált.
A személy kritikus gyógyszerei (például: inzulin, szívgyógyszer) hozzáférhetetlenné váltak a romok alatt.
A személy elvesztette közeli rokonait.
A személy minden tulajdona a romok alá szorult.
Egy felnőttnek nincs információja közeli rokonairól.
Egy gyermek elvesztette a szüleit.
Egy gyermeknek nincs tudomása a szüleiről.

A túlélők többségét az események sokkhatásként érték. Ezért még azokra is pozitívan hat a mentés megindulása, segélycsomagok érkezése, akiknek fizikai bántódása nem esett. Az emberek azonnal elkezdenek aggódni a távol lévő rokonaikért és barátaikért. Megnő a kommunikációs igény, miközben a kommunikációs csatornák megsérültek és kapacitásuk egy része kiesett. Működni kezd a mentőszervezet, ami további jelentős kommunikációs igény megjelenésével jár. Az utak egy része járhatatlan, részben azért, mert megsérült, részben azért, mert törmelék és rom borítja, ami például a mentőautók irányításában vezet megoldandó számítási problémához.

Az eddigieket összefoglalva a következő feltételezések írják le a katasztrófa után közvetlenül kialakult helyzetet. (A) sokan megmenekültek, de víz, élelem és fedél nélkül maradtak; (B) egy részüknek kisebb sérülése van; (C) többen súlyos sérüléseket szenvedtek, közülük soknak valamely csontja törött; (D) mások a romok alatt rekedtek, és nem tudnak kijönni; (E) mások elszakadtak a rokonaiktól és barátaiktól, akiket szeretnének megtalálni: ezért káosz van az utakon, és megnőtt a kommunikációs igény; és végül (F) számos út nem használható, mert sérült vagy törmelék fedi.

A helyzet kezelésére javasolt szervezet, mint alább kifejtem, elsődlegesen a repülési technológiára épül. Ez sok szempontból hatékonyabb és biztonságosabb, mint a földi technológia. A szervezet legfontosabb feladata az azonnali válasz a katasztrófára. Ezzel csökkenteni lehet az áldozatok számát és általában az emberi szenvedést. A katasztrófa bekövetkezése után mind a nemzeti, mind a nemzetközi segélyszervezetek aktivizálódnak, és bizonyos idő elteltével segélyszállítmányokat küldenek. A szereplők között megtalálható a Vöröskereszt, az ENSZ és sok más, valamely kormányhoz kötött vagy kormányoktól független szervezet. Ezen szereplőknek általában 3–4 napra van szükségük, hogy a helyzet felmérése után segélyszállítmányaikkal a helyszínen megjelenjenek. A katasztrófa területén élő embereknek azonban addig is segítségre van szükségük. Ez a feladata annak a szervezetnek, amiről ez az írás szól. Az események első 48 óráját írom le.

Előzmények

Először 2015-ben tettünk javaslatot elég kidolgozatlan formában egy ilyen rendszer kiépítésére [10]. Számításaink szerint Teherán esetében 460 közepes méretű UAV[2] elég a segélycsomagok több hullámban történő kiszállítására. Ha összehasonlítjuk Teheránt Budapesttel, akkor a területet illetően Budapest csak valamivel kisebb, mert 525 km^2 áll szemben 730 km^2-rel. Viszont Teherán lakossága több mint négyszer akkora, mint Budapesté. Tehát Budapest esetében lényegesen kevesebb drón is elég volna. A katasztrófák következményeinek elhárításában a drónok szerepére [11] is felhívja a figyelmet.

Azok a funkciók, amiket a drónoknak el kell látni a mentés esetén, részben azonosak a biztonságtechnikában előforduló alkalmazásokkal [12]. Ide tartozik a szállítás, kamerával való felderítés, információ kérése és adott esetben felszólítás valamely cselekmény befejezésére. Természetesen a biztonságtechnikai alkalmazások bizonyos kockázatokkal is járnak [13]. Ugyanakkor több lényeges különbség is van a katasztrófa utáni helyzet és a biztonságtechnikai alkalmazás között. A legfontosabb, hogy katasztrófa esetén nagyszámú légi jármű közlekedik egyszerre. A drónokon felül egyéb járművek is. Ez további megoldandó problémákat vet fel, amit alább részletesen elemzek. A biztonságtechnikában, különösen telephelyvédelem esetén, csak néhány drónról van szó. Egy másik különbség, hogy ha a drónokat egy nagyváros katasztrófaelhárításában használják, akkor a drónoknak sokkal nagyobb távolságokat kell bejárni.

Lényeges a rendszer létesítésének jogi háttere, és ezen belül az egyes járművek használatának és az egyes repüléseknek az engedélyezése [14]. Ezen a területen nincs egységesen elfogadott kritériumrendszer [14]. A jelenlegi folyamatok is csak a normál napi működésre koncentrálnak, érthető okoknál fogva, miközben külön vészhelyzeti szabályozás nincs. A mind [14], mind [15] által tárgyalt UTM[3] egyes funkciói (lásd például: [15] 2. táblázat, 172. oldal) mindenképpen vonatkoznak a mentőrendszer járműveire is, függetlenül attól, hogy azok a forgalomban csak ritkán, szervezetten és a polgári járművektől elválasztva vesznek részt.

Azok a személyiségjogi aggodalmak, amiket a szakirodalom [16] feldolgoz, katasztrófa esetén a közérdek alá rendelendők. A szabályozás hiányára az ENSZ mentésért felelős szakosított szervezete is felfigyelt: „Számos országban, ahol humanitárius szervezetek működnek, a jogi keretek hiánya azt jelenti, hogy az UAV-k használatát a helyi és nemzeti hatóságok segítségével kell lehetővé tenni"[4] [17].

Az aktív feladatok (például szállítás, felderítés, járőrözés) mellett a megrongálódott kommunikációs vonalak helyreállításában és a forgalom biztosításában is jelentős szerepe lehet a légi járműveknek. Az elérhető technológiák alapvetően három csoportra oszthatók a jármű tartózkodási magassága szerint: (1) műholdas megoldás, (2) drón a 17 és 21 km közötti magassági zónában, (3) földközeli megoldás. Minél magasabban van a jármű, annál nagyobb energia kell az adáshoz, viszont annál nagyobb területet lehet az adással elérni. A megoldás ára a magassággal szintén nő. A (2) kategóriába tartozik a NATO[5] Global Hawk nevű programja [18], amelynek célja 24 óráig levegőben tartózkodó járművek kifejlesztése. Ugyancsak ehhez a kategóriához sorolandó némely ballon, ami képes ebben a magasságban tartózkodni

[2] Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ember nélküli légi jármű, magyarul drón.
[3] Unmanned Aerial System Traffic Management: pilóta nélküli légijármű rendszerek forgalmi menedzsmentje.
[4] Az eredeti szöveg: „Many countries where humanitarians are working do not yet have legal frameworks, meaning that use of UAVs will probably need to be cleared on an ad hoc basis with local and national authorities."
[5] North Atlantic Treaty Organization.

többé-kevésbé stabil helyzetben. Ezek a járművek képesek kapcsolatot tartani egy 400 km átmérőjű területtel, ami Magyarországnál nagyobb. Jelenleg egy nagyváros esetében ilyen méretre nincs szükség. Ezért leggazdaságosabbnak látszik a viszonylag alacsonyan lebegő, rögzített ballon vagy léghajó használata, amely megoldást repüléstechnikai szempontból [19] tárgyal. Katasztrófa esetén a ballon pusztításával sokkal kisebb mértékben kell számolni, mint harci helyzet esetén. Jelentős előny, hogy a ballon gyorsan üzembe helyezhető.

A szervezet felépítése

A szervezet „agya" a Katasztrófavédelmi Központ (a továbbiakban: KVK). Egyszerűen szólva ez a parancsnokság és az információs és kommunikációs centrum, amely erős és különböző funkciók között szétosztott számítástechnikai háttérrel rendelkezik. A másik fontos létesítményfajta a segélycsomagokat tároló raktár, ami egyben a szállításukra használt drónok hangárja. Ugyanitt van az egyéb feladatokat ellátó drónok központja is. Ebből a raktárból egy nagyvárosban többre is szükség lehet. Különösen akkor, ha a város eltérő részei más-más veszélynek vannak leginkább kitéve. A harmadik fontos elem az ellátási pontok (a továbbiakban: EP) rendszere. Ezek a pontok nagyjából négyzethálósan fedik le a várost. A segélyszállítmányok ezekre a pontokra érkeznek. Az EP-k helye előre meghatározott, és a lakosság számára ismert. A négyzetek élhossza tekinthető a közgazdasági értelemben vett szolgáltatási szintnek. A legrosszabb esetben, vagyis, amikor a város párhuzamos utcák két egymásra merőleges rendszeréből áll, legfeljebb az élhosszal egyenlő távolságot kell gyalogolni a legközelebbi EP-ig. Természetesen minél rövidebb az élhossz, annál jobb az ellátás. Ha az él hossza 1 km, akkor az EP-k száma nagyjából egyenlő a város területének km^2-ben kifejezett mérőszámával.

A rendszer még további részlegekkel rendelkezik, amelyek egyéb funkciókat látnak el. Ezek közé tartozik a tájékoztatás, felderítés, járőrözés, betegszállítás, az utak takarítása, renoválása és a közrend biztosítása.

Az alábbiakban felsorolok néhány alapelvet a rendszer működésére vonatkozóan.

1. A rendszer több forgatókönyvre is felkészült. Ezek különbözhetnek egymástól, földrengés esetén például a rengés erősségében és a rengést előidéző törésvonalban, ha több is van a város környékén. Ezen különbségek eredményeként a megsérült városrészben és a sérülés mértékében is különbségek vannak a forgatókönyvekben. Az alkalmazandó forgatókönyv kiválasztása az érzékelőktől KVK-ba érkező adatok alapján történik.
2. A rendszer mindaddig szabványakciókat hajt végre, amíg valamilyen hiteles információ alapján megállapítható, hogy másra van szükség, illetve más igények is felléptek. Az 1. táblázatból látható, hogy életmentő fontosságú egyéni igények keletkezhetnek, például sérültek szállítása és nem mindenki által használt gyógyszerek elérhetősége. Ezeket az igényeket azonban csak akkor lehet kielégíteni, ha azokról hiteles bejelentés érkezett a KVK-ba. Ezek az igények is jelentős mértékben szabványosíthatók. A szabványosított eljárások nagy előnye, hogy a kiképzés során begyakorolhatók.
3. A rendszer épületeit katasztrófabiztosra kell építeni.
4. A légtér használatát a katasztrófa bekövetkezése után azonnal újra kell szabályozni, mégpedig a katasztrófa előtti állapothoz képest lényegesen eltérő módon. (Erre az alábbiakban külön fejezetben térek vissza.)

5. A rendszer jelentős személyzettel kell, hogy rendelkezzen, akik közül nem mindenki főállású tag. Különösen az egészségügyi személyzet az, aki a katasztrófa előtt az egészségügyben dolgozhat, és csak a katasztrófa bekövetkezésekor lép azonnal a rendszer szolgálatába.
6. Természetesen számolni kell azzal, hogy a személyzet számos tagja maga is a katasztrófa áldozatául esik. Ezért minden funkció ellátására több személyt kell kiképezni.
7. Ugyanezen oknál fogva minden olyan funkciót, amit automatizálni lehet, automatizálni is kell. Már ma is számos beszéddel kapcsolatos technológia magas színvonalon érhető el. Ez vonatkozik a bejelentések kezelésére is, azaz a helyi közösség tagjai és a KVK közti kommunikációra. E technológiák között említhető (I) beszéd generálása [20], (II) beszéd felismerése és megértése [21], (III) kihallgatás, különös tekintettel a feltett kérdésekre [22], (IV) a kihallgatott személy, adott esetben a bejelentő, viselkedésének elemzése [23]. Az automatizálás kényszere különösen vonatkozik a szállítandó sebesültek kiválasztására. Ezt részletesebben említem a következő fejezetben.
8. Mivel nagyon sok különféle kommunikációra van szükség, közöttük olyan fajtákra is, amelyek nagyobb számban fordulnak elő (például bejelentések, a többszáz drón irányítása, megfigyelési eredmények jelentése), a kommunikáció mennyiségét előre csökkenteni kell automatizálással. Ide tartozik a megfigyelődrónok saját számítógéppel való felszerelése, amely képes a felvételek kiértékelésére, és ezért a felvételek helyett csak az azokból levont következtetéseket továbbítja a KVK felé. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik minden olyan okostelefonra előre telepített speciális alkalmazás, ami csak a lényegi információt közli a KVK-val, például a telefon utolsó ismert pozícióját a katasztrófa előtt.

A szervezet ideáltipikus működése

Amikor ideáltipikus működésről beszélünk, elhanyagoljuk a nyilvánvalóan jelentkező zavaró tényezőket. Erre a katasztrófa előtti időszak gondos tervezési és szervezési munkája, a többszörös kapacitások alkalmazása és a megelőző biztonsági intézkedések (mint például katasztrófabiztos épületek használata) adhatnak alapot. Az ideáltipikus viselkedés leírása és a rendszer ennek megfelelő tervezése és kivitelezése tekinthető a katasztrófára, mint eseményre adott válasz tervének. A válasz tervének hiánya végzetes lehet, mint arra [24] Fukushima atomerőművének kapcsán rámutatott.

A legfontosabb műveleteket a 2. táblázat foglalja össze. A 0 időpontot a katasztrófa bekövetkezése jelenti. A többi időpont ehhez képest relatíve értendő. Az automatizált műveletek esetében a kezdési időpont korai, míg azon műveletek esetében, ahol a személyzet közreműködése szükséges, a kezdés eltolódik, mert a személyzetnek a sérült városon át kell eljutnia az akció helyszínére. Minden időpontot és időtartamot javaslatként kell felfogni. Egyes konkrét városokban a földrajzi adottságok és más tulajdonságok miatt eltérő értékekre lehet szükség.

A folyamat működése úgy indul, hogy az érzékelők jelzései alapján a rendszer kiadja a riasztást és meghatározza, hogy melyik forgatókönyvet kell alkalmazni. Megkezdődik a drónok és az őket kiszolgáló raktárak felélesztése. A felderítésre használt kisebb drónok megkezdik küldetésüket. A szállításra használt erőteljesebb eszközök röviddel utánuk szállnak fel a segélyszállítmányok első hullámával. Ebben a hullámban az egységcsomagok ivóvizet,

barnacukrot, fertőtlenítőt, antibiotikumot, kötszert és könnyű szerszámokat, úgymint ásót, munkakesztyűt, mini zseblámpát és gyufát tartalmaznak. Az utóbbiakra azért van szükség, hogy az emberek segíteni tudjanak egymáson [10].

Az ellátási pontok előre meghatározott helyeken vannak. Lehetnek épületben és azon kívül. Utóbbi esetben szükség van valamilyen felszerelés felállítására, legalább egy asztalra. Ha épületen belül működik egy EP, akkor ott több szolgáltatás nyújtására van lehetőség. A város minden épületében található tájékoztató a legközelebbi EP helyéről. A drónok nem szállnak le az EP-knél, hanem a megfelelően csomagolt szállítmányt ledobják. Ez abból a szempontból biztonságosabb megoldás, hogy ember nem tehet kárt a járműben. Fosztogatás és illegális felhalmozás ellen az is véd, hogy kisebb csomagok érkeznek, ezért egyszerre viszonylag keveset lehet birtokba venni. A használt drónok kapacitásától függően egy EP-t többször is fel kell keresni. Mobil orvosi egységek járják a várost és nyújtanak elsősegélyt, ha szükséges. Minden mobil egység valamely EP-hez van rendelve. Azon keresztül tud kommunikálni a KVK-val. Az orvosi egységek létszáma alapesetben 2 fő. Nem feltétlenül orvosokból állnak, mert a szakmájában jól képzett egészségügyi személyzetet sok mindenre ki lehet képezni. Még egyes életveszélyes helyzetek elhárítására is, mint a légmell.

A sérült személyek kórházba szállítása összetett és kritikus feladat [25]. Sem földi, sem légi szállítás esetén nem fog annyi jármű rendelkezésre állni, amennyivel a több tízezer sérültet kórházba lehet juttatni. Ha pedig ez mégis sikerülne, a kórházak, illetve műtők kapacitása nem lesz elég minden sérült ellátására. [26] szerint jelenleg egész Isztambulban 219 mentőautó található. Egy szállítás átlagos ideje 20 perc, de itt nagy a szórás. Ha földrengés szempontjából vizsgáljuk a mentőautók elhelyezését, akkor az sok esetben nem megfelelő, és a földrengés kipattanásakor azonnal megsérülhet a jármű. Nyilván nem lehetséges mentők ezreit tárolni akár évtizedekig különösebb felhasználás nélkül, katasztrófára várva. Nem lesz sokkal jobb a helyzet akkor sem, ha a betegszállítás egy részét meg lehet oldani légi úton. (Nyilván kár lenne kihasználatlanul hagyni a működőképes földi mentőautókat.) Jellemző a helyzet nehézségére, hogy [6] egyik forgatókönyve (Modell A) szerint Isztambulban 73 ezer halottal és 120 ezer súlyosan sérült emberrel számol. A fenti paraméterekkel (219 mentő, 20 perc szállítás/fő) ha a járművek pihenő nélkül folyamatosan dolgoznának, akkor 7,6 nap szükséges az összes sérült kórházba szállításához. Nyilvánvaló, hogy sok sérültet el fogunk veszíteni. Ezért szerintem ez az egész rendszer legkényesebb pontja az utóhatás szempontjából. Itt el kell kerülni az emberi döntés lehetőségét és előre publikált algoritmusokat kell alkalmazni. Sőt, kívánatos lehet az alkalmazandó algoritmusokat jogszabályban rögzíteni. A kiválasztás feladata hasonlatos az etikában tárgyalt *vasúti kocsi problémához*[6] [27], aminek sok megközelítése és változata van. A műtők befejezik a katasztrófa előtt már elkezdett műtéteket. A nem életfontosságú műtéteket elhalasztják és átállnak a sérültek fogadására. Ennek részeként megérkeznek az előre kijelölt sebészek és a műtők egyéb munkatársai, akik a katasztrófa után ellátandó esetekkel kapcsolatban speciális ismeretekkel rendelkeznek.

A rendőrség helyi egységei felveszik a kapcsolatot a KVK-val, amely, mint információs központ folyamatosan tájékoztatja őket és szükség esetén feladatot jelöl ki számukra. Ennek részeként a város kritikussá váló közlekedési csomópontjaira forgalomirányítókat küldenek. A korábban felderítésre használt drónok megkezdik a légi járőrözést, részben bűnmegelőzési célból, részben további bajbajutottak felderítésére. Az elpusztult mobil adótornyok és más

[6] Angolul: trolley problem.

kommunikációs eszközök helyettesítésére felállítják azt a rögzített léggömböt, ami az ezek pótlására szolgáló eszközöket hordozza. A KVK működtet és folyamatosan frissít egy erre a városra kifejlesztett információs oldalt. Ebben legalább a következő rovatoknak szerepelnie kell: utak járhatósága, keresett, megtalált és elhunyt személyek, kit melyik kórházba szállítottak.

Végül megkezdődik a segélyszállítmányok második, majd harmadik hulláma. [10] szerint a második hullámban az egységcsomagokban további víz, bébiétel, felnőttek számára magas energiatartalmú ételek (magok, vaj, tej, csokoládé), WC-papír, kézfertőtlenítő, műanyag zacskó és könnyű hálózsák, valamint további szerszámként könnyű műanyag kötél található. A harmadik hullám tartalma: ismét víz, élelem, takaró, ruha, általános és női higiéniai eszközök, zsebkendő és evőeszköz.

Mindeközben a KVK folyamatosan tartja a kapcsolatot a lakossággal, információt kap és nyújt.

2. táblázat
A katasztrófa utáni első 48 óra műveletei.
(A kezdési és befejezési időpontok relatívok a katasztrófa 0 idejéhez képest. Mind az időpontok, mind az időtartamok hipotetikus javaslatok.) [saját szerkesztés]

Művelet	Kezdet	Befejezés	Hely	Megjegyzés
Riasztás, segélyhívások és helyi információk fogadása.	0	folyamatos	KVK	
Felderítő repülések.	5 perc	2 óra	légtér	Folyamatos kommunikáció a KVK-val.
A segélyszállítmányok első hulláma.	10 perc	3 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.
Az épületen kívüli EP-k felállítása.	20 perc	1,5 óra	föld	Előre meghatározott helyeken.
Mobil orvosi egységek látogatják a katasztrófa helyszínét.	0,5 óra	folyamatos	föld	Szórványos kommunikáció a KVK-val.
Sérült személyek kórházba szállítása.		folyamatos	föld/légtér	
A műtőknek a vészhelyzethez való alkalmazkodása.		3 óra	kórházak	
A helyi rendőrség és a KVK kapcsolatfelvétele.		1 óra	kommunikációs csatorna	
Járőrözés a légtérben.	1 óra	folyamatos	légtér	Folyamatos kapcsolat a KVK-val.
Forgalomirányító rendőrök kihelyezése.	1 óra		föld	
Rögzített kommunikációs léggömb felállítása.	0,5 óra		föld	
Egyéni igények kielégítése segélyszállítmánnyal.	2–5 óra	folyamatos	légtér	
Segélyszállítmányok második hulláma.	4–5 óra	12–15 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.
Segélyszállítmányok harmadik hulláma.	15 óra	24–36 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.

A felhasználható légi járművek

Az iparág rendkívül gyorsan fejlődik, ezért egy dolgozatban, ami az alapelvekről szól, nincs értelme konkrét típusokhoz ragaszkodni.

A legelső dolog, amit említeni kell, hogy jó manőverezőképességre van szükség. Emiatt a forgószárnyú eszközöket kell előnyben részesíteni a merevszárnyúakkal szemben.

A drónok között legalább két különböző típusra szükség lesz. A nagyobbikat használja a rendszer a segélycsomagok kiszállítására, a kisebbiket felderítésre, járőrözésre és az egyéni igények kielégítésére szolgáló csomagok szállítására.

Az általánosan megadott adatok közül fontos a hasznos teher[7] és az egy feltöltés melletti repülési idő.[8] Nem fontos viszont az elérhető maximális magasság,[9] mert itt jóval alacsonyabban kell repülni. Jelenleg a folyékony üzemanyaggal működő drónok tudnak hosszabb ideig levegőben maradni. A városok alakja szabálytalan. Egy 18 km sugarú kör területe 1017 km^2. Tehát egy város közepén lévő támaszpontról 18–20 km-re lehet a legtávolabbi pont, amit el kell érni. De ez a távolság egyes esetekben, például Isztambul és Tokió, sokkal nagyobb is lehet. Ekkor viszont több támaszpontra van szükség. A drónok maximális sebessége általában 60 km/h és 72 km/h között van. Ez annyit jelent, hogy egy küldetéshez, ami tartalmazza a felszállásnak, a cél megközelítésének, a csomag kézbesítésének és a drón támaszpontra való visszatérésnek idejét leszállással együtt, közel 1 óra szükséges. Ezért, ha az az igény, hogy ne kelljen minden küldetéshez üzemanyagot felvenni, a maximális repülési időnek 2 óra felett kell lennie. A nagyobbik fajta drón esetén a hasznos tehernek 20 és 50 kg között célszerű lennie. Ilyen drónok mind amerikai (például SR200 [10]), mind kínai (RH-1 és XH-1 [28]) forrásból beszerezhetők. A kisebbik drón esetén a hasznos tehernek a kamerát és képfeldolgozó számítási egységet is beleértve, legalább 4–5 kg-nak kell lennie.

A kieső kommunikációs kapacitás pótlását segítő ballonra ma a legjobb megoldásnak az Európai Unió ABSOLUTE[10]-projektjének ballonja tűnik, mert mind a műszaki paraméterek, mind az ár tekintetében megfelelőnek látszik [19].

A város mint egyetlen reptér

Amikor a katasztrófa bekövetkezik, akkor a drónok használatával kapcsolatos helyzet gyökeresen megváltozik, beleértve a prioritásokat. Véleményem szerint [16] aggálya például a napfürdőző személy akaratlagos vagy akaratlan megfigyeléséről értelmét veszti. A személy nyilván a napfürdőzést megszakítja és mással lesz elfoglalva. A köz érdekét kell az első helyre tenni, és ennek megfelelő szabályokat bevezetni.

Ha a városnak maradt épen repülőtere, akkor a következő típusú repülésekre kell számítani: (a) a több különböző feladatot ellátó felderítő drónok, (b) szállító drónok, (c) biztonsági erők helikopterei, (d) nagy távolságról repülőgéppel érkező nemzeti és nemzetközi segélyek. Viszont (e) a kommunikációs rendszer kiesett kapacitásainak pótlására szolgáló léggömb vagy

[7] Angolul: payload.
[8] Angolul: endurance.
[9] Angolul: ceiling.
[10] Aerial Base Stations with Opportunistic Links for Unexpected & Temporary Events – Váratlan és időleges események esetén átjátszásra készült légi platform.

léggömbök úsznak a levegőben, azaz nem repülnek, és elfoglalják a légtér egy részét. Az említett repüléseket kell elválasztani egymástól. Az egy repülési típuson belül pedig gondoskodni kell az összeütközések elkerüléséről.

A megoldás az, hogy a várost egyetlen reptérnek kell nyilvánítani. Az (a)–(d) repülések kivételével minden más repülést tiltani kell. Minden repülő szerkezetnek felszólításra azonosítania kell magát, és az erre nem képes eszközöket meg lehet semmisíteni. Erre a feladatra alkalmasak a felderítő drónok.

Az (a)–(d) repüléseket magassági elválasztással lehet biztonságossá tenni. Az (a) és (b) esetén szükség van a támaszpontról kifelé repülés esetén egy meghatározott magasságra, továbbá egy visszatérési magasságra és a kettő között a közvetlen ütközések elkerülése végett egy várakozási magasságra. A (c) esetben lényegesen e magasságok felett kell repülni. Ebben az esetben nem pilóta nélküli repülésről van szó, a járművek száma is nagyságrendekkel kevesebb, így az ütközés kockázata lényegesen alacsonyabb. Az említett magasságokat a város szerkezetének megfelelően kell megválasztani úgy, hogy a repülés lehetőség szerint az épületek és a növényzet felett történjen.

Az ütközések elkerülése végett a drónok kicserélhetik helyzetük adatait és az esetleges várakozásra egyéni döntést hozhatnak. Elsőbbséget annak kell adni, amelyiknek az üzemanyaga, bármi legyen is az, fogytán van, hogy biztonságosan vissza tudjon érni a támaszpontjára. A drónok egymás közötti kommunikációja csökkenti a KVK terheit. Azonban továbbra is szükség lehet valamennyi levegőben lévő jármű valós idejű szimulációjára és szükség esetén a szimuláció alapján történő beavatkozásra.

Minden forgatókönyvhöz előzetes repülési tervet kell készíteni. Ez a terv a raktárak (támaszpontok) és az EP-k helye, illetve a várhatóan sérült terület szerint matematikai alapon számítja ki a repülések ütemezését úgy, hogy összeütközés ne forduljon elő.

A (d) típusú repülésekkel való ütközést úgy lehet elkerülni, ha az EP-k helyét harmonizáljuk a reptér elhelyezkedésével. Egy átlagos megoldást vázolok. A reptér a beton középvonalától oldalirányban várhatóan 400 m-nél tovább nem nyúlik ki. Ehhez képest további 800 méterre lehetnek a legközelebbi EP-k. E mögött az a feltételezés áll, hogy a reptér mellett közvetlenül nem lakott terület van, hanem utak. Az (e) esetben pedig tiltott zónákat kell kijelölni a drónok számára. Szerencsére ennek átmérője nem túl nagy.

További technikai kérdések

A legfontosabb megoldatlan probléma a romok alá került és még élő emberek lokalizációja, bár számos módszer ismert [29]. Ma a legtermészetesebb a mobiltelefonok jeleinek felhasználása volna. Azonban jelenleg ezt felhasználó technológia nincs. Ugyanis feltételezve, hogy az összedőlt házak részben vagy egészben betonból épültek, szabálytalanul összetört betondarabok vannak a föld alatt, amin a rádiójelek visszatükröződnek, szóródnak, elhajolnak, és az azonos forrásból származó, de különböző útvonalon haladó jelek interferálnak. Ezt a jelenséget nevezik angolul „fading"-nek és még normál esetben is zavarokat okoz a vételben. Felvetem a következőt. [30] fix tornyokkal lokalizál mozgó célpontot Kálmán-szűrő segítségével. Lehetséges volna-e a jelen helyzetben egy fordított szereposztás? A célpont, azaz a föld alatt rekedt személy, pozíciója fix. Egy mozgó UAV veszi mobiljának jeleit és annak alapján határozza meg a kibocsátó mobil helyét.

Egy másik fontos technológia a földradar[11] [31]. A radarjelek a hullámhossztól függően 3–10 méter mélyre tudnak a talajba behatolni. Számos alkalmazása ismert, köztük mind katonai, mind régészeti. Katasztrófa esetén való alkalmazásának legfontosabb akadálya, hogy egyenletes felszínt igényel.

A NASA kifejlesztett egy FINDER[12] nevű eszközt [32]. Mikrohullámú radart használ a szívverések érzékelésére. 6–9 m mélységig dolgozik, és sikeresen mutatkozott be a 2015-ös nepáli földrengés alkalmával. Más radartechnikák a Doppler-effektust használják fel ugyancsak a szívverés vagy a lélegzés érzékelésére [33] és [34]. [35] pedig egy piezoelektromos megoldást javasol.

[36] egy új technológiát ismertet, amikor az okostelefon saját eszközeivel (magnetométer, giroszkóp és gyorsulásmérő) a GPS-től[13] nagyrészt függetlenül határozza meg a helyét. A szervezet felépítése című fejezet végén már említettem, hogy hasznos lehet egy olyan mobilalkalmazás, ami közli a mobil jelenlegi vagy korábbi helyét. Ezt részletesebben kifejtve a következő mondható a katasztrófával kapcsolatos mobilalkalmazások funkcióiról.

- Hasznos, ha egy alkalmazás elindításával a személy még a katasztrófa előtt bejelentkezhet a KVK nyilvántartási rendszerébe. A katasztrófa után a KVK a bejelentkezett személyek állapotát igyekszik megtudni. Amíg információ nem érkezik róla, eltűntként lehet nyilvántartani.
- Egy másik funkcióval a mobil tulajdonosa a katasztrófa után a saját aktív részvételével bejelentkezik, ezzel jelzi, hogy túlélő. Ugyanakkor esetleg egyéb információt is megadhat fellelhetőségéről.
- Amennyiben a mobil működőképes maradt és be van kapcsolva, a KVK automatikus kérésére a mobil bejelentkezik. Ha a tulajdonos aktívan nem jelentkezett be, ez arra utalhat, hogy a személy bajba került, például a romok alatt rekedt akár élve, akár halva.
- Ha a mobil mindig tárolja az utolsó pozíciót, és ezt nem változtatja meg a KVK által kiadott riasztás hatására, akkor ezt a pozíciót lehet tekinteni a tulajdonos utolsó ismert pozíciójának, ami szükség esetén támpontot ad arra, hogy hol kell a személyt keresni.

Ezen tanulmány készítése során nem sikerült találnom szonárt[14] használó technológiát föld alá rekedt emberek felkutatására.

Fontos technikai részletkérdés, hogy a drónok üzemanyaggal való újratöltése, bármi is az üzemanyag, gyors legyen. Műszakilag úgy oldható meg a gyors csere, ha az akkumulátor vagy üzemanyagtartály alulról kapcsolódik a drónhoz, a cserét végrehajtó rendszer automatikusan szállítja el a régit és hozza az újat. Szállításkor a csomag hasonlóképp kerülhet a drónra, az üzemanyag alá.

Több számítás van, amit még a katasztrófa előtt a felkészülés jegyében, vagy a katasztrófa bekövetkezése után a hatékony válaszlépések kidolgozása érdekében kell elvégezni. Az előbbire példa az operáló személyzet műtőkhöz rendelése, mégpedig úgy, hogy a katasztrófa után is üzemképes műtők számának várható értéke – a valószínűségszámítási értemben – a lehető

[11] Angolul: Ground-Penetrating Radar.
[12] Magyarul: megtaláló.
[13] Az angol Global Positioning System, azaz globális helymeghatározó rendszer, nevének rövidítése. A GPS a Föld minden pontján működő, műhold alapú, navigációs rendszer.
[14] Az angol sonar szó, ami eredetileg a „sound navigation and ranging" kifejezés rövidítése volt, de köznyelvi szóvá vált.

legnagyobb legyen. A másodikra példa a legrövidebb utak meghatározása dinamikus környezetben, amikor egyes útszakaszok járhatatlanná váltak, majd idővel ismét járhatók lesznek. Az ezekre vonatkozó információk meg folyamatosan érkeznek. A feladat nehézségét jól mutatja, hogy például San Francisco városát 45 453 ponttal és 68 609 közöttük menő éllel lehet leírni. A pontok azonosak maradnak, de az élek a felderítés és a bejelentések nyomán törlődnek, illetve hozzáadódnak.

Költségek

Mint minden új intézmény esetében számolni kell a kezdeti beruházási költségekkel és a fenntartás költségeivel.

A nagyobb UAV-k esetén 50 ezer dolláros egységárral lehet kalkulálni, ami 500 darab esetén 25 millió dollár. A kisebb UAV-k esetén lényegesen alacsonyabb árral kell számolni, ami 5000 dollár/UAV szinten mozoghat. Természetesen az épületek felépítésének költsége, az automatikus raktárak és töltőállomás költségei még ehhez jönnek. A teljes beruházási költség mintegy 60–70 millió dollárra tehető. Érdemes ezt összehasonlítani az [5]-ben publikált havonta és családonként tervezett 38 dollárral, ami egy év alatt kiadja a beruházás költségét Teherán esetében 8 millió lakossal és háztartásonként 4 fővel számolva.

Az éves fenntartási költség egy nagyságrenddel alacsonyabb. Itt a legfontosabb tételek közé a személyzet fizetése, a kiképzés költségei és a segélycsomagok tartalmának folyamatos cseréje tartozik.

Ezek az összegek állnak szemben azokkal az életekkel, amelyeket a rendszer ment meg. Két, valójában nem összehasonlítható dologról van szó. Érdemes elgondolkodni, hogy mi mit ér meg.

Összefoglalás

Ebben a dolgozatban bemutattunk egy nagyvárosban működő katasztrófaelhárítási rendszert. A városban valamilyen várható katasztrófára kell felkészülni, például földrengésre és azt követő cunamira. A rendszer a katasztrófa után azonnal, automatikusan működésbe lép. Természetesen egyes funkciókat emberek látnak el, de a cél az, hogy minél többet automata rendszerek. A segélycsomagok kiszállítása forgószárnyú drónokkal történik. Ugyancsak drónok végzik a felderítést, járőrözést és kisebb, egyéni segélycsomagok kiszállítását. Ez technológiaváltást jelent a katasztrófa-elhárításban. A dolgozat tárgyalja a rendszer elveit, ideáltipikus működését, a nyújtott szolgáltatásokat, a felhasználható járműveket, az egyéb műszaki kérdéseket és a pénzügyi vonatkozásokat. A rendszer fő jellemzői, hogy működése katonai elveken alapul és haladék nélkül megkezdi a mentést. Az utóbbira az alkalmazott technológia teszi képessé. Ez jelentős előny a [37] által tárgyalt, ma a világon mindenütt alkalmazott, polgárok által irányított, sok döntési szinttel és emiatt jelentős időveszteséggel rendelkező szervetekhez képest. Ugyanakkor nem zár ki semmilyen polgári vagy katonai szervezetet, amelyik a mentési munkálatokhoz és/vagy a polgári lakosság ellátásához hozzá tud járulni.

Felhasznált irodalom

[1] Wikipedia, the Free Encyclopedia, „1755-ös lisszaboni földrengés," [Online]. Elérhető: https: //hu.wikipedia.org/wiki/1755-%C3%B6s_lisszaboni_f%C3%B6ldreng%C3%A9s

[2] A. K. Hosseini, M. Hosseini, S. Hosseinioon, Y. O. Izadkhah, T. Shaw, and R. Takahashi, "A survey on evacuation planning and its challenges for potential earthquake in Tehran," *International Journal of Disaster Resilience in Built Environment,* vol. 5, no. 1, pp. 38–52, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2011-0033

[3] Wikipedia, the Free Encyclopedia, „A legnagyobb földrengések listája", [Online]. Elérhető: https: //hu.wikipedia.org/wiki/A_legnagyobb_f%C3%B6ldreng%C3%A9sek_list%C3%A1ja

[4] A. Asgary, J. K. Levy, and N. Mehregan: "Estimating willingness to pay for a hypothetical earthquake early warning systems," *Environmental Hazards,* vol. 7, no. 4, pp. 312–320, 2007. DOI: https: //doi.org/10.1016/J.ENVHAZ.2007.09.003

[5] "The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey," Japan International Cooperation Agency (JICA), Istanbul Metropolitan Municipality (IMM), Pacific Consultants International, 2002.

[6] "The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran," Japan International Cooperation Agency (JICA), Center of Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST), Tehran Municipality, Pacific Consultants International Report, 2000.

[7] Earthquakes Report, "What to do during earthquakes," [Online]. Elérhető: https: //earthquakesreport.com/earthquake-what-to-do/

[8] E. Lambie, T. M. Wilson, D. M. Johnston, S. Jensen, E. Brogt, E. E. H. Doyle, M. K. Lindell, and W. S. Helton, "Human behaviour during and immediately following earthquake shaking: developing a methodological approach for analysing video footage," *Natural Hazards,* vol. 80, no. 1, pp. 249–283, 2016. DOI: https: //doi.org/10.1007/s11069-015-1967-4

[9] B. Vizvári, M. Golabi, A. Nedjati, F. Gümüşbuğa, and G. Izbirak, "Top-down approach to design the relief system in a metropolitan city using UAV technology, part I: the first 48 h," *Natural Hazards,* 2019. DOI: https: //doi.org/10.1007/s11069-019-03760-8

[10] A. Nedjati, B. Vizvari, and G. Izbirak, "Post-earthquake response by small UAV helicopters," *Natural Hazards,* vol. 80, no. 3, pp. 1669–1688, 2016. DOI: https: //doi.org/10.1007/s11069-015-2046-6

[11] S. Nagy, „A természeti és civilizációs veszélyforrások kapcsolata a lakosságvédelemmel, a drónok szerepe a hatékony eseménykezelésben," *Repüléstudományi Közlemények,* 29. évf. 3. sz. pp. 85–93, 2017.

[12] T. Kovács, A. M. Viplak, „Drónok a biztonságtechnikában," *Hadmérnök,* 12. évf. 2. sz. pp. 7–13, 2017.

[13] L. Gajdács, G. Major, „Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén," *Repüléstudományi Közlemények,* 30. évf. 2. sz. pp. 101–111, 2018.

[14] Á. Török, „A pilóta nélküli légijárművek légtérbe integrálása," *Repüléstudományi Közlemények,* 29. évf. 3. sz. pp. 179–187, 2017.

[15] Zs. Sándor, „A pilóta nélküli légijármű rendszerek forgalmi menedzsmentjét biztosító megoldások információrendszerének modellje," *Repüléstudományi Közlemények,* 29. évf. 3. sz. pp. 167–178, 2017.

[16] R. Clarke, L. B. Moses, "The regulation of civilian drones' impacts on public safety," *Computer Law & Security Review,* vol. 30, no. 3, pp. 263–285, 2014. DOI: https: //doi.org/10.1016/j.clsr.2014.03.007
[17] United Nations, Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, "Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Response," OCHA Policy and Studies Series, June 2014, 010, UNOCHA.[15]
[18] RQ-4A Global Hawk (Tier II+ HAE UAV), 2001. [Online]. Elérhető: https: //fas.org/irp/program/collect/global_hawk.htm (Letöltve: 2018. 08. 29.)
[19] K. Károly, Gy. Mikó, „Kis magasságú ballonok honvédelmi alkalmazásának lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség távközlési igényeinek támogatására," *Repüléstudományi Közlemények,* 29. évf. 2. sz. pp. 293–308, 2017.
[20] J. Shen, R. Pang, R. J. Weiss, M. Schuster, N. Jaitly, Z. Yang, Zh. Chen, Y. Zhang, Y. Wang, R. J. Skerry-Ryan, R. A. Saurous, Y. Agiomyrgiannakis, and Y. Wu, "Natural TTS Synthesis by Conditioning WaveNet on MEL Spectrogram Predictions," *arXiv* 1712.05884v1, 2017. DOI: https://doi.org/10.1109/ICASSP.2018.8461368
[21] M. Moon, "Google Voice Search can now handle multiple languages with ease," *engadget*, AOL Tech., August 15, 2015. [Online]. Elérhető: www.engadget.com/2014/08/15/google-voice-search-multi-language-default/
[22] Polygraph, „Humánerőforrás-menedzsment támogató biztonsági alkalmazás," [Online]. Elérhető: www.polygraph.hu/lva-i-humaneroforras-menedzsment-tamogato-biztonsagi-alkalmazas.html
[23] Cikkgyűjtemény a kihallgatások videófelvételeinek számítógépes kiértékeléséről, 19. [Online]. Elérhető: www.kre.hu/portal/index.php/193-psychologia-hungarica-caroliensis2/947-psychologia-hungarica-caroliensis-2016-2.html
[24] B. Papp, „A japán katasztrófavédelem II. – Szervezet és működés," *Hadmérnök,* 14. évf. 1. sz. pp. 166–180, 2019.
[25] S. M. Shavarani, B. Vizvari, "Post-disaster transportation of seriously injured people to hospitals," *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management,* vol. 8, no. 2, pp. 227–251, 2018. DOI: https: //doi.org/10.1108/JHLSCM-12-2017-0068
[26] B. K. Yılmaz, B. Y. Karakuş, E. Çevik, H. Doğan, S. A. M. Mehmet, and A. Kutur, "Metropolde 112 Acil Sağlik Hizmeti," İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi, vol. 77, no. 3, pp. 37–40, 2014. DOI: https://doi.org/10.18017/iuitfd.13056441.2015.77/3.37-40
[27] Wikipedia the Free Encyclopedia, "Trolley problem," [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Trolley_problem
[28] Wikipedia the Free Encyclopedia, "TTA UAV," [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/TTA_UAV#M8_Octocopter
[29] V. Ferrara, Technical survey about available technologies for detecting buried people under rubble or avalanches, *WIT Transactions on The Built Environment,* vol. 150, pp. 91–1, 2015. DOI: https: //doi.org/10.2495/DMAN150091
[30] H. Jamali Rad, T. van Waterschoot, and G. Leus, "Cooperative Localization Using Efficient Kalman Filtering for Mobile Wireless Sensor Networks," In 19th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2011), Barcelona, Spain, August 29 – September 2, 2011, pp. 1984–1988.

[15] United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs.

[31] Wikipedia the Free Encyclopedia, "Ground-penetrating radar," [Online]. Elérhető: https: //en.wikipedia.org/wiki/Ground-penetrating_radar
[32] A. Griffin, "Nasa uses microwave technology to detect heartbeats of people stuck under Nepal Earthquake rubble," *Independent,* Friday 8 May, 2015, [Online]. Elérhető: www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/nasa-uses-microwave-technology-to-detect-heartbeats-of-people-stuck-under-nepal-earthquake-rubble-10235188.html
[33] M. Bimpas, N. Paraskevopoulos, K. Nikellis, D. Economou, and N. Uzunoglu, "Development of a Three Band Radar System for Detecting Trapped Alive Humans under Building Ruins," *Progress In Electromagnetics Research, PIER,* vol. 49, pp. 161–188, 2004. DOI: https: //doi.org/10.2528/PIER04030501
[34] N. Zade Gauri, S. S. Badnerkar, "A modern Microwave Life Detection System for Human Being Buried Under Rubble," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies,* vol. 1, no. 1, pp. 69–77, 2011.
[35] J. Bethanney Janney, S. Krishnakumar, J. V. Dinakar, and S. Dilip Kumar Reddy, "Detection and Monitoring of Victims Trapped Under Collapsed Buildings Using Wireless Communication," *International Journal of Pharmacy & Technology,* vol. 8 no. 1, pp. 11056–11064, 2016.
[36] S. Saha, S. Chatterjee, A. Kr. Gupta, I. Bhattacharya, and T. Mondal, "TrackMe – A Low Power Location Tracking System Using Smart Phone Sensors," In Proc. of Intl. Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'15), Dec. 16–19, Trivandrum, India, 2015, pp. 457–464. DOI: https://doi.org/10.1109/CoCoNet.2015.7411226
[37] J. Hornyacsek, "Földrengés! Fel vagyunk készülve?" *Hadmérnök,* 6. évf. 1. sz. pp. 276–295, 2011.

ON POST-DISASTER RELIEF SYSTEM WHICH IS BASED ON AERIAL VEHICLES AND SERVES A LARGE-SCALE METROPOLITAN CITY: CONCEPT AND PRINCIPLES

This paper discusses the first 48 hours of a post-disaster relief system after the outbreak of the disaster. The system works in a metropolitan city. The city can get only what the system can provide in this period. Long distance relief arrives later. The relief system starts to work automatically just after the disaster. The system has personnel. However, the objective of the design is that many functions are served by automatic systems. Among others the transportation of the relief items and many communication functions belong to that category. Another important such function is the selection of the persons to be transported to hospitals. The paper discusses the organisational structure, the ideal work, and the costs of the relief system. It also analyses further technical problems including non-solved ones.

Keywords: *disaster, disaster relief system, earthquake, tsunami, UAV*

Vizvári Béla Dr.habil.
Egyetemi tanár
Kelet Mediterrán Egyetem
Műszaki Kar
Ipari Mérnök Tanszék
bela.vizvari@emu.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-1349-1035

Béla Vizvári, Dr. habil.
Professor
Eastern Mediterranean University
Faculty of Engineering
Department of Industrial Engineering
bela.vizvari@emu.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-1349-1035



http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/409/173

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 193–201. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.14

Nina Samarguliani

What the Public Sector Could Learn from the Private One

The article aims at exploring how the public sector can benefit from the examples of the private one, how can it effectively innovate to serve citizens better and more efficiently. The ability of effective management is no less important in order to make the right decisions in the policy planning process and to achieve the set goals. In modern democracies, the political leadership of various branches turn over more frequently and to a larger extent than it does in the private corporations. A government could adopt some of the efficient models from the business sector and adjust them to the public domain accordingly. For this reason, examples will be drawn based on the practices of some famous business models as Adobe or Google. Concluding ideas will be discussed with regard to the main needs for a government to innovate by working with the private sector or attracting new public sector leaders.

Keywords: *public sector, private sector, effective governance, administration models, public administration*

Introduction

As it is widely known, effective and good governance promotes and strengthens the construction of a democratic state. Social trust towards the political system increases the legitimacy of the government. Where governance is effective and public officials are available to citizens, government agencies and departments work together in a coordinated manner. Effective management is no less important in order to make the right decisions in the policy planning process and to achieve the set goals.

The recent resurgence in the notion that government should hold the private sector in high regard has gained a significant amount of hype, mostly due to the trendy startup growth techniques, like agile development or the lean approach. There is a consensus on the issue when it comes to the well-recognised, useful lessons and practices being drawn from the business world. On the other hand, one comes across several controversies while literally applying those practices to the government.

Even though there are quite a few similarities between startups and government, startups are still seen as quick-moving, flexible and risk-prone, while the government is regarded as inertial and less creative, while steady and reliable. There are still some insights that a government could adopt from the business sector and adjust to the public domain accordingly.

In most outstanding private sector organisations, it all draws to the clearness of the main goals and objectives. Most of the government goals and objectives tend to be ambiguous and soft and are often divergent, which may lead to confusion.

In modern democracies, the political leadership of various branches turn over more frequently and to a larger extent than it does in the private corporations. Government officials do not stay longer than a handful of years on average and often this lasts only for a few months. New electives usually replace the significant part of subordinates in their initial term. This alters dramatically the strategic paths of particular departments or agencies that has been considered the norm. Furthermore, the constituents do expect an extreme makeover, regarding the new agenda of a freshly elected political debut. This almost never happens in the private sector (except in case of a hostile takeover), as the board of directors maintains the control over the stakeholders' interest. Election cycles tend to raise, at least some candidate somewhere proposes the plan of running a government like a business. However, there is a limit to how far one can take this. Since government and business have somewhere different missions, there is a fine borderline on to how they serve their purpose – maximising the profits vs. serving the "public good".

By the end of the 1980s, most governments in market-oriented democracies had moved to restructure the way they worked together. The rhetoric was about cutting through the red tape to make bureaucracy more efficient and effective by embracing market values and instruments in a business-like way. Internationally, three aims were identifiable: First, the New Public Management (NPM) attempted to diminish the role of the state and make bureaucracy more responsive to political leaders. Second, it aimed for greater efficiency through the use of private sector management techniques. Third, it focused on the citizen as a customer and service recipient. The underpinning theoretical concept was a public choice and the new practices revolved around market orientation [7].

Despite the fact that businesses serve people to make a profit while governments just serve, the economic challenges of the last few years lead to at least one common need for business, as well as for government and this is doing more with less. It would be beneficial, if government organisations were using the principles that the business world has been using for decades, for example, lean thinking and business intelligence (BI).

"Lean means creating more value for customers with fewer resources. A lean organization understands customer value and focuses its key processes to continuously increasing it. The ultimate goal is to provide perfect value to the customer through a perfect value creation process that has zero waste" [9].

"Business Intelligence (BI) refers to technologies, applications, and practices for the collection, integration, analysis, and presentation of business information. The purpose of Business Intelligence is to support better business decision-making" [13]. BI and Lean are complementary tools. BI can provide the data and performance metrics needed to identify and drive continuous improvement. Lean identifies the activities and data with the most value.

Overall, the idea itself which implies to accomplish more (service) with less (resources) is not much of an argument and in that part, it would be a good point if government resembled business.

There certainly are some intense divergences while trying to directly apply those tactics to the public service. If we consider a profit motive, there is no equivalent to this in government. The political dividends seem to be necessary to gain the credibility of the public eye.

However, it takes too much time and financial resources, contrary to efficiency, and only serves the pre-election campaigns to raise the electoral influence, while totally ignoring the Return on Investment (ROI) of such commitments.

Efficiency gains can be made in public and private organisations comparatively, but many effectiveness studies in business concentrate on means of increasing company profitability. The driving factor of government products is not customer preference. Product design and market research are aimed to understand and exploit the desires of their customers to gain an advantage against competitors in the business world. However, government services address the elementary needs of the electorate, for which preference may be less relevant, or not at all. The risk is difficult to justify to the elected branch of the government. Innovation requires taking chances, including finances; but when the common focus of the elected assembly's attention is "government leftover" and when budget and costs justification are frequent topics, it can be difficult for government representatives to explain spending breakups, however essential they may be in achieving radical change.

Basically, different government and business guiding ideologies and principles mean that there will be many circumstances, under which the best practices of business will be irrelevant.

The key challenges to comparing efficiency between public and private ownership models are the range of models (including hybrids), and variations in defining efficiency. Different models of service provision vary in the types of goods they deliver and the characteristics of the sector they operate in. There is a range of definitions for efficiency. Efficiency can be defined based purely on cost, but also on the degree to which the provision of goods addresses issues of need or equity and adapts to evolving demands and practices. Most literature identified focuses on cost when referring to efficiency [4].

The government purchasing market constitutes the largest business sector in the world. The two sectors differ in terms of ethics and their strategies largely remain unknown. There are significant differences between the for-profit and not-for-profit sectors on two critical aspects of business-to-business procurement, ethics and strategy. According to some survey findings, buyers in the for-profit sector are more likely to behave opportunistically [6]. Conversely, the buyers' leaders in the not-for-profit sector behave more opportunistically and are more willing to neglect their subordinate buyers' opportunistic behaviours. Additionally, key differences in procurement strategy are unveiled suggesting that not-for-profit procurement practices have some room for improvement. Based on the findings, theoretical and managerial implications are drawn, and a future research agenda is proposed. Opportunism itself can be defined as a behaviour that is self-interest seeking with guile [14]. Opportunism is manifested in behaviours such as stealing, cheating, breach of contract and other largely fraudulent activities.

In order to achieve efficient governance levels, informing citizens about their choices plays a crucial role. Some governments, such as Australia and the United Kingdom, have provided Predictive Index (PI) evaluations to citizens and have benchmarked the provision of local services, e.g. schools and hospitals, as stated by Curristine et al. League, tables and benchmarking that provide explanations and more detailed information than just raw numbers can help citizens choose among local schools and hospitals. The public availability of this information, which was previously unavailable, and citizens' action based on these data can serve to place the spotlight on failing service providers and thus as a stimulus for future action in order to improve performance [2].

Innovation is seen as a potential solution to all problems nowadays and has become prevalent in both the private and public sectors. The need to be innovative has an obvious driver in the private sector: staying ahead of the competition and delivering products and services that will drive shareholder value and increase market share. Although not as well-defined in the public sector, it has many similarities. As governments attempt to balance priorities, it is becoming increasingly clear that new approaches are needed. According to the publication *Public sector innovation: from ideas to actions:* "Governments will have to innovate and find ways to make difficult things easy in the areas of service delivery, process improvement, regulation, and policy implementation. Many private sector organizations struggle to define what innovation means and to effectively implement an operating model to enable it. This can be caused by many reasons, but some include: Lack of a defined innovation strategy; No specific innovation process or framework; Limited budget or leadership capacity; The sheer size of an organization, with larger businesses tending to be bureaucratic and slow-moving on top of this, the public sector must deal with public scrutiny, and the traditionally risk-averse approach of governments" [11].

Of course, these are all generalised ideas, but what if we take a particular government administration as an example. There have been several programs developed by the European Union to help its neighbourhood establish good and effective governance practices in their countries. Let us bring the government of Georgia as an example.

One of the important achievements that followed such programs was the creation of *The Guide of Public Administration Reform of Georgia 2020* by the Administration of the Government of Georgia in 2015. Following the formation of the new government after the 2012 parliamentary elections, the government has taken an obligation to implement large-scale comprehensive reforms and reflected this in the new government program. According to this program, public service reform is considered one of the most important grounds for integration into European and Euro–Atlantic structures.

Georgia–EU Association Agreement (July 2014), aims to deepen political and economic relations between Georgia and the European Union. The Association Agreement establishes that the Government will implement in-depth reforms in a number of key areas that will facilitate the European integration process [3].

In order to fulfil the obligations of the Prime Minister, the administration of the Georgian Government was tasked with coordinating public administration reforms implemented with the support of the EU and OECD/SIGMA. Democratic values, citizen involvement and public interest services were defined as the cornerstone of public administration reform [10]. With the establishment of the *Public Administration Reform Guide 2020,* the average term policy of the Government of Georgia has been established in these areas.

This guide provides a comprehensive view of public governance reform and emphasises sharply expressed problems that are based on relevant tasks and activities aimed at improving Georgian public administration in order to get closer to European governance standards. Thus, *Public Administration Reform Guide 2020* is an umbrella document that combines different spheres of state governance to ensure a united and coordinated approach [1].

The guide covers the following fields of public administration reform:

- policy development and coordination;
- management of human resources;
- accountability;

- providing public services;
- Public Finance Management;
- local self-governance.

Each topic is analysed according to the specific structure:

- defining the goal;
- recent changes;
- analysis of the current situation;
- identified problems;
- tasks and recommendations.

It should be noted that the process of reform has not been completed yet and today there are many problems in the public sector which need to be identified, analysed and solved for the successful implementation of the reform process and the establishment of effective state institutions.

Research has been conducted at the Georgian Institute of Public Affairs (GIPA) by the School of Government in 2014 under the title *Public Service of Georgia – Problems and Challenges.* According to the research, the problems identified in the public service of Georgia can be combined into three main groups:

- lack of uniform political vision in the public sector;
- Organizational Management;
- Human Resource Management issues.

Some of the main problems covered in these groups are the political character of the civil service, low motivation of employees, taking responsibility for the decision, overlap of competence and duties, etc. The research has revealed that there is no uniform system of human resources' management for ordinary employees. One of the most problematic issues of management is strategic planning. Nepotism seems to be playing a significant part in the public sector overall [5].

The above-discussed example of one country is not unique and in fact, things are pretty much the same in all governments in most of the neighbourhood countries.

According to Adobe's Creativity in the Public Sector Survey, 94% of public sector employees say that the government should be as creative as a business, yet only 46% say that the government currently is as creative [12].

This gap between government organizations' creative potential and the reality that public sector creatives face is a perfect opportunity to engage with the private sector to learn from their best practices and most creative ideas. All of these companies have creative properties that set them apart from competitors and enable them to maximise the effectiveness of their communications to consumers.

There are clearly areas of excellence across both sectors, but creativity is one area in which the private sector has advanced. Although the public sector has not reached the same level as the private sector in creativity yet, there is the opportunity to have a conversation between sectors about creativity and digital transformation. Creating these partnerships and opening up a dialogue about creativity will be an effective means to maximising creativity in both sectors and enabling government agencies to provide quality communications [12].

Google's business model: a good example for governments

Google operates well in general, but how can the company's approach be used in the public sector? There is a lot that Google does well, and this can also be used in the public sector. Since Google is a company, not everything will translate directly, but considering how it operates, there is much that governments can learn from the search giant:

1. Execute core business flawlessly

Understanding your core business is essential and it would have been good if the government agencies did the same. Leadership needs to understand what its primary function is, and do that exceptionally well, which will provide a solid foundation for leaders to make strategic decisions.

2. Recruit talent

The company has full-time recruiters that look for talent and a nimble forthcoming process that allows new employees to come into being. People are much more likely to turn to a government if it reaches out directly and explains why they would be a good fit.

3. Focus on data

Google has some of the biggest and most sophisticated data centres in the world. Data gathering is built into its user experience, which could be a good example for government agencies. Data should be behind many government's decisions, and the more of it has, the better decisions it can make. That requires the government to make sure it is capturing all of the data available when interacting with its constituents and employees.

4. Project teams

Google has mastered the art of dedicated teams. The company finds people who have the necessary skills but, perhaps even more importantly, are passionate about the project. These teams are given the freedom to execute relying on their own judgements and focus entirely on the project. In case of a government, team members are typically stretched thin between other responsibilities. The government needs to have a plan to temporarily transition other responsibilities off of its members while they work on the project to accelerate a project and get a better understanding of its viability.

5. Innovation time

A policy Google instituted early on, allows employees to spend up to 20% of their time on side projects that they find interesting. The end result is a culture of side projects that Google happily provides the necessary resources to support. Something similar could be done concerning a government. There are ways to embrace the spirit of Google's 20% time and by doing so the government can see many of the benefits that come from allowing motivated individuals to focus on something they are passionate about.

6. Moonshots

In 2010, Google created a discrete research lab called Google X, otherwise referred to as "moonshots". The most remarkable ideas from Google employees go to be researched, tested and implemented and often find their way back out into the world as a division of Google or a standalone company. Even the government needs its moonshots. There are certain innovations that can only come from the government or non-profits. This requires having a dedicated space where talented people can work on solving extremely difficult but world-changing ideas. Google has already started the momentum in this area through its Government Innovation Lab. A government can learn from what Google has done and take these labs to the next level.

If government organisations can take away just a few tips from Google, it is worth observing. They may never have all of the resources Google has, but they do have a purpose. That is where innovation and motivation cross paths. That is what makes the world a better place [8].

A-Players

Besides government employees who are the stereotypical bureaucrats, there is a big number of A-players who are incredibly open to new ideas and willing to use their knowledge to overcome obstacles and make innovations happen.

According to M. Woodard, in the private sector A-players are rewarded because there is a financial upside for them which is not present in the public sector and civil servants often ought to be motivated by the desire to serve their community and see the change.

What motivates A-players in a government is discovery, recognition, fewer constraints, more freedom – and then giving them enough runway to make a difference. Products specifically built for the government do not have a good outlet and have difficulty even getting funded because traditional investors are cautious of the long and challenging government sales cycles. This makes a lot of promising startups focus on enterprise instead of a government and leads to governments missing out on important innovation. A government needs innovative products and it can start embracing innovation by simplifying the procurement process and making it more transparent. More government agencies need to 'go where the action is' and use the networks where their residents already trade and share to bring them together around disaster preparedness and useful engagement. Some of the governmental major systems are already broken like education, social security or entitlement programs,

so if there is any time to experiment and create new paradigms for governments and social services, now it is [15].

Conclusion

Overall, there are some main steps that surely need to be taken in order for public sectors to work more efficiently in general. One of the most important points is to clearly understand what the main need to innovate is — if it is better allocating resources, fulfilling the expectations of citizens, ensuring competitive economy by working with the private sector or attracting new public sector leaders. It is also very important that public sector organisations clearly understand the fields of innovations such as services, processes, policy design or regulatory models and implementation. It should also be noted that the public sector also clearly needs to understand what operating model to use in order to enable innovation according to their specific needs, talents and circumstances. The public sector can learn from the approaches taken in the private sector in the field of innovation, but in the long run, it has to find its own path.

References

[1] Administration of the Government of Georgia, *Guide of Public Administration Reform of Georgia 2020,* Tbilisi: Department of Government Plans and Innovation, 2015.
[2] T. Curristine, I. Joumard, and Zs. Lonti, "Improving Public Sector Efficiency," *OECD Journal on Budgeting,* vol. 7, no. 1, pp. 1–41, 2007. DOI: https: //doi.org/10.1787/budget-v7-art6-en
[3] EEAS, European External Action Service, *EU/Georgia Association Agreement,* European Commission, 2016. [Online]. Available: https: //eeas.europa.eu/delegations/georgia_en/9740/EU/Georgia%20Association%20Agreement
[4] M. Everest-Phillips, "Is the private sector more efficient? A cautionary tale," Singapore: UNDP Global Centre for Public Service Excellence, 2015. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3277.3203
[5] N. Ghonghadze, N. Dolidze, "Public Service of Georgia – Problems and Challenges," Tbilisi: Georgian Institute of Public Affairs (GIPA), School of Government, 2014.
[6] T. G. Hawkins, M. J. Gravier, and E. H. Powley, "Public Versus Private Sector Procurement Ethics and Strategy: What Each Sector can Learn from the Other," *Journal of Business Ethics,* vol. 103, no. 4, pp. 567–586, 2011. DOI: https: //doi.org/10.1007/s10551-011-0881-2
[7] M. Hess, D. Adams, "Innovation in public management: The role and function of community knowledge," *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal,* vol. 12, no. 1, 1–20, 2017.
[8] T. Howell, "7 Things Government Can Learn from Google's Business Model," *govtech.com,* 2015. [Online]. Available: www.govtech.com/7-Things-Government-Can-Learn-from-Googles-Business-Model.html
[9] "What is Lean?" *lean.org,* [Online]. Available: www.lean.org/WhatsLean/
[10] OECD/SIGMA, *The Principles of Public Administration for EU candidate countries and potential candidates,* 2017. [Online]. Available: www.sigmaweb.org/publications/Principles-of-Public-Administration-2017-edition-ENG.pdf

[11] "Public sector innovation: From ideas to action," *ey.com,* 2017. [Online]. Available: www.ey.com/ca/en/industries/government–-public-sector/ey-public-sector-innovation-ideas-actions
[12] J. Silverman, "What the Public Sector Can Learn from Private Sector Creativity," *Adobe Blog,* 2016. [Online]. Available: https: //blogs.adobe.com/adobeingovernment/what-the-public-sector-can-learn-from-private-sector-creativity/
[13] "What is Business Intelligence (BI)?" *olap.com,* [Online]. Available: http: //olap.com/learn-bi-olap/olap-bi-definitions/business-intelligence/
[14] O. E. Williamson, "Opportunism and its critics," *Managerial and Decision Economics,* vol. 14, no. 2, 97–107, 1993. DOI: https: //doi.org/10.1002/mde.4090140203
[15] M. Woodard, "What Can Government Learn from Startups?" *monique.vc,* [Online]. Available: www.monique.vc/what-can-government-learn-from-startups/

MIT TANULHAT A KÖZSZFÉRA A PRIVÁT SZEKTORTÓL

A cikk célja annak vizsgálata, milyen, a vállalati szférában megszokott megoldásokat érdemes átültetni a közszféra szervezeti gyakorlatába ahhoz, hogy azok az állampolgárok számára hatékonyabb és eredményesebb szolgáltatásokat nyújthassanak. A hatékony vezetés e téren sem kevésbé fontos ahhoz, hogy a közpolitikai folyamatok során a megfelelő döntések segíthessék a kitűzött célok elérését. A modern demokráciákban az egyes ágazatok politikai vezetése a magánszféráéhoz képest erősebb fluktuációt mutat. Ennek hatásait enyhítheti a magánszektorban alkalmazott bizonyos megoldások átvétele és hozzáidomítása a közszektor sajátos közegéhez. Ennek bemutatására alkalmas példákkal szolgálnak olyan nemzetközi vállalatok, mint az Adobe vagy a Google. A záró gondolatok összegzik, milyen kormányzati igények teszik szükségessé napjainkban a közszervezetek megújulását és együttműködését a magánszektorral azért, hogy a közszervezetek vezetői pozíciói kellőképpen vonzóvá válhassanak.

Kulcsszavak: *közszféra, magánszektor, hatékony kormányzás, adminisztrációs modellek, közigazgatás*

Nina Samarguliani
PhD-hallgató
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Államtudományi és Közigazgatási Kar
SAMARGULIANI.nino@halg.uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-2340-6842

Nina Samarguliani
PhD Student
National University of Public Service
Faculty of Science of Public Governance and Administration
SAMARGULIANI.nino@halg.uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-2340-6842

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/415/174

VÁKÁT OLDAL

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK
31. évfolyam (2019) 2. szám 203–210. • DOI: 10.32560/rk.2019.2.15

Saqer Sulaiman

Risk Management in Palestinian Institutions

The increase in the number of risks during the last decades triggers governments to search for the best ways to avert or mitigate these risks. The Palestinian Government is working in an unpredictable environment that rafts with risks and uncertainty due to the political instability and restrictions of occupation. Although there are many risks that the Palestinian institutions may face, this study focuses on two main interconnected ones. These two are the cut-off or decrease of the subsidies from international donors and the non-transfer of clearance revenues to the Palestinian National Authority by the Israeli Government. The likelihood of occurrence of these two risks and their impacts on the performance of the Palestinian institutions is pretty high. This study recommends a set of measures to decrease the effect of these two risks.

Keywords: *risk management, international aids, clearance revenues, Palestinian National Authority, Palestinian Government*

Introduction

The human concern for risk management is not a new one. Indeed, people have used multiple means to mitigate and confront risks. Recently, organised and structured studies have begun to analyse risks after the US spacecraft accident (Apollo) in January 1967, where three astronauts died in the fire. Prior to this incident, NASA had relied on the experience of practicing engineers to ensure quality and control. "In April 1969 new agency was formed to create new standards safety for spaceflight with a safety coefficient not less than 95%, while the risk of death or injury to astronauts does not exceed 1%" [1].

In recent years, risk management became one of the top priorities for all organisations, as it helps them to work in a more predictable and safer environment. The presence of a risk management policy or plan increases people's trust in the performance of organisations. Moreover, risk management makes stakeholders more confident that the organisation will achieve its desired outcomes, while minimising threats and their effects to acceptable levels, and maximising the chance of exploiting opportunities [2]. Therefore, this study aims to achieve the following purposes: 1. to increase the level of awareness of information on risk management; 2. to identify the opportunities of risk management in the following two cases:

- the non-transfer of clearance revenues to the Palestinian National Authority (PNA) by the Israeli Government
- the cut-offs of the subsidies from international contributors to the PNA and recommend some policies and preventive measure to mitigate the impacts of this cut-off

Theoretical Framework

Risk is any unexpected or unpredictable event that can be described as a combination of likelihood and consequences of that event. "At any project or task, there is the potential for opportunities or threats to success" [3]. Moreover, risk may be analysed in macro-, and micro-economic dimensions and risk management is often regarded as constituting a separate scientific area, which is applicable and utilitarian in character [4]. However, there are two types of risks. 1. Quantitative risks are those that can clearly be analysed by mathematical processes. They have an impact on time, people, money, or other resources. An example could be lost revenue, lost production, or delayed time. 2. Qualitative risks, on the other hand, are those that cannot (easily or clearly) be quantified. This may be because one does not have sufficient historical data to determine the likelihood of the risk and/or its impact is not understood well enough for a qualitative impact to be associated with it.

There are four ways through which the organisations can deal with risks: avoidance, transfer, mitigation and assumption. Table 1 shows the four possible ways to deal with risk.

Table 1.
The four possible ways to deal with risks. [Compiled by the Author's table.]

Method	Activity
Avoiding	Choose to change your plan to avoid the risky activity.
Transferring	Find another business to finish and complete the activity.
Mitigating	Take responsibility to eliminate the source of risk.
Assuming	Complete the activity with full responsibility.

However, there is no best way nor panacea on how to deal with risks. The response depends mainly on the type and nature of the risk and the surrounding circumstances.

Risk management includes policies, activities and tools used to manage risks and avoid or reduce its effects. Thus, "risk management is the area where one can prevent risk and reduce the size of losses when it occurs and avoid its repetition in the future by studying the causes and the probability of the occurrence of each risk" [1]. Best Management Practices argues, since all kinds of organisations in all sectors public or private are exposed to a wide variety of risks, they have started moving towards focusing on and implementing formal risk management [5]. Indeed, government and organisations all over the world started to create legislation and regulations to enforce applying good governance principles and internal control inside the organisations.

Risk management is considered one of the major issues during strategic management processes in any organisation. The risk management process involves three basic phases, namely: 1. risk identification; 2. risk measurement; and 3. risk management [6]. Additionally, there are five steps of risk management processes: 1. identification; 2. understanding; 3. measurement; 4. management; and finally 5. assessment of the results [7].

The effective management of risks enables organisations to maximise opportunities and achieve their objectives and outputs [8]. The organisational functions of risk management may vary in range. It may consist of a single risk champion, or even a part-time risk manager, or even a full-scale risk management directorate. Its role includes the following [3]:

- Having policy and strategy for risk management.

- Building a culture within the company by appropriate education about risk management.
- Having and developing internal risk strategy and structures for all business levels.
- Establishing and assessing processes for risk management.
- Coordinating the multi-purpose functional activities which supply data and information on risk management issues in the company.
- Updating risk response processes, with a contingency plan.
- Preparing reports on risks for the companies' executive.

Risks That May Affect Palestinian Institutions

The Palestinian institutions have to operate in an environment that is rich in a variety of risks. These include:

- interruptions of the production line or business processes arising from occupation restrictions, economic conditions and political instability;
- cut-offs or decreases of the subsidies from international supporters;
- unforeseen changes in existing strategic partnerships, key business relationships and vendor/supply sources;
- non-transfer of clearance revenues to the Palestinian National Authority by the Israeli Government;
- change in the labour market conditions affecting labour force availability and costs;
- lack of qualified specialists to implement government development plans and policies;
- the emigration of highly skilled migrants to other countries;
- loss of computerised data due to unexpected failure.

Here we will address only two of these risks: the cut-offs or decreases of the subsidies and the non-transfer of clearance revenues. Historically speaking, the probabilities of the occurrence of these two risks are to some extent high, moreover, the consequences of these risks are influential as the clearance revenues constitute the major component of the Palestinian budget. Also part of the expenditures depends mainly on international funds. The international and foreign aids to the Palestinians have contributed to financing the current and the development budgets, and especially it supports the Palestinian economy to cover a part of the deficit in the budget. The PNA's financial position has always been dependent on foreign aid, and so, exposed to the fluctuations of the political situation given the economic and political ties with Israel. Such vulnerability has impacted the size and nature of the domestic economic activity, as well as the revenues and expenditure of the PNA [9]. (Table 2.) On the other hand, the Israeli authorities sometimes violated the Paris Economic Protocol that had been signed between the PNA and the Israeli Government in order to organise the fiscal and monetary issues between the two parties. Moreover, the Israeli Government used this protocol to achieve political purposes, for example: "Israeli authorities bluntly hold over clearance revenues (which consist about 65% of Palestinian revenues) many times for political reasons" [10].

Table 2
Economic growth rate development of the rate of European aids and loans to the Palestinian National Authority (1994–2013). [11]

Year	GDP growth rate	Rate of European aids and loans
1994	100.7	57.70
1995	219.3	24.51
1996	40.1	88.01
1997	498.9	34.01
1998	549	60.53
1999	362.6	–82.28
2000	–405.7	105.02
2001	–403.7	47.52
2002	–491.1	44.28
2003	482.3	5.92
2004	405.8	3.11
2005	467.5	51.03
2006	–187.1	–8.52
2007	303.8	109.73
2008	298.7	22.58
2009	451.5	–18.82
2010	458.7	–16.79
2011	760	–11.16
2012	432.5	–20.67
2013	162.2	13.68

The table above shows that international loans and aids fluctuated from year to year. It was the highest in 2007 and the lowest in 1999. This fluctuation related to political reasons and changes in the international donors' interests. Actually, some of their directive goals sometimes cause conflicts with the goals and priorities of the Palestinian policies. The main downside of international aids is that they have transformed the PNA from being a government to a kind of non-governmental organisation whose main job is to facilitate and organise the implementation of projects financed by donors.

Discussion and Analysis of these two Risks

The likelihood of occurrence of these two risks is pretty high as they are linked to political conditions and they practiced before, as though the Palestinian Government should prepare a risk management plan to respond to these risks in case they happen to become real. In the following pages, there are some suggestions for potential responses to these risks.

Table 3.
The analysis of these two risks [Compiled by the author.]

Risk	Risk category	Risk likelihood of occurrence	Risk consequences	Inherent risk rating	Potential mitigating practice
Cut-offs or decreases of the subsidies from international donors.	Financial and governance.	Likely – it has occured more than once in the past.	Modest, as the percentage of the international aids fluctuated over years and has declined in recent years compared to the 1990s.	Moderate risk.	It must rely upon mitigation to some extent and looking for other possible resources for substitution.
Non-transfer of clearance revenues to the Palestinian National Authority by the Israeli Government.	Financial and strategic.	Likely – it has occurred more than once in current times.	Severe, as delivery of major services cannot be provided.	High risk.	It must rely upon to mitigate risk to some extent –amendment of the Paris Economic Protocol.

The Oslo Accords did not give the PNA full sovereignty on all the Palestinian territories. When talking about the Palestinian situation one should take into consideration that there is a significant difference between Palestine and other countries "as most of the Palestinian territories and people are still under occupation, and the government prevented from utilizing and using its natural resources" [10]. Whereas this is not the case in the independent countries, in which the governments have full sovereignty and power to access and utilise their national resources without external restrictions. In spite of the decrease in these aids during the last years, the debates about its role and impacts remain in the Palestinian scene as it increases the dependency of the Palestinian economy on external sources and deals with the PNA like a non-governmental organisation that depends on international aids to carry out its functions. It is important to mention, that the risk treatment strategy must be directed to sources as a preventive action as well as to impacts as a reactive action.

How to Mitigate and Encounter these Risks

The above-mentioned risks affect the performance of the government and undermine its ability to provide services to citizens. Thus, to maintain stability in organisational processes and continuity of governmental services, the Palestinian authorities should adopt a set of procedures, which can be summarised as follows:

Short-term response

The Palestinian institutions may find it advisable to adopt a combination of the following measures, which target the impacts of the afore-mentioned risks.

- Reduction of non-core government expenditures, such as travel allowances for high-rank officials and employees.
- Termination of contract employment and needless expert missions in order to reduce government expenditures and to transfer it into other vital sectors such as healthcare and education.
- Adoption of a risk management plan side by side with a strategic and developmental plan.
- Creation of a risk management department to be responsible for risk management and to act as the main body to organise the efforts and functions of risk management.
- Improvement of employee preparedness to deal with risks through targeted programs.
- Evolution of the legal framework to include incentives that encourage internal and external entrepreneurs to increase their investments in Palestine.
- Continuation of the efforts to secure the flow of Arab financial support to provide basic services for the population.

Medium- and long-term response

Furthermore, Palestinian institutions should adopt a combination of certain measures targeting the risk sources. First and foremost, 1. the abolition of the Paris Economic Protocol should be given high priority by the Palestinian economic decision-makers, as it is a major obstacle to build an independent and solid economy. Also, 2. the increase in the level of awareness of risk management in the Palestinian institutions should be furthered, since these institutions are still suffering from poor risk management culture. 3. The reduction of wages may also be necessary by adopting the lowest rate of employment everywhere, with the exception of the Ministries of Health and Education. 4. The creation of new partnerships with other Arab countries can be considered, too, to import manufactured goods from Arab countries to meet the needs of the internal market. 5. The development of the management of the organisational incomes and internal funding by evolving a new system of tax collection and follow-up in order to prevent tax evasion. 6. Increase government revenues, in general, the public revenue progressed in recent years. 7. It may be essential to develop the Palestinian tax collection system in order to achieve fairness in the tax burden, which is now larger for the poorer categories than for those who are less poor. 8. Enhance the level of partnership between the Government, non-governmental organisations and civil society. In general, non-governmental organisations play a vital role in providing some services to the poor and marginalised people, organising and implementing community-based activities. This in the long and medium-term run will involve the NGOs in social services to carry out a part of the responsibility side by side with the government. 9. Restructuring the public sector may ensure an efficient allocation of functions within the government and its ministries and institutions with clear responsibilities and accountability. It should be reflected in administrative structures to include a reduction in the size of the public sector and consolidation of all conflicted and overlapped departments in a way to ensure optimal use of available resources and enhance the efficiency and effectiveness of the government. 10. Achieving a balance between the various governmental sectors, including the re-consideration of agriculture as an important productive sector, and also the distribution of employees between administrative, vocational and professional jobs. Adoption of education and training policies for the youth and encourage them to work in higher professional jobs. This can improve the performance of the Palestinian

economy and decrease the dependency on international subsidies. 11. Restoring confidence in the Palestinian institutions can be done by anchoring the principle of sustainability and professionalism of these Institutions, which is considered a vital issue, regardless of whether the government remains or changes. Good governance is essential and vital to show the world that the Palestinian Government has the ability to build its institutions and govern the country.

Conclusion

The Palestinian Government works in an unpredictable and unstable environment which increases the probabilities of risks. Moreover, the poor risk culture, organisational unpreparedness, shortage of experts and highly trained employees in the field of risk management and the application of immature risk management practices in Palestinian organisations increase the threats. They may be economic and administrative risks that can result in financial losses or non-financial ones that can bring about personal losses such as those of health and personal well-being.

The two main risks that have been addressed in this study were 1. cut-offs or decreases of the subsidies originating from international donors and 2. non-transfer of clearance revenues to the PNA by the Israeli Government. Actually, previous experience has shown that the abilities of the Palestinian Government to carry out their responsibilities and to provide services have been significantly affected by these two risks.

Considering the peculiarity of the situation of Palestine and the above-mentioned shortcomings, this study presents a set of recommendations to increase the preparedness of the Palestinian institutions to deal with the internal or external risks. These include, but are not limited to, the abolition of the Paris Economic Protocol, the restructuring of public sectors, the increase of the level of awareness of risk management in the Palestinian institutions, the adoption of risk management strategy and policies, the achievement of a balance between the various governmental sectors, including the re-consideration of agriculture as an important productive sector, the anchoring of the principles of sustainability and governance in the Palestinian Institutions, and, finally, the search for new partnerships either internally and externally to reduce the dependency on Israel as a sole source business partner.

References

[1] A. Abd Almonem, M., M. Al Kashef, and S. Kasib, *Risk Management and Assessment,* Centre for Higher Studies and Research, 2008.
[2] Her Majesty's Treasury, "The Orange Book: Management of Risk – Principles and Concepts", UK: Her Majesty's Treasury, 2004.
[3] British Standards Institution, "PD ISO/IEC Guide 73: 2002", Licence number 2002 SK/0313, London, BSI, 2002.
[4] K. Raczkowski, P. Tworek, "What Does Risk Management in an Economy Really Mean?" in *Risk Management in Public Administration,* Raczkowski, K. Ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-30877-7_1
[5] Best Management Practice, *Management of Risk Guidance for Practitioners,* 3rd edition, London: Axelos, 2010.

[6] E. Banks, *The Credit Risk of Financial Instruments,* London: Macmillan Business, 1993, pp. 19–23. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-349-13247-8_2
[7] D. Iverson, *Strategic Risk Management: A Practical Guide to Portfolio Risk Management,* Singapore: John Wiley and Sons, 2013. DOI: https://doi.org/10.1002/9781118638828
[8] Australian Capital Territory Insurance Authority, "Guide to Risk Management," *Australian Capital Territory Insurance Authority,* 2004, [Online]. Available: https: //apps.treasury.act.gov.au/insurance-and-risk-management/risk-management
[9] A. Qubaja, "Fiscal Sustainability of the Palestinian National Authority, Experience and Future Prospects," Palestine Economic Policy Research Institute, 2012.
[10] O. Al-Razeq, "Assessing Fiscal Policies of the Palestinian National Authority," Ramallah: Palestine Economic Policy Research Institute (MAS), 2016.
[11] N., H. Abou Jameh, A., F. Abou Jameh, "The Impact of European Loans and Aid on the Palestinian Economy," 2017.

A PALESZTIN KOCKÁZATKEZELÉS INTÉZMÉNYRENDSZERE

A növekvő számú kockázati tényezők miatt a kormányok igyekeznek a legjobb módszereket megtalálni ezek enyhítésére vagy megelőzésére. A palesztin kormány kiszámíthatatlan környezetben dolgozik, amelyet a politikai instabilitás és a megszállás korlátozásai miatti kockázat és bizonytalanság okoz. Annak ellenére, hogy a palesztin intézményeknek sok kockázattal kell szembenézniük, ez a tanulmány két fő, egymással összefüggő kockázatra összpontosít. Ez a két kockázat a nemzetközi adományozóktól származó támogatások megvonása vagy csökkentése, valamint az izraeli kormány által a palesztin nemzeti hatóságnak nyújtott adóbevételek kifizetésének elmulasztása. A két kockázat előfordulásának valószínűsége és azok hatása a palesztin intézmények teljesítményére meglehetősen magas. Ez a tanulmány olyan intézkedéseket javasol, amelyek csökkenthetik e két kockázat hatását.

Kulcsszavak: *kockázatkezelés, nemzetközi segélyek, adóbevételek, Palesztin Nemzeti Hatóság, Palesztin Kormány*

Saqer Sulaiman
PhD-hallgató
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Közigazgatás Tudományi Doktori Iskola
Saqersul@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-4866-7694

Saqer Sulaiman
PhD Student
National University of Public Service
Doctoral School of Public Administration Science
Saqersul@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-4866-7694

http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/433/175

Szerzők – Authors

Ady László
Ügyvezető,
Kísérleti fejlesztés vezető
NextTechnologies Kft.; Subi-Ker 2000 Kft.
adylaszlo@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0001-6702-6000

László Ady
Executive Director
Experimental Development Leader
NextTechnologies Ltd.; Subi-Ker 2000 Ltd.
adylaszlo@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0001-6702-6000

Daniel Blaško (PhD, MBA)
Research Worker
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
daniel.blasko@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-3655-8327

Jozef Galanda (PhD)
Assistant Professor
Technical University in Kosice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
jozef.galanda@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0001-6952-3369

Gausz Tamás (PhD)
Nyugalmazott egyetemi docens
gausz.tamas@gmail.hu
https://orcid.org/0000-0001-7026-0666

Tamás Gausz (PhD)
Retired Associate Professor
gausz.tamas@gmail.hu
https://orcid.org/0000-0001-7026-0666

Gábor Armand Dávid (MSc)
hallgató
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Jármű és Közlekedésmérnöki Kar
Légijárművek Szakirány
Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék
armandgabor@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-3015-3564

Armand Dávid Gábor, MSc
student
Budapest University of Technology and Economics
Faculty of Vehicles and Transportation
Aeronautics Specialization
Department of Aeronautics Naval Architecture and Railway Vehicles
armandgabor@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-3015-3564

Gáti Balázs (PhD)
Egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Járműelemek és Járműszerkezetanalízis Tanszék
gati.balazs@kge.bme.hu
https://orcid.org/00000-0002-1202-9949

Balázs Gáti (PhD)
Associate Professor
Budapest University of Technology and Economics
Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering
Department of Vehicle Elements and Vehicle-Structure Analysis
gati.balazs@kge.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1202-9949

Edina Jenčová (PhD)
Assistant Professor
Technical University in Kosice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
edina.jencova@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0003-2737-0119

M. Eng. Ing. Marek Košuda
Educational Technician, Doctoral Student
Technical University in Košice, Slovakia
Faculty of Aeronautics
Department of Aviation Technical Studies
marek.kosuda@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-4179-4738

Branko Mikula
Assistant
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Flight Preparation
branko.mikula@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-1644-8964

Novoszáth Péter (CSc)
Egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Államtudományi és Közigazgatási Kar
Közpénzügyi Kutatóintézet
Novoszath.Peter@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-8755-6858

Peter Novoszath, PhD
Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Science of Public Governance and Administration
Research Institute of Public Finance
Novoszath.Peter@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-8755-6858

Dr. Pethő Szilvia (Orvosi név: Dr. Szénási Szilvia)
Orvos
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
doktorszenasiszilvia@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7480-3063

Szilvia Pethő, Dr.
Doctor
National University of Public Service
doktorszenasiszilvia@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7480-3063

Réz Levente alezredes
Törzsfőnök-helyettes
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis
rez.levente@mil.hu
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

Lt. Col. Levente Réz
Deputy Chief of Staff
HDF 86th Szolnok Helicopter Base
rez.levente@mil.hu
https://orcid.org/0000-0001-5186-7438

Nina Samarguliani
PhD-hallgató
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Államtudományi és Közigazgatási Kar
SAMARGULIANI.nino@halg.uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-2340-6842

Nina Samarguliani
PhD Student
National University of Public Service
Faculty of Science of Public Governance and Administration
SAMARGULIANI.nino@halg.uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-2340-6842

Saqer Sulaiman
PhD-hallgató
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Közigazgatás Tudományi Doktori Iskola
Saqersul@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-4866-7694

Saqer Sulaiman
PhD Student
National University of Public Service
Doctoral School of Public Administration Science
Saqersul@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-4866-7694

Dr. habil. Szabó Sándor András, PhD
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatója
Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék, mb. tanszékvezető, docens
sasi19620@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1362-4723

Dr. habil. Sándor András Szabó, PhD
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Lecturer in the Doctoral School of Military Engineering
University of Szeged
Faculty of Medicine
Department of Aviation and Space Medicine
Associate Professor, Acting Head of Department
sasi19620@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1362-4723

Ing. Bc. Stanislav Szabo, jr. MBA
Research Worker, Doctoral Student
Technical University in Košice, Slovakia
Faculty of Aeronautics
Department of Air Transport Management
stano.szabo@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0003-2403-2288

Dr. Szilvássy László
alezredes, egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-0455-4559

Lt. Col. László Szilvássy, PhD
Associate Professor
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Department of Aircraft Onboard Systems
szilvassy.laszlo@uni-nke.hu
https://orcid.org/0000-0002-0455-4559

Tokody Dániel
Vezető kutató
Subi-Ker 2000 Kft.; NextTechnologies Kft.
tokody.daniel@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0002-9984-0434

Dániel Tokody
Principal Researcher
Subi-Ker 2000 Ltd.; NextTechnologies Ltd.
tokody.daniel@nexttechnologies.hu
https://orcid.org/0000-0002-9984-0434

Iveta Vajdová (PhD)
Research Worker
Technical University in Košice
Faculty of Aeronautics
Department of Air Traffic Management
iveta.vajdova@tuke.sk
https://orcid.org/0000-0002-1231-8492

Dr. Veress Árpád, PhD
egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vasúti Járművek Repülőgépek és Hajók Tanszék
averess@vrht.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1983-2494

Árpád Veress, PhD
Associate Professor
Budapest University of Technology and Economics
Department of Aeronautics Naval Architecture and Railway Vehicles
averess@vrht.bme.hu
https://orcid.org/0000-0002-1983-2494

Vizvári Béla Dr.habil.
Egyetemi tanár
Kelet Mediterrán Egyetem
Műszaki Kar
Ipari Mérnök Tanszék
bela.vizvari@emu.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-1349-1035

Béla Vizvári, Dr. habil.
Professor
Eastern Mediterranean University
Faculty of Engineering
Department of Industrial Engineering
bela.vizvari@emu.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-1349-1035

VÁKÁT OLDAL