

Domán László, Pokorádi László, Szilvássy László

Repülőeszközök idegen-barát felismerésének kockázatát befolyásoló tényezők ok-okozati elemzése

A katonai repülőeszközök harctéri túlélésének biztosítása elsődleges fontosságú feladat. Nem elég csak azt ismernünk, hogy melyek azok a berendezések, rendszerek, amelyek képességeikkel növelni tudják a repülőeszközök túlélőképességét, hanem ezen eszközök megbízhatóságának ismerete is nélkülözhetetlen. Számos módszer létezik a megbízhatóság elemzésére. Tanulmányunk egy a túlélőképességet befolyásoló tényezőt elemez egy konkrét rendszer példáján keresztül.

Kulcsszavak: túlélőképesség, megbízhatóság, Ishikawa-elemzés

Bevezetés

A katonai repülőeszközök túlélőképességének növelése érdekében alkalmazott fedélzeti önvédelmi eszközök esetében is az egyik alapvető cél, hogy a képességeik és hatékonyságuk növelése mellett a működőképességük is biztosítva legyen. Ennek egyik fontos eleme az azt veszélyeztető kockázatok megelőzése, illetve csökkentése. A kockázatkezelésre, illetve kockázat becslésére számos módszer létezik. Mindegyikben az a közös, hogy a felmerülő kockázatokat, annak következményeit, illetve kiváltó okait valamilyen módon megpróbálja azonosítani, rendszerezni és rangsorolni. A jövőbeni kockázatok csökkentésének egyik fő eleme a már bekövetkezett események kivizsgálása és az eredmények megállapítása után a kockázatcsökkentő intézkedések alkalmazása.

A másik módszer a még be nem következett, de megjósolható események feltárása és a megelőzésük érdekében teendő övintézkedések meghatározása. Ezek megállapítása sokkal nehezebb, hiszen egy olyan lehetséges esemény bekövetkezését kell feltárni és azonosítani, amelyre esetleg még soha nem volt példa, és nincs semmilyen tapasztalatunk a bekövetkezésük megállapítására. Az elemzések során fontos kérdés a körülmények, az esetlegesen kiváltó okok pontos, körültekintő leírása és azokból a következmények levonása. A kockázatkezelés során szükség van megbízható adatforrásra, időre, technikai háttérre, a döntéshozók tapasztalatára, ismeretére, esetleg megérzéseire [1].

Számos könyvet, jegyzetet és tanulmányt találunk a különböző kockázatbecslő eljárásokról. Pokorádi [10] jegyzetében a kockázatelemzés technikai eszközök üzemeltetésében elfoglalt szerepét írja le. Fenyvesi egy korábbi kockázati esemény részletes elemzésén keresztül világít rá az üzemeltetési folyamatok kockázatát befolyásoló tényezőkre [1]. Farkas és Héray [11] jegyzete

a műszaki termékek minőségi és megbízhatósági elemzésével ismerteti meg az olvasókat. Koncz tanulmánya a 8D problémamegoldó technikát és annak kapcsolatait más minőség-technikákkal mutatja be. A 8D-eljárás jellemzően az autóiiparban használt technika, amely az elmúlt évek során nagy jelentőségre tett szert, hiszen nemcsak az autógyártó nagyvállalatok, hanem a teljes autóiipari beszállítólánc alkalmazza [14]. Bárkányi értekezésében olyan matematikai modellt dolgozott ki, amely alkalmas egy felderítő komplex rendszer és annak (al)rendszerei megbízhatósági mutatóinak számítására. A kidolgozott matematikai módszert a kutatás során alkalmassá tette egyszerűbb és bonyolultabb rendszerek vizsgálatára [12].

A DOD Dictionary of Military and Associated Terms kiadványban az identification, friend or foe (IFF¹) fogalma „egy olyan jeleket sugárzó eszköz, amit a sikeres azonosítást (felismerését) követően barátnek (saját erőnek) tekinthetünk” [2]. A radar operator's manual, radar bulletin no. 3, (radthree) 1945 megjelent kiadványa bemutatja a radarok működési elveit, jellemzőiket és emellett talán elsőként mutatja be és elemzi az IFF-rendszer, azon belül is az akkor korszerű IFF Mark III eszköz működési elvét, felépítését [3].

Az idegen-barát felismerő berendezése egy másodlagos radarrendszer,² amely impulzusmodulált összeköttetést és a légicél azonosítását, illetve felismerését biztosítja a légiforgalom-irányítás és a légvédelmi rendszerek számára (lásd 1. és 2. ábra). Ezek olyan transzponderek³ (válasz-jeladó berendezés) vagy interrogátorok (lekérdező másodlagos radar), amelyek működése a földi radarok kérdezőjeleinek vételén és az ezekre automatikusan kódolt válaszjelek visszasugárzásán alapszik. A rendszer kooperatív, mert a fedélzeti transzponder aktív választ igényli a vett lekérdezésre, emellett impulzusmoduláció alkalmazásával biztosítja az azonosítást, ahol az impulzusok távolsága (pozíciója) és szélessége hordozza a szükséges információt [4].

Jelenleg a NATO-ban használt idegen-barát eszközök általános leírását, technikai adataikat, mind a válaszjeladó berendezések, mind a lekérdező szekunderradarok különböző funkcióival és teljesítményadatokkal, kódolásokkal kapcsolatos követelményeket a Stanag 4193: Technical characteristics of the IFF Mk XIIA system,⁴ az azonosítási eljárással kapcsolatos információkat pedig a Stanag 4162: identification data combining process⁵ NATO egységesítési egyezmény tartalmazza A dokumentumok NATO RESTRICTED (korlátozott hozzáférésű), NATO SECRET (titkos) és NATO UNCLASSIFIED minősítéssel vannak ellátva, emiatt a nyilvánosság számára nem hozzáférhetők [5].

A dokumentumok tartalma hasonló az ENSZ szakosított intézménye, a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet⁶ által meghatározott szabvány 10 függelékében szereplő légiforgalmi távközlési követelményekhez, amelyben valamennyi, a légiforgalomban használatos táv/hírközlő, hang- és digitális kommunikációs, navigációs, légtérfelderítő, repülőtéri felszint felügyelő, összeütközési megelőzőrendszerrel szemben támasztott követelmények, a rádiótávbeszélés eljárásai, digitális adatkapcsolati rendszerek alkalmazásának szabályai megtalálhatók [6].

Tanulmányunk célja egy a túlélőképességet befolyásoló tényező, az idegen-barát felismerés elemzése és a vizsgálat egy konkrét rendszer példáján keresztüli bemutatása.

¹ IFF – identification, friend or foe: idegen-barát felismerés.

² SSR – Secondary Surveillance Radar – másodlagos radar rendszer.

³ Transzponder – a transmit (továbbít, sugároz) és responder (válaszadó) szavak összevonásából származik.

⁴ STANAG 4193: Mark XIIA idegen-barát rendszer technikai jellemzőiről.

⁵ STANAG 4162: Azonosítási eljárásról.

⁶ ICAO – International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet.

Tanulmányunk az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezetben röviden bemutatjuk a vizsgálatunk során alkalmazott Ishikawa-elemzést. A 3. fejezetből a katonai repülőeszközök idegen-barát felismerő rendszereit ismerheti meg az olvasó. A 4. fejezet az idegen-barát felismerési rendszerének ok-okozati elemzését mutatja be. Végezetül a Szerzők összegzik a tanulmány alapján levonható következtetéseket.

Az Ishikawa-elemzés

Ennek az elemzésnek számos elnevezése ismert: (Kaorus Ishikawa, a Tokiói Egyetem professzoráról, az elemzés kidolgozójáról elnevezve) Ishikawa, ok-okozati, halszákaelemzés, illetve angol nyelvű szójátékként létrejött a „Fishikawa” megnevezés is. Az ok-okozati elemzés célja egy probléma vagy állapot (vagyis az okozat) összes lehetséges okának szisztematikus, növekvő részletességgel történő meghatározása és grafikus ábrázolása.

Elsősorban a probléma meghatározására van szükség a „Mi?”, „Hol?”, „Mikor?”, „Miért?” kérdések segítségével. Ezután az esetlegesen fellépő hibaokokat tárjuk fel probléma, fő ok, okok sorrendben. Harmadik lépésben azonosítjuk, súlyozzuk az okokat, és ábrázoljuk a halszáka-diagramot.

A hal feje az ábra jobb oldalán helyezkedik el, ide írjuk a problémát mint okozatot. A hal gerincéből kiinduló szálkákon a fő befolyásoló okcsoportokat szemléltetjük, az egyre kisebb szálkákon pedig az alsóbb rendű hibaokokat ábrázoljuk – egészen addig, míg el nem jutunk a gyökérokokig. Tehát a probléma megszüntetéséhez az okok felismerése és elemzése alapján juthatunk el.

Az elemzés során kapott eredményeket növekvő részletességgel ábrázoljuk. A hierarchikus felépítésnek köszönhetően a vizsgálat menete mindenki számára egyszerűen értelmezhető. A halszákaelemzéssel végzett analízis alaposabb elemzést tesz lehetővé, mint az általános mérnöki gondolkodásból adódó elemzés.

Ez egy olyan alapvető okelemző módszer, amely a problémák ok-okozati összefüggéseinek megállapítására alkalmazható. Hatékonyságnövelő eszköz, ami irányulhat problémára, amit meg kell oldani, lehetőségre, amit meg kell ragadni, kockázatokra, amelyeket azonosítani kell, eredményre, amit el kell érni. A jelenre és a jövőre is alkalmazható. Használható egy konkrét helyzet, probléma kialakulásának vizsgálatára vagy egy megoldási kísérlet kudarcainak elemzésére.

Az ok-okozati diagram azt a kapcsolatot reprezentálja, amely az egyes okozatok és az azokat befolyásoló okok között fennáll. Az egyes okozatokat ugyanis általában az okok különböző fő kategóriái idézik elő, amelyek az alábbi négy vagy nyolc nagy csoportba sorolhatók be:

- ember (man);
- gép (machine);
- módszer (method);
- anyag (material);
- erőforrások (money);
- management;
- környezet (mother nature);
- mérés (measurement).

A fentiek csupán ajánlott kategóriák, emiatt az okok minden olyan csoportosítása megengedett, ami elősegítheti a kreatív gondolkodást.

Az Ishikawa-elemzés jellemzője általában teljeskörűsége törekvés és az oktató jelleg. Akkor jó, ha nincsenek kiugró elemek, a többihez képest terjedelmes okcsoportok [7].

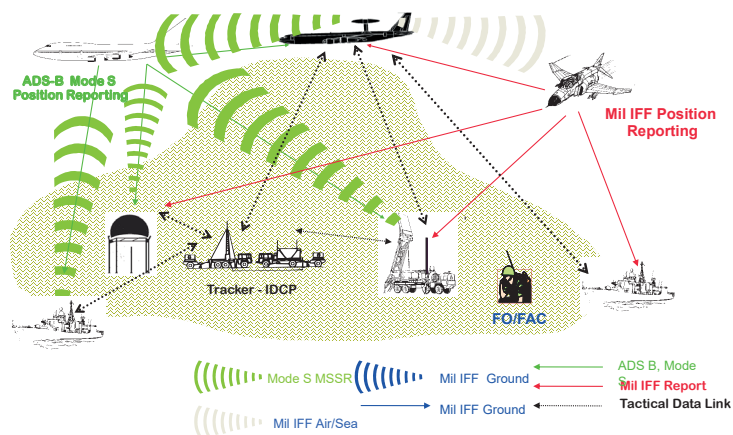
Idegen-barát felismerés

A légi járművek túlélőképesség-növelésének egyik eleme lehet, ha a saját légvédelmünk a repülőeszközünket „barátként” ismeri fel, és nem kezeli „idegenként” vagyis célként.

Ennek egyik legnagyobb eleme a második világháború első felében kifejlesztett idegen-barát felismerő berendezés volt, amit a légi felderítésben már korábban alkalmazott RADAR megjelenése nagymértékben elősegített. Ezzel elkerülhetők lettek a légvédelmi rendszerek által okozott úgynevezett „baráti tüzek”, amelyek már a különböző háborús konfliktusokban számos veszteséget okoztak a légierők számára [8].

Általánosságban elmondható, hogy az idegen-barát eszközök a harci azonosítás⁷ szélesebb katonai fellépésének eszközei, amelyek pontos jellemzést adnak a harc területén észlelt tárgyakról az operatív döntések támogatása érdekében. Ezt a jellemzést a meghozandó döntésektől és a helyzettől függően le lehet szűkíteni: a „barát”, „ellenség”, „semleges” vagy „ismeretlen” szereplőkre. Más esetekben nem leszükítve, de többek között a típusra, nemzeti hovatartozásra vagy a küldetés céljára lehet következtetni. A harci azonosítás nemcsak a baráti tűz esélyét csökkentheti, hanem hozzájárul az általános taktikai döntéshozatalhoz is [9].

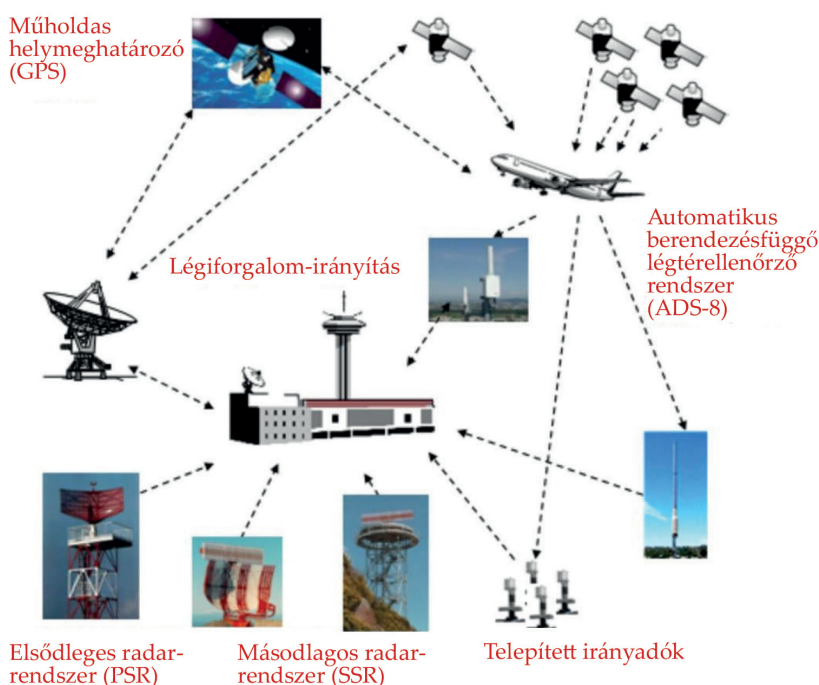
Az elnevezés ellenére egy IFF-képességekkel rendelkező berendezés csak a saját célokat képes „pozitívan” azonosítani, az ellenséget nem. Ha egy IFF-rendszer által küldött kérdezőjelre nem érkezik válasz, vagy érvénytelen válasz érkezik, ezáltal az objektum nem minősül saját vagy baráti eszköznek, de ettől még nem lesz „ellenségként” sem kiválasztva [3].



1. ábra
A katonai és polgári rendszerek együttműködése [10]

⁷ CID – Combat IDentification – harci azonosítás.

A katonai alkalmazást követően a kereskedelmi légi forgalom nagymértékű növekedésének is köszönhetően az 1950-es években a polgári repülésben is megjelentek a földi telepítésű hagyományos radarok mellett a másodlagos radarrendszerek. Az eszközök lehetővé tették a polgári légiforgalom-irányítás számára, hogy megkönnyítsék a légi járművek azonosítását, és meghatározzák azok viselkedését [11]. Időközben, a megnövekedett légi forgalom miatt az SSR-rendszert továbbfejlesztették, és az ezáltal létrehozott S-üzemmód (Mode S) segítségével szelektív, egyedi (24 bites) azonosítás vált lehetővé. A Mode S transzpondert a repülőgépfedélzeti berendezések közül az ütközéselkerülő rendszer (TCAS – Traffic Collision Avoidance System) és az automatikus berendezésfüggő légtérelenőrző rendszer (ADS-B – Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) is használja mint egyfajta kommunikációs eszközt az adatai továbbítására (2. ábra) [12].



2. ábra
Légiforgalom-irányításban együttműködő felderítő eszközök [13]

Elmondható, hogy az SSR-rendszerek egyik legnagyobb előnye a PSR⁸-rendszerekkel szemben, a nagyobb hatótávolság és a lényegesen kisebb interferencia mellett az, hogy a légi célok magassági adatainak megismerése és az azonosítása (felismerése) is lehetséges [14].

A további elemzéseket megelőzően fontos megkülönböztetni, hogy jogi szempontból mit is jelent valójában a polgári és a katonai, állami légi jármű. Az 1944-es Chicagói Egyezmény

⁸ PSR – Primary Surveillance Radar – elsődleges radarrendszer.

legfontosabb rendelkezései közül kiemelkedik a nemzeti légtérben az állam teljes és kizárólagos szuverenitásának kimondása, a nem menetrendszerű és menetrendszerű légi járatok jogainak meghatározása, valamint a polgári és állami légi járművek elhatárolása. Egyezmény csak és kizárólag a polgári légi járművekre alkalmazható, míg az állami légi járművekre nem.

Állami légi járműnek kell tekinteni: a katonai, a vám- és a rendőri szervek céljára szolgáló légi járművet. Tekintettel arra, hogy ez a felsorolás nem tételes, ezért az állami légi járművek kategóriájába tartoznak még: a kutató-mentő, a légimentő, a Nemzetközi Vöröskereszt, a parti őrség, a humanitárius segélyszállító, a földmérési-térképészeti felmérő, a speciális feladatokat ellátó, például rabokat, menekülteket szállító, valamint az állami vezetőket kiszolgáló légi járművek. Fontos kiemelni, hogy az állami légi járművekre nem a Chicagói Egyezmény szabályai, hanem a nemzeti jog belső szabályai vonatkoznak.

Az állami és polgári repülőgépek megkülönböztetése nem a légi járművek regisztrálásától, azok tulajdonjogi bejegyzésétől vagy technikai jellegzetességeiktől, hanem a tevékenységük céljától és annak végzésétől függ.

A légi járművet elsősorban a végzett feladat kategorizálja. Egyértelműen államinak számítanak a katonai éles-, gyakorló- vagy bemutató repülések, a katonai titkos küldetések, a rutin katonai szállítási műveletek és a rendvédelmi célú repülések. Állami repülésnek számít az is, ha a katonai légi jármű, katonai személyzettel, de polgári repülési tervet használva repül át egyik repülőtérről a másikra.

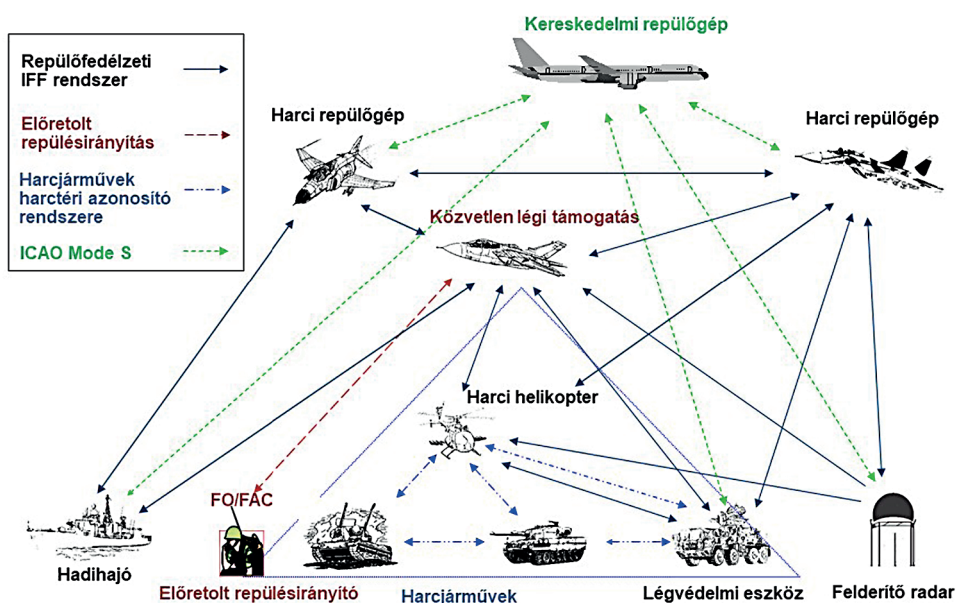
A polgári és katonai együttműködés az úgynevezett Rugalmas Légtérfelhasználás koncepció szerint kétfajta repülést ismer: az Általános Légiforgalmi repülést, amely az ICAO szabályai szerint végrehajtott repülést jelent; és a Műveleti Légiforgalmi repülést, amely nem kereskedelmi, hanem az állami (katonai) vagy közhasznú műveleteket végrehajtó, katonai légi járművel végzett repülést foglalja magában.

Míg a repülés szabályszerű végrehajtásakor a polgári légi járművek viszonylag nagy szabadsággal rendelkeznek, addig az állami légi járművek csak külön államközi megállapodás vagy esetenként kiadott engedély alapján és ezek feltételeinek megtartásával repülhetnek át más állam területe felett, illetve szállhatnak le annak területén [15].

A polgári repülésben a légi jármű azonosítása, a helyzet, a magasság és egyéb információk kisugárzása ICAO-követelményeknek megfelelően történik. Ha a légi jármű rendelkezik SSR-transzponderrel és az megfelelően működik, akkor a kérdező berendezés, úgynevezett interrogátor a megfelelő válaszhoz jut [16].

A légtér jogosulatlan igénybevétele esetében a légi jármű feltartóztatható (elfogható) és leszállásra felszólítható [17]. Az elfogás szabályai és célja többek között a polgári légi jármű azonosítása, követése, megsemmisítése, eltérítése, a légi járművel való kommunikáció létrehozása. Az ICAO-szabályok [18] értelmében az elfogás kizárólag a legutolsó eszközként használható és elsődlegesen a polgári légi jármű azonosítására és csak indokolt esetben annak eltérítésére kell, hogy irányuljon [19].

A katonai vagy állami repülésben használt transzponderek és interrogátorok kettős rendeltetésű aktív válaszadó berendezések. Feladatuk egyrészt alapvető repülési adatok biztosítása a polgári légiforgalmi irányítás részére, illetve a kódolt felismerőadatok továbbítása a katonai légiforgalmi irányítás számára, lehetővé téve a közös légtérhasználatot és a katonai repülőeszközök idegen-barát, illetve nemzeti hovatartozásának felismerését. A katonai repülésben az interrogátorokat nemcsak a földi lokátorállomások mellett, hanem az olyan harci repülőgépeken is elhelyezik, amelyek rendelkeznek repülőfedélzeti radarokkal (3. ábra) [20].



3. ábra

A NATO-ban használt felismerőrendszerek együttműködése [10]

Mivel Magyarország légtere is része a szövetségi légtérnek, a magyar légtér katonai felügyeletét, ezáltal a repülőeszközök harci azonosítását a Magyar Honvédség Légi Vezetési és Irányítói Központ végzi.

Légtér jogosulatlan igénybevétele esetén a rendelkezésre álló információk alapján a légtérellenőrző részleg feladata a beérkező fuzionált légi helyzet szimbólumainak azonosítása. Ezek az információk lehetnek repülési tervek, diplomáciai engedélyek, a polgári légiforgalmi szolgálatok és repülőterek személyzeteinek jelentései, megfigyelések, illetve a másodlagos radarjelek, többek között az idegen-barát eszközök adatai. Itt döntenek arról is, hogy egy légi cél elleni beavatkozás esetén földi telepítésű légvédelmi erőt vagy harci repülőgépeket alkalmazzanak-e [20].

Korábban említettük alapján az idegen-barát eszközök alkalmazásának eredeti oka az volt, hogy felismerje a „baráti”, tehát a saját erőket. Emiatt elengedhetetlen, hogy az ellenség ne legyen képes használni a rendszert még akkor sem, ha az idegen-barát rendszer konkrét berendezései fizikailag a kezükbe kerülnek, ezért az azonosítás és a felismerés céljából egy kriptografikai módszerekkel titkosított, rejtjelezett jelet sugároznak ki, amely nagymértékben megnehezíti, legtöbb esetben megakadályozza az illetéktelen felhasználást. A transzponder egy védett üzemmódu, rejtjelező eszközzel van összekapcsolva (lehet egy berendezés is), amely az inverz algoritmusokat használja a dekódolására. Ha a titkosítóeszköz nem tudja megfejteni a kérdezőjelet, akkor nem lesz képes megfelelően reagálni, és így nem lesz barát-ként felismerhető.

Azonban ha a rejtjelező eszköz vagy a transzponder az ellenséges erők kezébe kerülne, az illetéktelen használat elkerülése érdekében minden egyes eszközbe rendszeresen be kell

tölteni egy speciális kódkulcsot. A változó kódkulcsok és a kriptográfiai technikák, illetve a rejtjelezési algoritmusok segítségével biztosítható a felismerőrendszer magas fokú biztonsága.

A NATO-ban alkalmazott Mark XII típusú IFF-rendszer Mode 4 képességet tervezetten 2021-től leváltja a Mark XIIA IFF Mode 5 [21].

A Magyar Honvédség által beszerzett Airbus H145M típusú helikopterek is már ilyen képességgel fognak rendelkezni [22].

A jelenlegi korszerű Mark XIIA típusú IFF-rendszer (4. ábra) a következő üzemmódokon működik:

- Mode 1, amelynek 64 válaszkódja van, a katonai légiforgalmi irányításban használják, nem rejtjelezett üzemmód, felismerésre nem használják.
- Mode 2, ebben a módban 4096 lehetséges válaszkód létezik, az adott légi jármű azonosítására használják, a Mode 1-hez hasonlóan felismerésre nem alkalmas.
- Mode 3/A, hasonlóan a Mode 2-höz ebben a módban is 4096 lehetséges válaszkód létezik, az üzemmódot a polgári légiforgalmi irányítás használja a repülőgépek azonosítására.
- Mode C, amely szintén a polgári légiforgalom-irányítás számára biztosítja a repülőgép barometrikus magassági adatainak továbbítását.
- Mode S, amely egy adott repülőgép szelektív azonosítása (24 bit) mellett többletinformációkat képes kisugározni a „rövid” 56 bites vagy „hosszú” 112 bites adatblokkok felhasználásával, a polgári légiforgalom-irányítás számára.
- Mode 4, amely egy 32 bites rejtjelezési algoritmus segítségével védett felismerést tesz lehetővé.
- Mode 5, amely GPS és egyéb adatok továbbítását teszi lehetővé hasonlóan, mint az ADS-B rendszer. A továbbfejlesztett rejtjelezési és egyéb technológiai fejlesztések alkalmazásával számos hátrányt kiküszöböltek, többek között kisebb lett a valószínűsége az eszköz felderítésének, jobban ellenáll az interferenciának, a zavarásoknak, illetve jelentősen javult a hatótávolsága, emellett további kiterjesztett képességek használatát tették lehetővé az előd Mode 4 üzemmódhoz képest [23], [24].



4. ábra

Egy korszerű Mark XIIA AN/APX 123/A(V) eszköz [25]

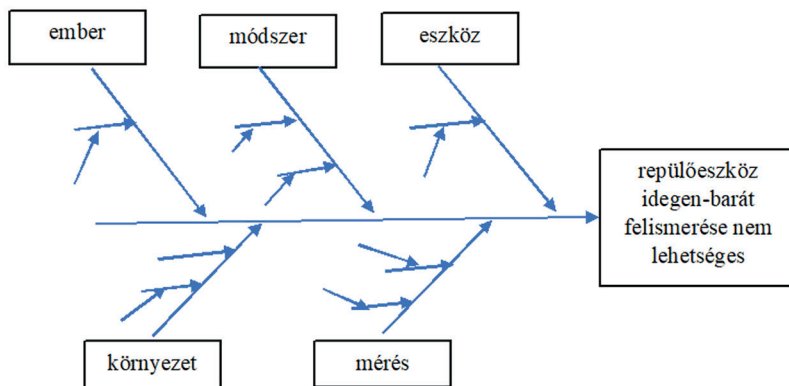
Esettanulmány

Tanulmányunkban azon esemény kiváltó okait határoztuk meg, amely során egy legalább Mode 4 katonai üzemmódú IFF-transzponderrel felszerelt légi jármű idegen-barát felismerése nem következik be. Célunk az volt, hogy feltárjuk az összes lehetséges okot, amelyek a problémát eredményezhetik, és bemutassuk, hogy egy olyan katonai eszköz, mint egy idegen-barát rendszer rendellenes működésének feltárására is felhasználhatók a második fejezetben ismertetett módszerrel.

A katonai alkalmazás esetén a repülőeszközbe a földi előkészítés során betöltnek egy kódkulcsot, amit egy speciális eszközzel generálnak. A betöltéskor az eszköz csak az érvényes formátumú kódokat fogadja el. A repülőgép felszállása után már nincs lehetőség a kódkulcs ismételt betöltésére, amennyiben a légi jármű lezuhan vagy meghatározott céllal (például tüzelőanyag-töltés, átfegyverzés) leszáll, a repülőgépvezetőnek lehetősége van a kód megtartására. Amennyiben ezt elmulasztja, a kódkulcs automatikusan törlődik, nehogy az ellenség kezére kerüljön a kóddal feltöltött eszköz. Repülés közben a hajózó személyzet kezeli az eszközt, és ezáltal lehetősége van a kódkulcsot bármikor kitörölni, az eszközt kikapcsolni vagy bármelyik üzemmódot letiltani, ez a földi ellenőrzések miatt beépített opció.

Az IFF-eszköz kijelzi a személyzet számára, ha a kérdezőkódhoz hasonló jeleket érzékelt, de nem történt válasz, valamint az érvényes válaszadásokat is.

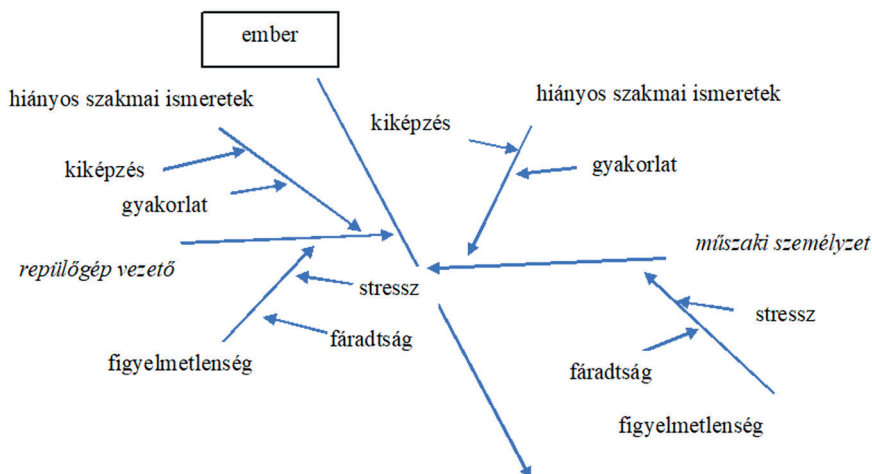
A kérdés az volt, hogy milyen okok vezethetnek ahhoz, hogy repülőeszköz idegen-barát felismerése nem lehetséges. Az esemény körülményeit, a lehetséges hibaokokat a szakmai tudásunk és tapasztalataink alapján vizsgáltuk. A vizsgálat szempontjából az embert, a módszert, az eszközt, a környezetet és a mérést választottuk ki (5. ábra).



5. ábra
Halszállkadiagram fő okcsoportjai [7]

Az ember fő okcsoport elemzése

Az ember fő ok bekövetkezésének oka lehet a repülőgépvezető vagy a földi kiszolgálásban részt vevő műszaki személyzet nem megfelelő tevékenysége (6. ábra).



6. ábra
Az emberi tényező fő okcsoport elemzése [7]

Az elemzésből látható, hogy az emberi tényezők esetében hasonló okokra lehet következtetni. A hiányos szakmai ismeretek, amelyek a kiképzés elégtelenségéből vagy a nem elegendő gyakorlati tapasztalatból következhetnek. A figyelmetlenség, a fáradtság, a katonai alkalmazás esetén jelen lévő magas stressz, amelyek egy éles harci bevetés esetén nagyban befolyásolhatják a művelet sikerét, mind-mind a lehetséges okok között található. Látható, hogy a repülésbiztonságban és általában a biztonsági rendszerek esetében az emberi tényező, az úgynevezett „human factor” nagy szerepet játszik.

A módszer fő okcsoport elemzése

A módszer fő ok bekövetkezésének okai elsődlegesen lehetnek a kóddal kapcsolatosak, mint például a kódkulcs töltése, kód ellenőrzése, kódkulcs generálása. Másodlagosan az SSR-rendszerek működéséből adódó kérdés-válasz protokollproblémák.

A kódkulcsok betöltése a rendszerbe manuálisan történik, ami számos hibaokot eredményezhet. Az időkényszer, a párhuzamos tevékenységek miatt esetleg nem töltik be az érvényes kódot, amit persze visszaellenőrzéssel kiküszöbölhetünk, de amennyiben ez is kimarad, elképzelhető, hogy a légi jármű kódkulcs hiányában emelkedik a levegőbe. Megtörténhet, hogy a kódkulcs generálása közben olyan hiba következik be, ami nem teszi lehetővé az érvényes kód elkészítését (7. ábra).

A hagyományos SSR-rendszerek működési alapelveikből adódóan rendelkeznek néhány rendszerszintű problémával. Az első az úgynevezett FRUIT,⁹ amikor interferencia miatt a földi radar (interrogátor) olyan válaszjeleket is vesz, amelyeket nem a saját kérdezőkódja

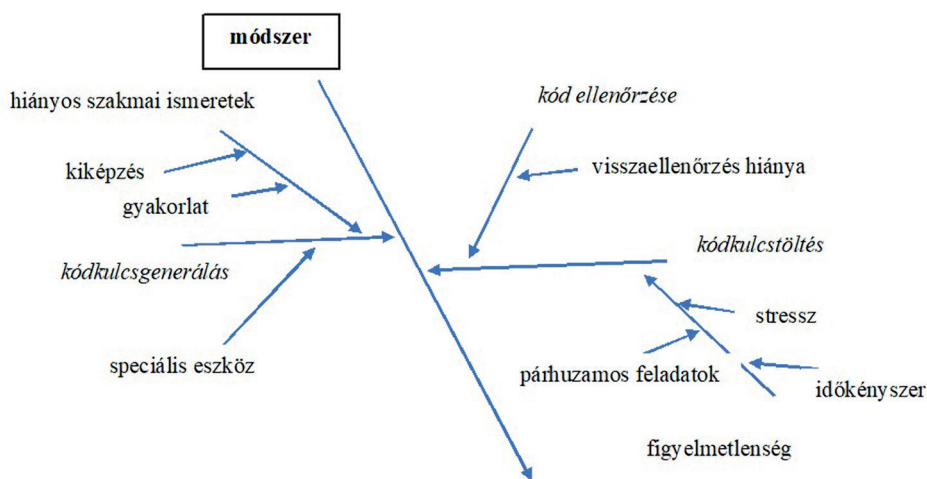
⁹ False Replies Unsynchronized In Time (FRUIT) vagy False Replies Unsynchronised to Interrogator Transmission – a kérdezőjellel nem szinkronizált hamis válaszok.

kezdemenyezett, illetve ha a két különböző transzponder válaszjele átfedésbe kerül az interrogátor vevőjében, és ezáltal az egyik céljel elveszhet.

A másik alapvető probléma a „Garbling”, a megnövekedett légi forgalom miatt a repülőgépek gyakran vannak nagyon hasonló radarpozícióban az azimut (irány)- és távolságadatokat tekintve, különbség csupán a repülési magasságukban van. Ha két légi jármű egymáshoz képesti távolsága elég alacsony, akkor a két repülőgép válaszüzenetei átfedhetik egymást és dekódolásuk megnehezül vagy lehetetlenné válik. A legsúlyosabb a helyzet, ha a két repülőgép azimutja nagyon közel esik egymáshoz (közel azonos irányban látszanak), és mindkét gép transzpondere ugyanarra az interrogátorüzenetre válaszol.

A következő eset, amit a szakirodalom a „Capture” névvel illet, amikor légi jármű transzpondere egyidőben csak egy interrogátorral képes kommunikálni, nagymértékben csökkenti a rendszer hatékonyságát.

Előfordulhat, hogy a transzponder a túl sok kérdezőjel vagy egy másik interrogátor nagyobb energiájú nyalábjába, illetve interferencia miatt túlterheltté válik, és nem képes válaszolni az előző interrogátornak [16].



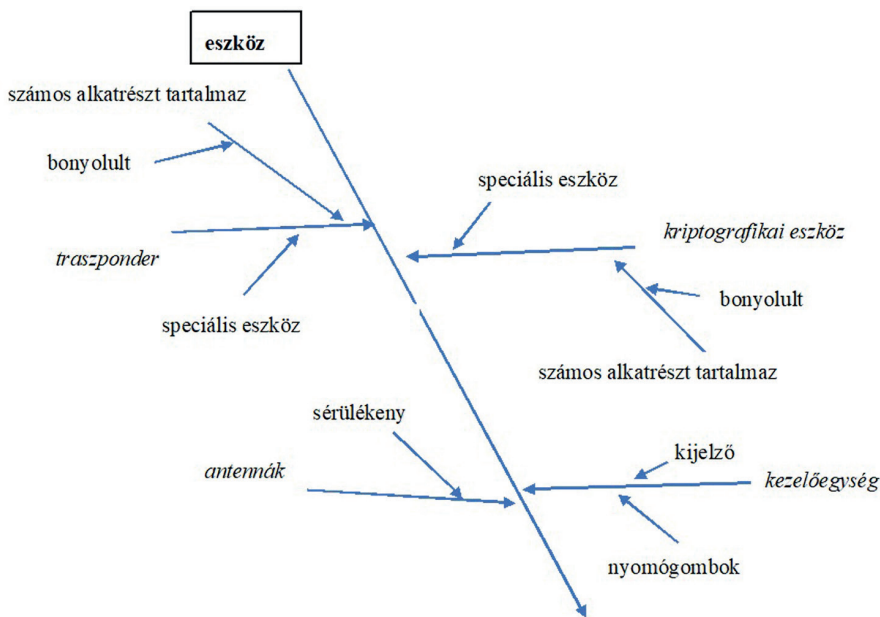
7. ábra

A módszer fő okcsoport elemzése [7]

Az eszköz fő okcsoport elemzése

Az eszköz fő ok bekövetkezésének oka lehet számos berendezés, többek között a transzponder vagy a kriptografikai eszköz, illetve az antenna. Például az AN/APX-123/A(V) eszköz esetében két képességet integráltak egy berendezésbe (5. ábra). Bonyolult, komplex digitális jelfeldolgozó egységekről, számítógépekről, adó-vevő berendezésekről van szó, amelyek felépítésükből adódóan bármikor meghibásodhatnak. A beépített önteszt (BIT – Built in Test) segítségével repülés előtt és közben lehetőség van a meghibásodás detektálására, azonban egy harci feladat végrehajtása során a személyzet a feladat végrehajtására koncentrál, és nem

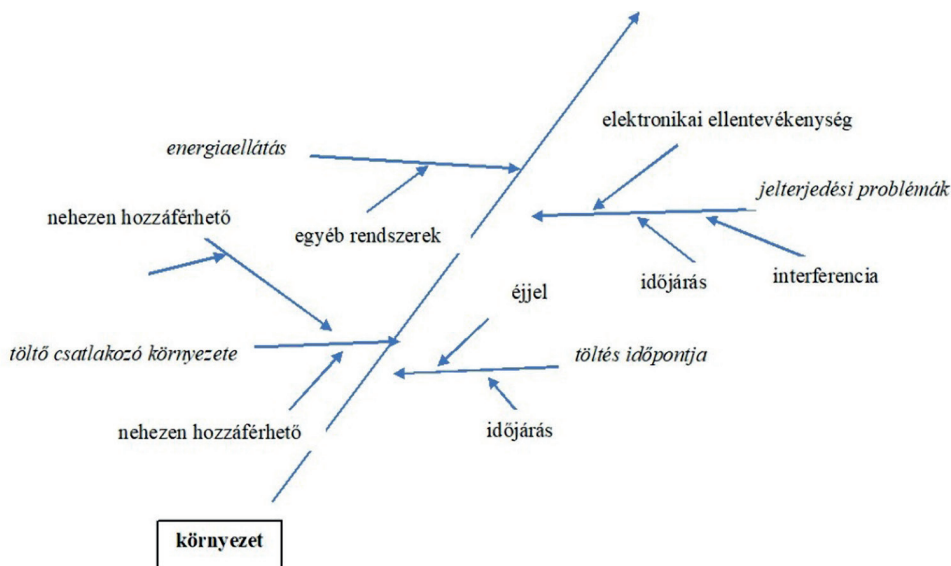
biztos, hogy észreveszi a meghibásodást (8. ábra). A radar elvéből következik, hogy egy földi vagy fedélzeti RADAR nagyobb szög és távolság szerinti felbontóképessége miatt csökkenhet a felderítés hatékonysága az azonosítani, illetve felismerni kívánt repülőeszköztől [16].



8. ábra
Az eszköz fő okcsoport elemzése [7]

A környezet fő okcsoport elemzése

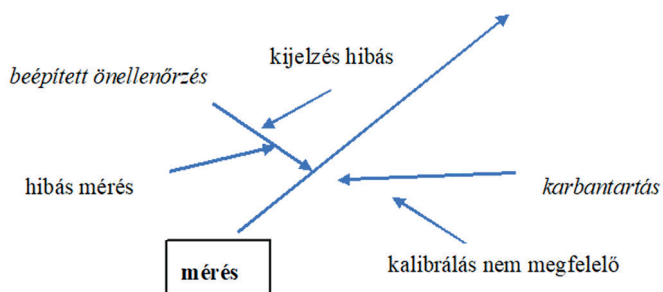
A környezet fő okok közé soroljuk a jelterjedési problémákat, az energiaellátás megszűnését, töltő csatlakozó környezetét, a töltés időpontját. A jelterjedési gondok adódhatnak az ellenséges erők elektronikaiharc-tesvékenységéből, a különböző időjárási körülményekből, amelyek a jelterjedést és a jelek vételét ronthatják vagy lehetetlenné teszik. Meghatározó lehet az esetlegesen nehezen hozzáférhető kódtöltő csatlakozási hely, ami nehezíti a kódkulcs megfelelő betöltését. Az energiaellátás megszűnése esetén az eszközök kikapcsolnak, és nem lesznek képesek ellátni a feladataikat, ezek a berendezések általában nem tartoznak az elsődlegesen elektromos energiával biztosítani szükséges eszközök közé (9. ábra).



9. ábra
A környezet fő okcsoport elemzése [7]

A mérés fő okcsoport elemzése

A mérés fő okcsoport okai lehetnek, hogy a karbantartás során nem megfelelően vagy egyáltalán nem végezték el a szükséges kalibrációkat, ezáltal az eszközök pontatlanul működhetnek, ami okozhat nem megfelelő működést. A beépített önellenőrzés hibája miatt nem érzékeli vagy nem jelzi ki a meghibásodást, és emiatt a kezelőszemélyzet nem lesz képes felismerni azt (10. ábra).



10. ábra
A mérés fő okcsoport elemzése [7]

Következtetések

Össességében megállapítható, hogy az ok-okozati diagram részletes felsorolást szolgáltat a lehetséges okokról, kiválaszthatók és további elemzésnek lehet alávetni a legnagyobb kockázattal bírókat. Azonban az adott okok közötti logikai kapcsolat nem látható, csak a hibaokok felsorolása. Célszerű több hibaelemző módszert egymással kombinálni, például egy Ishikawa-alapú adatgyűjtést a Pareto-elemzéssel, amely egy hisztogram és egy kumulatív vonaldiagram kombinálásából álló statisztikai eszköz, amely azt a döntést készíti elő, hogy mely okok csökkentésére fókuszáljuk az energiát annak érdekében, hogy az okozatra a lehető legnagyobb hatást gyakoroljuk. Ezt követően érdemes egy Hibamód- és hatáselemzéssel folytatni,¹⁰ amely célja az egyes hibalehetőségek felismerése a termék életciklusának minél korábbi szakaszában, a hiba előfordulásának megelőzése és az esetlegesen fellépő hibák megakadályozása. Ezenkívül lehetőségünk van egyéb módszereket, például hibafa, eseményfa, is alkalmazni, hogy teljes képet kaphassunk az adott rendszer megbízhatóságáról, hogy meghatározhassuk azokat az okokat, amelyeket ténylegesen kezelni érdemes, és ahol hibajavító intézkedéseket kell tenni.

Hivatkozások

- [1] L. Pokorádi és Cs. Fenyvesi, „Üzemeltetési folyamat kockázatát befolyásoló tényezők elemzése,” *Repüléstudományi Közlemények*, 26. évf. 2. sz. pp. 232–246. 2014.
- [2] Department of Defense, „DOD Dictionary of Military and Associated Terms,” 2019.
- [3] United States Fleet Headquarters of the commander in chief NAVY department, Radar operator’s manual, radar bulletin no. 3, (radthree), Washington, 1945.
- [4] J. Géczy és L. Békési, „A repülésben alkalmazott radarrendszerek,” *Repüléstudományi Közlemények*, Klnsz. p. 5. 2007.
- [5] NATO Standardization Document Database, “List of Current NATO Standards,” *NATO Standardization Document Database*, [Online]. Elérhető: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/ListPromulg.html> (Letöltve: 2019. 09. 03.)
- [6] ICAO, „ANNEX 10/IV. Légiforgalmi távközlés: Ellenőrző radar és összeütközés elhárító rendszerek,” 2002. [Online]. Elérhető: www.parlament.hu/irom38/02918/fugg/hu/annex10_4.pdf (Letöltve: 2019. 09. 03.)
- [7] O. Fehér, „Ishikawa diagram Halszálka diagram Ok-hatás diagram módszertani leírás,” 2014. [Online]. Elérhető: <http://web.t-online.hu/siriusbt/ishikawa-diagram.pdf> (Letöltve: 2019. 09. 04.)
- [8] „Asdic, radar and IFF systems as used by the rcn: WWII and Post War, IFF systems,” *J. Proc. ca*, 2018. [Online]. Elérhető: <http://jproc.ca/sari/sariff.html> (Letöltve: 2019. 09. 04.)
- [9] Joint Chiefs of Staff, “Joint Publication 3-09, Joint Fire Support,” 2010. [Online]. Elérhető: https://web.archive.org/web/20140411125036/http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_09.pdf (Letöltve: 2019. 09. 04.)
- [10] J. Edwards, „Military aspects on the use of Mode S and Mode S related Systems,” *Slideplayer.com*, [Online]. Elérhető: <https://slideplayer.com/slide/12382986/> (Letöltve: 2019. 09. 04.)

¹⁰ FMEA – Failure Mode and Effect Analysis – Hibamód- és hatáselemzés.

- [11] G. Seres, „Szekunder rádiolokációs rendszerek a repülésirányításban,” *Haditechnika*, 2. sz. p. 5, 1982.
- [12] „Radar Basics,” *Radartutorial.eu*, [Online]. Elérhető: www.radartutorial.eu/13.ssr/sr24.en.html (Letöltve: 2019. 09. 04.)
- [13] O. Baud, P. Gomord, N. Honor, P. Lawrence, L. Ostorero, S. Paupiah and O. Taupin, “Air Traffic Control Tracking Systems Performance Impacts with New Surveillance Technology Sensors,” in *Aerospace Technologies Advancements*, T. Arif Ed., 2010, p. 11. DOI: <https://doi.org/10.5772/7164> (Letöltve: 2019. 09. 05.)
- [14] ICAO, „Air traffic management a guide to global surveillance,” *ICAO*, 2014. [Online]. Elérhető: www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2014/ADSBIMP/ADSBIMPP12.pdf (Letöltve: 2019. 09. 05.)
- [15] A. Sipos, „A polgári légi jármű jogi státusza,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. p. 28, 2017.
- [16] ICAO, „Overview of Primary and Secondary Surveillance Radars,” 2011.
- [17] 4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételéről
- [18] ICAO, „ANNEX 2. Repülési szabályok,” *parlament.hu*, 2005. [Online]. Elérhető: www.parlament.hu/irom38/02918/fugg/hu/annex02.pdf (Letöltve: 2019. 09. 05.)
- [19] Z. Papp, „A polgári légi jármű elleni fegyverhasználat nemzetközi jogi megítélésének és a légtérzuverenitás értelmezésének újabb irányai, Doktori értekezés, Pázmány Péter Katolikus Egyetem Jog- és Államtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2019.
- [20] M. Palik, *A repülésirányítás alapjai*. Budapest: Dialóg Campus, 2018.
- [21] Defence Security Cooperation Agency, „Information on Identification, Friend or Foe (IFF) Systems,” 2018. [Online]. Elérhető: www.samm.dsca.mil/policy-memoranda/dsca-18-14 (Letöltve: 2019. 09. 05.)
- [22] L. Domán, „Az Airbus H145M helikopter és a túlélőképesség,” *Repüléstudományi Közlemények*, 31. évf. 1. sz. pp. 85–102. p. 18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.32560/rk.2019.1.8>
- [23] T. Lutnaes, *Probability of Positive Identification with an IFF E-scan System*, Uppsala: Uppsala Universitet, 2018.
- [24] R. Sopory, „Everything you wanted to know about IFF Mark XII but were afraid to ask,” *linkedin.com*, 2016. [Online]. Elérhető: www.linkedin.com/pulse/everything-you-wanted-know-iff-mark-xii-were-afraid-ask-raman-sopory/ (Letöltve: 2019. 09. 05.)
- [25] J. Keller, “BAE Systems to provide hundreds of aircraft IFF transponders under terms of \$34.3 million contract,” *Military aerospace.com*, 2014. [Online]. Elérhető: www.militaryaerospace.com/trusted-computing/article/16719001/bae-systems-to-provide-hundreds-of-aircraft-iff-transponders-under-terms-of-343-million-contract (Letöltve: 2019. 09. 05.)

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE RISKS OF THE IDENTIFICATION – FRIEND OR FOE

Ensuring the battlefield survival of aircraft is a top priority. It is not enough to know which equipment and systems are capable of increasing the ability of aircraft to survive, but also of knowing the reliability of these devices. There are several methods for analysing reliability. This article analyses a factor influencing its survival, using the Ishikawa method, as an example of a specific system.

Keywords: *survivability, Ishikawa method, reliability*

*Domán László
őrnagy, főtechnológus (osztályvezető-helyettes)
Magyar Honvédség Légijármű Javitóüzem
Műszaki Fejlesztési és Technológiai Osztály
doman.laszlo79@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4472-2609>*

*László Domán
Major, Chief Technologist, Deputy Head of Department
Hungarian Defence Forces Aircraft Repair Plant
Technical Development and Technological Department
doman.laszlo79@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4472-2609>*

*Dr. Pokorádi László (CSc)
egyetemi tanár
Óbudai Egyetem
Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu
<https://orcid.org/0000-0003-2857-1887>*

*László Pokorádi (CSc)
Full Professor
Óbuda University
Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu
<https://orcid.org/0000-0003-2857-1887>*

*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>*

*László Szilvássy, PhD
Lieutenant Colonel, 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>*

