

A polgári légtérfelderítő szenzorok fejlesztése

Károly Bianka, Dr. Meyer Dóra, Dr. Sághi Balázs

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék
(e-mail: karoly.bianka@mail.bme.hu, meyer.dora@mail.bme.hu, saghi.balazs@mail.bme.hu)

Absztrakt: Európában a légiforgalmi irányítás hatékonyságának növelése, az erőforrások és így a légtérfelderítési infrastruktúra racionalizálása egyre jobban előtérbe került. A téma időszzerűsége okán, azonosítjuk a légtérfelderítésben a jövőben potenciálisan elterjedő, újszerű szenzorokat, valamint definiáljuk az alapvető fogalmakat. Feltárjuk a nemzetközi légtérfelderítési szenzorokat érintő fejlesztési stratégiákat. Ezt követően kutatást végzünk és elemezzük hazánk szomszédos országainak infrastruktúráját és fejlesztési terveit. Ezek ismeretében megállapítjuk az elméleti stratégiák és a gyakorlatban megvalósuló fejlesztések viszonyát. Az eredmények a légtérfelderítési-lánc és az alkalmazott elkülönítési távolságok elemzéséhez, modellezéséhez szolgálnak alapul.

1. BEVEZETÉS

A polgári légiforgalmi szolgáltatás (Air Traffic Management, ATM) legfontosabb adatainak egyik csoportját a légtérfelderítési rendszerek biztosítják, amelyek alapján a polgári légi járművek helyzetét nagy pontossággal képesek megjeleníteni a légiforgalmi irányítás számára, hozzájuk rendelve a legfontosabb repülési adataikat, mint

- a barometrikus magasságot,
- a számított föld feletti sebességet,
- azonosító kódot,
- hívójelét.

A légtérfelderítés legfőbb célja a légi járművek biztonságos elkülönítésének érdekében a légtér forgalmi helyzetképének biztosítása. (ICAO, 2017) Napjainkban, a polgári légiforgalmi irányításban elsődlegesen az úgynevezett szekunder radarokat használják a levegőben levő légi járművek felderítésére. A radarok működése közel hetven éves technológiai elveken alapul. Mára azonban, nem csak a radar az egyetlen eszköz, amely a légtérfelderítést biztosítani tudja. Az elmúlt egy-két évtizedben több új, merőben más elveken alapuló közreműködő felderítési rendszert is kifejlesztettek, amelyek alternatívát jelentenek a közel- és távorkörzeti légtér felderítésére.

Jelen cikkünk első fejezete felvázolja a légtérfelderítési-lánc kapcsolatrendszerét, amelynek rendszerelemei közül a cikk további fejezeteiben részletesen a szenzorokkal foglalkozunk. Bemutatjuk azokat a berendezéseket, amelyeket napjainkban alkalmaznak, illetve azokat, amelyek fejlettsége lehetőséget irányoz elő a jövőbeli alkalmazhatóságukra. Ezt követően, a 3. fejezetben széleskörű áttekintést nyújtunk a légtérfelderítési fejlesztéseket meghatározó szabályozási

környezetről, azok hosszú távú fejlesztési irányelveiről. Ezek ismeretében, a 4. fejezetben, hazánk szomszédos országainak földi légtérfelderítési fejlesztéseivel kapcsolatos kutatásunkat mutatjuk be.

2. A LÉGTÉRFELDERÍTÉS KAPCSOLATRENDSZERE

A légtérfelderítés-szolgáltatás a légiforgalmi irányítás szempontjából kiemelkedően kritikus feladat: megfelelő helyzetkép nélkül a légiforgalmi irányítás színvonala, biztonsága nem tartható fenn. A légtérfelderítési rendszerekhez az ICAO (2011) meghatározása alapján azok a berendezések és szolgálatok tartoznak, amelyekkel a biztonságos elkülönítés érdekében a légi jármű mindenkori helyzete meghatározható.

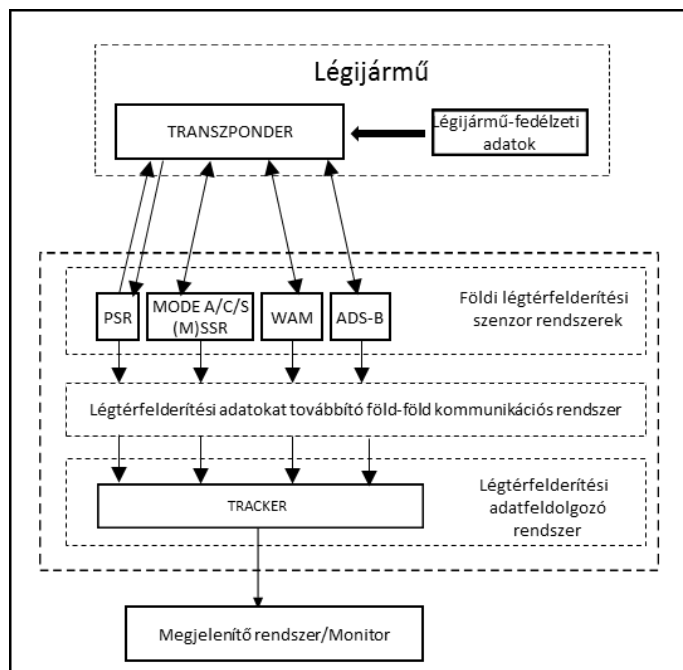
Régebben, polgári célokra légtérfelderítési szenzor, kizárólag a radar berendezéseket alkalmazták, mivel nem volt más eszköz, amely a légiforgalmi irányítást - vele egyenértékű módon - támogatni tudta volna. Ezért minden olyan terminológiai meghatározás, amelyet napjainkban - a „légtérfelderítési” jelzővel illetnek, korábban radarral volt ismert, mint például:

- légtérfelderítési lánc (radar-lánc);
- légtérfelderítési adatfeldolgozórendszer (radar adatfeldolgozó rendszer) stb.

A légtérfelderítési-lánc terminológiát elsőként az 1207/2011/EU rendelet (Európai Bizottság, 2011) vezette be és definiálta, mint azon rendszerek összessége, amelyek részt vesznek a légi járművek helymeghatározásának folyamatában: a fedélzeti berendezéstől kezdve az irányítói képernyőn való megjelenítésig. Így az alábbi rendszereket foglalja magában:

- légi jármű fedélzeti válaszjeladó berendezés (transzponder);

- földi légtérfelderítő rendszer, azaz a szenzorok, mint például a radar;
- légtérfelderítési adatokat feldolgozó rendszer, azaz az úgynevezett tracker, amely összegyűjti, feldolgozza és továbbítja a megjelenítő rendszer számára az adatokat;
- légtérfelderítési adatokat továbbító föld-föld kommunikációs rendszer.



1. Ábra A légtérfelderítési-láncot alkotó rendszerek

Azaz a légtérfelderítési-lánc alatt mindazon rendszereket értjük, amelyek a légiforgalmi irányítói monitoron megjelenítésre kerülő légi jármű helyzetének pontosságára befolyással bírnak.

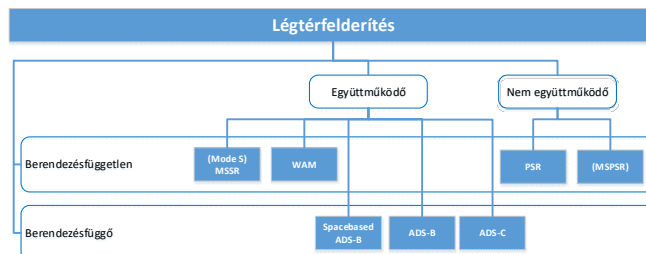
Maga a szenzor a felderítési-lánc kezdete, amelynek célja az adott légtérben tartózkodó légi járművek észlelése, és azokról a rendelkezésre álló adatok továbbítása a légtérfelderítési adatokat feldolgozó rendszer számára.

A légtérfelderítési adatokat feldolgozó rendszer feladata a különböző szenzoroktól származó plotok vétele és feldolgozása. A feldolgozás eredményeképpen a rendszer az úgynevezett trackeket (útvonal) állítja elő, amelyek továbbításra kerülnek a megjelenítő rendszer felé. A folyamat végén a légiforgalmi irányítói monitoron megjelenő track jelzi a légi jármű pozícióját.

Cikkünk további részében a teljes felderítési-láncból kizárólag a földi telepítésű szenzorok fejlesztésének vizsgálatával foglalkozunk részletesebben.

3. LÉGTÉRFELDERÍTŐ SZENZOROK BEMUTATÁSA

A légtérfelderítési szenzorokat számos tulajdonság mentén lehet osztályozni. Mi a vizsgálatunkban az alkalmazhatóságukat leginkább befolyásoló két rendszertulajdonság mentén kategorizáljuk őket, melyet a 2. Ábra szemléltet.



2. Ábra Légtérfelderítési szenzorok osztályozása

Első megközelítés szerint a légi járművekkel való kapcsolat alapján megkülönböztetünk:

- nem együttműködő, passzív vagy másodlagos (szekunder) rendszereket, illetve
- együttműködő (cooperative), másnéven aktív vagy elsődleges (primer) rendszereket.

Passzív rendszerek esetén a pozíciómeghatározás nem igényel semmilyen kapcsolatot a légi járművekkel. Annak megállapítása számítás útján, kizárólag a földi telepítésű berendezésekkel történik. Ezzel szemben az aktív rendszerek sajátossága, hogy működésükhöz elengedhetetlen a légi járműveken telepített transzponder. A transzponder a földi állomások kérdésére reagál és a légiforgalmi irányítás számára lényeges adatokat szolgáltat, mint például a légi jármű helyzete, magassága, sebessége stb.

A másik felosztás szerint, a helyzetadatok eredete alapján beszélhetünk:

- berendezésfüggetlen (independent) és
- berendezésfüggő (dependent) rendszerekről.

Berendezésfüggetlen felderítési mód esetén a szenzor saját méréseinek eredményeként határozza meg a légi jármű pozícióját. Míg azt a berendezésfüggő felderítés esetén a légi járművek által szolgáltatott kész pozíció adatok közvetlen felhasználásával állapítja meg.

A jelenleg még többségében alkalmazott radarberendezések a berendezésfüggetlen eszközök közé sorolhatók. Berendezésfüggő eszközök berendezésfüggetlen információ nélküli alkalmazása az adatok kiberbiztonsági veszélyeztetettsége miatt korlátozott. Berendezésfüggetlen megoldásokat kizárólagosan - azaz berendezésfüggő szenzor nélkül - napjainkban még csak ott alkalmaznak, ahol másképp helyzetadatokat nem álltak rendelkezésre, mint óceáni térség.

Mivel a polgári légiforgalmi irányításban mind aktív, mind passzív felderítő eszközöket, egymást kiegészítve

alkalmazzák, a következőkben az együttműködés mentén mutatjuk be őket.

3.1 Passzív felderítés

Elsődleges radarberendezés

Az elsődleges radarberendezés (Primary Surveillance Radar, PSR) kiemelkedő jelentőségű, mivel az 1940-es évek óta (Wolff, C., 2017), mind a mai napig kizárólag a hagyományos primer radar jelenti az egyetlen légi járműtől független légtér felderítési formát, mely működéséhez nem kell fedélzeti berendezés. Az általa kibocsátott jelek a légi járművek felületéről visszaverődnek. A kibocsátott és a repülő objektumról visszaverődött hullám közötti abszolút idő különbséget (Time of Arrival, TOA) méri és határozza meg a szenzortól mért távolságát. Ezt és az antenna pillanatnyi irányszögét (azimuth) felhasználva képes megállapítani légi járművek 2 dimenziós helyzetét. Ennek köszönhetően a fedélzeti berendezés esetleges meghibásodása, vagy jogellenes cselekmény esetén is megvalósulhat a felderítés.

Multisztatikus primer radar

Egyre több kutatás foglalkozik a multisztatikus primer radarral (Multi Static Primary Surveillance Radar, MSPSR) mint például (Young et al., 2015) kutatása, melyet 2014-ben folytattak le, vagy (Cabalkova et al., 2016) tanulmánya, melyben a felderítés valószínűségét vizsgálták. Az MSPSR közreműködést nem igénylő, berendezésfüggetlen eszköz, amely az aktív válaszjeladó nélküli légi járműveket is képes felderíteni. Működéséhez ugyanis, a már rendelkezésre álló hagyományos telekommunikációs és földfelszíni műsorszóró jelek légi járművekről való visszaverődését használja fel. Azok visszaverődését figyelve számítja ki a légi járművek helyzetét. A technika még kutatási fázisban van, de a számos előnyös tulajdonságának köszönhetően ígéretes eszköznek ítélik meg a polgári légi járművek nyomonkövetésére. Továbbá Aldowesh, és Alam (2015) kutatásukban rávilágítottak, hogy az MSPSR nemcsak a hagyományos légi járművek, hanem akár az aktív válaszadó nélküli, kis méretű drónok felderítését is lehetővé teheti a jövőben.

A hagyományos PSR-rel szemben, a nagy teljesítményű adóberendezés hiánya miatt rendkívül költséghatékony megoldást jelenthet. Ezen felül további előnye a légi járművek háromdimenziós helymeghatározásának képessége, illetve a gyakoribb frissítési rátával szolgáltatott adatok.

3.2 Aktív felderítés

Másodlagos radarberendezés

A másodlagos radarberendezés (Secondary Surveillance Radar, SSR) kérdező adóból (interrogátor) és válaszjel vevőből áll. Működéséhez elengedhetetlen a légi járművekre felszerelt transzponder, amely az interrogátor által kibocsátott 1030 MHz-es kérdező rádiójelét veszi, és arra automatikusan válaszol a 1090 MHz-es frekvencián. A válaszokban, többek között, a légi jármű azonosításához

szükséges adat (Mode A válasz) és a barometrikus magasság (Mode C válasz) találhatóak meg.

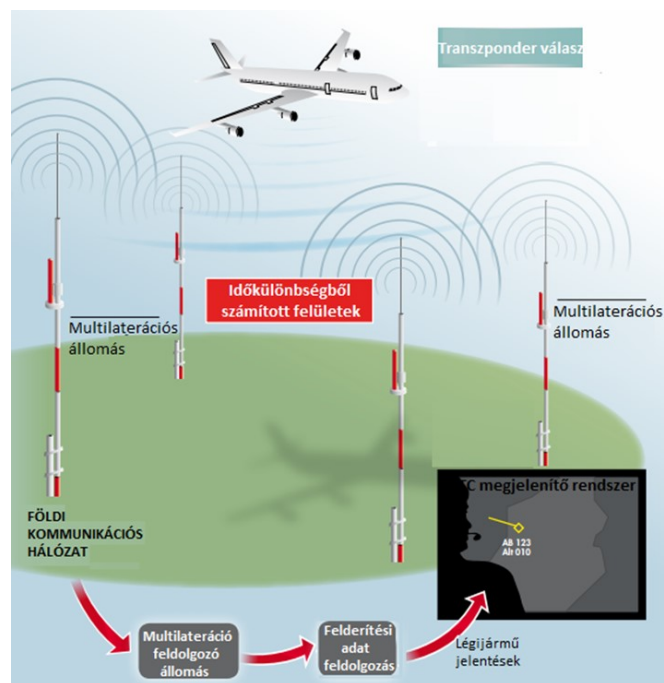
A monopulse SSR (MSSR) egy olyan vételi antennanyaláb formálási eljárást alkalmaz, amely lehetővé teszi a céltárgy szögparamétereinek, radiális sebességének és távolságának a konvencionálishoz képesti pontosabb meghatározását.

Az MSSR rendszer további fejlesztéseként az úgynevezett Mode S képességű radarok kerültek bevezetésére, amelyek jóval fejlettebb technológiát képviselnek. A Mode S adatcsomagokat használ fel a légi jármű felderítésére, melynek köszönhetően lehetővé teszi a légi járművek egyedi azonosítását. A napjainkban alkalmazott szekunder radarok nagyrésze Mode S MSSR képességűek.

Területi Multilaterációs rendszer

A radarberendezésekhez képest alapjaiban más mérési elvet képvisel a multilaterációs technikát (Multilateration, MLAT) alkalmazó területi multilaterációs rendszer (Wide Area Multilateration, WAM). A WAM a radarral ellentétben nem TOA-t, hanem az egyes vételi helyek közti időkülönbségek (Time Difference of Arrival, TDOA) számításával állapítja meg a céltárgy helyzetét.

A 3. ábrán láthatóan a transzponder által sugárzott 1090 MHz-es jeleket egy adott területen több vevő érzékeli. Ugyanannak a jelnek az egyes vevőkbe beérkezési idejének különbségeiből határozza meg a rendszer a jelforrás pozícióját. Minden egyes jelpár egy hiperboloid felületet határoz meg. A légi jármű pozíciója ezen felületek metszéspontjában található.



3. Ábra A WAM rendszer működési elve

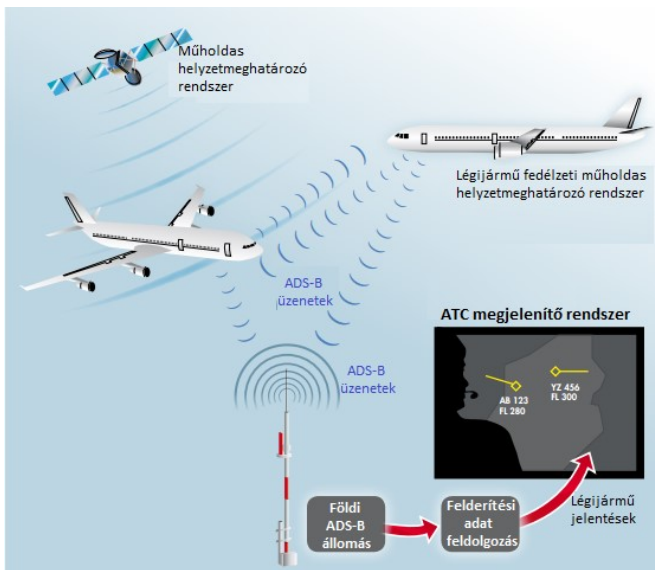
Automatikus berendezésfüggő légtér ellenőrzés – adatközlés

A 4. ábrán szemléltetett automatikus berendezésfüggő légtérellenőrzés – adatközlés (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast, ADS-B) olyan felderítő rendszer, ahol a fedélzeti transzponder nem egy földi kérdező impulzus hatására válaszol, hanem automatikusan kisugározza a helyzetére, sebességére, azonosítójára stb. vonatkozó információkat.

Az ADS-B rendszer működésének feltétele, hogy a légi járművek transzpondere ADS-B képes legyen. A fedélzeti ADS-B egysége két részből tevődik össze:

- az ADS-B In-ből, illetve
- az ADS-B Out-ból.

Az ADS-B Out adóberendezés, amely rendszeresen sugározza saját azonosítóját, valamint a fedélzeti berendezéstől származó információkat - mint például a valós idejű pozíciót. Az ADS-B In vevőberendezés pedig képes venni a hatókörzetében működő légi járművek vagy egyéb a 1090 MHz-en által továbbított ADS-B-Out adásokat. Ily módon lehetővé teszi, hogy a repülések helyzetével kapcsolatos fedélzeti adatok nem csak a légitforgalmi irányítók, hanem az adott légtér részben repülő valamennyi légi jármű számára biztosítottak legyenek.



4. Ábra Az ADS-B rendszer működési elve

Műholdas ADS-B

Az előzőekben említett rendszerek mind földi telepítésű berendezések voltak. Ezzel szemben a műholdas ADS-B (Space-based ADS-B) – mint ahogy a megnevezése sugallja – az eddig földi rendszerként használt ADS-B vevőrendszer távközlési műholdakra telepített alkalmazását jelenti.

Jelenleg fejlesztés alatt álló technológia. Megvalósulásával globális ADS-B Out lefedettség lesz elérhető. Ez elsősorban a kis forgalmú, jelenleg felderítésmentes körzetekben lesz rendkívül előnyös, mint például az óceánok és sarki régiók feletti légterek.

A földi telepítésű hagyományos ADS-B antennákkal ellentétben, amelyek a rádióhorizont tulajdonságai miatt korlátozott a hatótávjuk, a műholdas ADS-B rendszer képesnek ígérkezik a hagyományos ADS-B lefedettségét kiterjeszteni az eddig felderítésmentes vidékekre is. Ennek okán elsősorban az olyan óceáni légterekben lehet előnyös, ahol jelenleg csak ADS-C szolgáltatási pozícióadatokat a légi járművekről.

A műholdak a földi állomásokra továbbítják majd az adatokat. Az adatok keletkezése és a rendelkezésre állása közötti késleltetési idő 1,5 másodpercre tehető, amely lehetővé tenné az óceáni légterekben jelenleg alkalmazott elkülönítés csökkentését és így a légtér áteresztőképességének növelését.

Összességében elmondható, hogy mind a WAM-nak, mind az ADS-B-nek számos előnye van a hagyományos kialakítású szekunder radarhoz képest: mozgó alkatrész nincsen bennük, ezért kevésbé hajlamosak a meghibásodásra. Nincsen szükség az antennát mechanikusan mozgó mechanizmusra. Különösen az ADS-B földi állomásának telepítési és üzemeltetési költsége nagyságrendekkel kisebb. Ezen felül további előnye a légi járművek háromdimenziós helymeghatározásának képessége, illetve a gyakoribb frissítési rátával szolgáltatott adatok.

Azonban mivel az ADS-B berendezésfüggő rendszer, a légitforgalmi irányítás nincs befolyással a helymeghatározásra a készen kapott adatok pontossága kizárólag a fedélzeti eszközöktől függ.

További aggodalmat vet fel az ADS-B egyedüli alkalmazására, hogy a titkosítástalanul kisugárzott adatai bárki számára elérhetőek, manipulálhatóak.

3. A LÉGTÉRFELDERTÉSI STRATÉGIÁK ELEMZÉSE

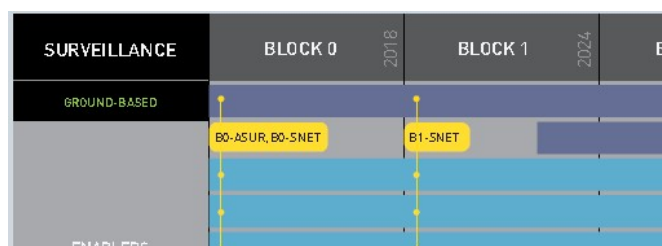
Mivel a légi közlekedés nemzeti határokon átnyúló közlekedési forma, szabályozását már a kezdetek óta nemzetközi előírások határozzák meg. Napjainkra a hozzá szorosan kapcsolódó technológiai fejlesztések meghatározása is egyre jobban megköveteli az országok közötti összehangolt követelményeket. A következőkben a légtérfelderítési fejlesztéseket meghatározó nemzetközi irányelveket ismertetjük.

3.1 ICAO

Világviszonylatban a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (International Civil Aviation Organization, ICAO) szabja meg a légi közlekedést érintő fontosabb szabályozási alapelveket. Az ICAO főbb céljai között szerepel, hogy támogassa a polgári légi közlekedés biztonságát, hatékonyságát valamint biztosítsa a légi közlekedési szektor fenntartható és környezettudatos fejlődését.

Azért, hogy az egyes ICAO régiókban zajló fejlesztések összehangoltak legyenek és a rendszerek közti interoperabilitást megteremtse, létrehozta az úgynevezett Aviation System Block Upgrade (ASBU) módszertant, amely meghatározza a nemzetközi szinten teljesítendő legfőbb fejlesztési célok keretrendszerét. Ebbe kell illeszkednie a nemzeti szinten végrehajtott fejlesztéseknek.

Az ASBU-t a Doc. 9750 Global Air Navigation Plan (GANP) tartalmazza.[Doc9750].Ebben megtalálható, többek között, a légtérfelderítésre vonatkozó 2030-ig előírt stratégia (5. ábra).



5. Ábra ICAO tervek

Elmondható, hogy a hagyományos felderítési megoldások mellett az idő előrehaladtával már a legújabb felderítési rendszerek - mint az MSPS vagy épp a műholdra telepített ADS-B – alkalmazásával is tervez. Továbbá, az ICAO előírja az ADS-B által szolgáltatott információk egyre nagyobb mértékű felhasználását. Ugyanis az ICAO elgondolása szerint szükséges a jövőben továbbfejleszteni az ADS-B In/Out rendszert, hogy a Block 2-es periódus közepétől a megnövekedett forgalomhoz alkalmazkodva lehetővé tegye a légi járművek között a kisebb elkülönítési távolságok tartását.

Mivel az ICAO a világszintű egységesítés érdekében az egész világra vonatkozóan egységesíti rendszert, megfigyelhető, – ellentétben a később ismertetett EUROCONTROL-os stratégiával – hogy a régebbi technológiák nem kerülnek teljesen kivonásra. Azok alkalmazását a világ - technológiai fejlesztésekben is elmaradottabb térségei miatt fenntartja.

3.2 Európai Unió – Európai Bizottság

Hazánk és a szomszédos tagországaink számára az Európai Unió szintű előírások határozzák meg a hosszú távú fejlesztési irányelveket, melyek nagymértékben befolyásolják a jövőben alkalmazott légtérfelderítési technikákat.

Mivel a szabályozás mértéke az Európai Unióban igen magas, a fejlesztési előírások tekintetében a tagállamok hatásköre egyre kevesebb jelentőséggel bír és egyre inkább háttérbe szorul. Ennek okán, vizsgálatunk nem terjed ki a nemzeti szintű szabályozásra, mivel a legfőbb döntések európai szinten történnek.

Az európai légiforgalmi szolgáltatások működését alapvetően az Európai Bizottság és az EUROCONTROL által közösen felvállalt Egységes Európai Égbolt (Single European Sky, SES) koncepciója határozza meg. A SES kezdeményezés egyik célja, az európai légtér technológiai felaprózottságának

csökkentése, interoperabilitásuk biztosítása, ezáltal légiforgalmi és léginavigációs szolgáltatások hatékonyságának fokozása, költségeik csökkentése.

Ezek elősegítésének érdekében az Európai Bizottság átfogó szabályozási kerettel biztosítja a berendezések interoperabilitását. A légtérfelderítésre vonatkozóan a 1207/2011-es EU rendelet (Európai Bizottság, 2011) fogalmaz meg a tagállamokra vonatkozó követelményeket. A 2011-ben kiadott, eredeti formájában csak a légi járművekre vonatkozóan tartalmazott ADS-B képes transzponder felszereltségi kötelezettséget, és nem határozott meg a földi infrastruktúrára vonatkozó ADS-B fejlesztést.

Ez az egyoldalú követelmény, olyan beruházásokat igényelt volna a légtérhasználók részéről, amely – a földi ADS-B infrastruktúra hiánya miatt - a teljes felderítési láncot tekintve kihasználatlan maradt volna. Ennek elkerülése érdekében folyamatban van a rendelet felülvizsgálata és módosítása. Az eddigi egyeztetések alapján valószínűsíthető az ADS-B telepítési kötelezettség előírása az földi infrastruktúrára vonatkozóan is.

3.3 SESAR

A Single European Sky ATM Research (SESAR)-program fogja össze európai szinten az iparág jövőjét alapvetően meghatározó technikai és technológiai kutatás-fejlesztést. A SESAR egyik célja: a jövő egysége európai és légiforgalmi irányító szervezetek erőforrásainak az egységesítése.

Ennek megvalósítására az Európai Légiforgalmi Szolgáltatási Főtervet (European ATM Master Plan) jelentetik meg melyben megfogalmazzák az alapvető célkitűzéseket, amelyek révén harmonizálja az európai ATM-rendszerek korszerűsítését és a kutatás-fejlesztési tevékenységeket. A legutóbb kiadott SESAR European ATM Master Plan-ben a földi légtérfelderítésre vonatkozó terveket az 6. ábra szemlélteti.

Technology	Year																					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Ground based																						
ADS-B receiving station																						
Composite																						
Composite WAM/ADS-B																						
PSR																						
Primary surveillance radar																						
Multi-static primary surveillance radar																						
SSR																						
SSR Mode S																						
WAM																						
Wide area multilateration (WAM)																						
Ground infrastructure rationalisation																						
Rationalisation of conventional surveillance infrastructure																						

6. ábra SESAR légtérfelderítés-fejlesztési ütemterve [SESAR (2015)]

A SESAR álláspontja szerint az újabb technológiák, mint az ADS-B és a WAM elérték arra a fejlettségi szintre, hogy a

napjainkban még mindig egyeduralkodónak mondható másodlagos radarberendezések mellett egyre elterjedtebben alkalmazzák. Ezek az új technológiák az általuk elérhető költség- és frekvenciahatékonyság miatt racionalizálhatják a légtérfelderítés földi infrastruktúráját. Ezzel elősegíti a SES hatékonyságra való törekvését.

3.4 Európai Szervezet a Légiközlekedés Biztonságáért

Az Európai Szervezet a Légiközlekedés Biztonságáért (European Organisation for Safety of Air Navigation, EUROCONTROL) fő feladata az európai légtér rugalmas felhasználásának, valamint a légiforgalom hatékony és biztonságos áramlásának növelése.



7. Ábra EUROCONTROL fejlesztési terv

A fenti EUROCONTROL elképzelés mutatja, hogy a hagyományos radarokat, a fejlettebb a Mode S képességek teljesen felváltják. Ezzel párhuzamosan a radarok mellett mind a WAM, mind az ADS-B egyre meghatározóbbá válik. A passzív felderítést tekintve pedig, a PSR-ek jelentősége csökken és fokozatosan felváltja majd az MSPSR.

Az EUROCONTROL évente publikálja az úgynevezett Európai harmonizációs és Vegrehajtási Tervet (European Single Sky Implementation Plan ESSIP). Ez a dokumentum tizennégy részrendszerre vonatkozóan írja elő a SESAR programmal kapcsolatos ATM fejlesztési célkitűzéseket, azok megvalósításának határidejét, állapotát. Tartalmazza mindazon terveket, amelyeket a légiforgalmi szolgáltatóknak (Air Navigation Service Provider, ANSP), a következő 5-7 évben szükséges végrehajtani. Ehhez szorosan kapcsolódik a nemzeti szinten a Helyi Harmonizációs és Implementációs Program (Local Single Sky Implementation Plan, LSSIP) dokumentumok, melyek az egyes államok szintjén tartalmazzák az ESSIP-ben leírt fejlesztésekhez szükséges részletes nemzeti terveket és helyi megvalósítási tevékenységeket. A következőekben bemutatott elemzésünkben többek között ezen LSSIP dokumentumokra is nagyban támaszkodtunk.

4. A LÉGTÉRFELDERTÉSI FEJLESZTÉSEK ELEMZÉS

Az előzőekben feltárt nemzetközi elképzelések figyelembevételével kutatást végeztünk, hogy hazánk szomszédos országainak légtérfelderítési szenzorait érintő fejlesztései miképp igazodnak a fenti elképzelésekhez.

A földi telepítésű felderítőberendezések élettartama 15 év, a fejlesztések tervezése során ezzel számolnak az ANSP-k. Elmondható, hogy az egyes fejlesztések során olyan földi infrastruktúra kialakítása a cél, amely minden vonatkozásában kielégíti az aktuális követelményeket, emellett lehetővé teszik az élettartamuk végéig a várható forgalmi és technológiai igények kielégítését is.

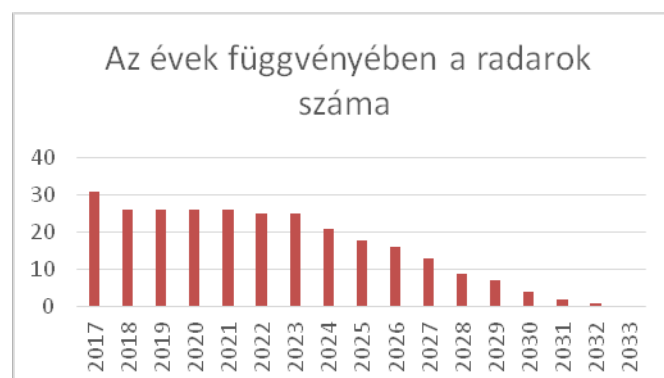
Vizsgálatunk első lépésében Magyarországgal szomszédos országok jelenlegi földi légtérfelderítő rendszereit vettük számba. A vizsgált országokat az 1. Táblázat tartalmazza.

1. Táblázat Vizsgált országok

Ország	ANSP	EU tagság
Ausztria	AustroControl	Igen
Szlovákia	LPS	Igen
Ukrajna	UkSATSE	Nem
Románia	Romatsa	Igen
Szerbia	SMATSA	Nem
Horvátország	Crocontrol	Igen
Szlovénia	Slovenia Ctrl.	Igen

Az EU tagság kérdése fontos szempont, mivel a nem EU-s országokra az 1207/2011-es rendelet (Európai Bizottság, 2011) és annak módosításai nem vonatkoznak, csak úgy nem, mint az EU –s célkitűzések.

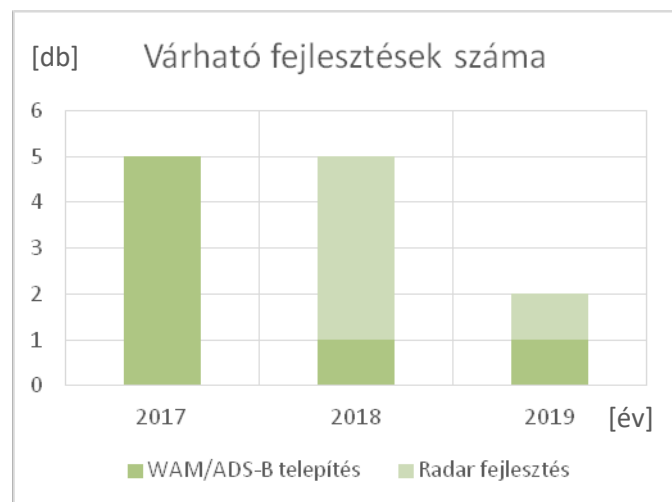
Az AIS (2017), LSSIP (2016) és ICAO EUR (2017) források adatai alapján végeztünk kutatómunkát. Ennek során számba vettünk jelenleg hány polgári célú közel- és távolkörzeti radart működtetnek, továbbá ezeket mikor telepítették. A kutatómunka során gyűjtött adatokat előrevetítettük az általánosan elfogadott 15 éves élettartamot figyelembe véve. Az egyes években az aktuális radarállomások számát összegezve mutatja a 6. ábra.



8. ábra Radarállomások számának alakulása

Látható, hogy a 7 országra végzett kutatás jelenleg 30-nál több radarállomást mutat.

Ezt követően, kutatást végeztünk annak kapcsán, hogy az elkövetkező években, milyen felderítőrendszerrel kapcsolatos fejlesztéseket fogalmazzak meg. A rendelkezésre álló források a következő pár évben szolgáltatott információt. Ezek alapján a tervezett légtérfelderítési szenzorokat érintő fejlesztések megoszlását a 7. ábra rögzíti



9. Ábra Várható WAM/ADS-B és radar fejlesztések száma

A WAM/ADS-B jelölés azt kívánja tükrözni, hogy a WAM rendszert felépítő antennák külön-külön képesek ADS-B- adatok vételére, így a WAM rendszer telepítésével az ADS-B adatok feldolgozására is lehetőség kínálkozik.

A diagram adatait elemezve látható, hogy a vizsgált térségben megjelennek az újabb technológiai fejlesztések, azonban nem olyan mértékben, mint azt az európai tervek előírányozzák.

A térségben még egyértelmű a radarok iránti elkötelezettség, hiszen a 2018-as évre még legnagyobb számban radarfejlesztéseket, illetve telepítéseket terveznek. Azonban, kiegészítő felderítőeszközként a 2017-es évben számos WAM/ADS-B rendszer is szerepel.

6. KÖVETKEZTETÉS

Az ICAO (2016) dokumentumában foglaltak, az EUROCONTROL, továbbá az ATM MASTER Plan hosszútávú törekvése, hogy a jövőben a drága üzemeltetésű radarok lecserélése kerüljenek. Helyettük a WAM, de leginkább az ADS-B rendszer telepítését ösztönzik a másodlagos légtérfelderítési adatok szolgáltatására. Az ADS-B kizárólagos használata azonban megannyi vitatott kérdést vet fel, mint a manipulálhatóság vagy megbízhatóság kérdése. Átmeneti megoldásként az említett szervezetek – az

ADS-B-ként is működő – WAM rendszerek telepítését javasolják.

A kutatás eredményeként megállapítható, hogy a szomszédos ANSP-k jelenlegi és a jövőre előreirányzott légtérfelderítési szenzorokat érintő fejlesztéseik nagyon kis mértékben igazodnak a nemzetközi szervezetek elképzeléséhez.

Annak ellenére, hogy a légitforgalmi szolgáltatók elkezdtek a WAM, illetve ADS-B rendszerek telepítését és üzemeltetését, a radarok elsődleges prioritása továbbra is fennáll ezen országokban.

FORRÁSJEGYZÉK

- Aldowesh, A., Alam, M. (2015), A Passive Bistatic Radar experiment for very low radar cross-section target detection, 2015 IEEE Radar Conference AIS (2017)
- AIS (2017) AIS by State, 2017
<http://www.eurocontrol.int/articles/ais-online>
- ICAO (2016) ICAO Doc 9750 - 2016–2030 Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems, Fifth Edition, 2016
- ICAO (2011) ICAO Doc 9924 - Aeronautical Surveillance Manual, First Edition, 2011
- Európai Bizottság (2011) A Bizottság 1207/2011/EU végrehajtási rendelete (2011. november 22.) az egységes európai égbolton belüli légtérellenőrzés végrehajtására és átjárhatóságára vonatkozó követelmények megállapításáról EGT-vonatkozású szöveg
- LSSIP (2016) Local Single Sky Implementation (LSSIP)
<http://www.eurocontrol.int/articles/lSSIP>
- Young, N., Hayward, R., Dow, D., (2015) Multi-Static Primary Surveillance Radar: An Air Navigation Service Provider Perspective, DOI: 10.1109/IRS.2015.7226324
- Cabalkova, P., Plsek, R., (2016) Comparison of target detections from active MSPSR system with outputs of MLAT system, Radar Symposium (IRS), 2016 17th International
- ICAO EUR (2017) ICAO EUR Doc 024 European Principles and Procedures for the Allocation of Secondary Surveillance Radar Mode S Interrogator Codes (IC Attachment, MODE S Interrogator Code Allocations as of 30 March 2017 (Cycle 25) Edition 1.21
- Wolff, C., (2017) Radartutorial - Historical Overview
<http://www.radartutorial.eu/04.history/hi04.en.html>
- SESAR (2015) SESAR European ATM Master Plan, Executive View Edition 2015