

Pártos Sándor¹

KIS VISSZAVERÓ FELÜLETTEL RENDELKEZŐ REPÜLŐESZKÖZÖK DETEKTÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK ÉRTÉKELÉSE²

Manapság egyre jobban kezdenek elterjedni a lopakodó technológiát alkalmazó eszközök a légtérben. A stealth technológia mind repülőket, mind drónok esetében megjelenik. Mivel nem csak katonai, hanem polgári feladatok ellátására is alkalmaznak drónokat, ezért egyre telítettebbé válik a légtér. Ez azért veszélyes, mert köze olyan nehéz ezeknek a céloknak a felderítése, mint egy lopakodó repülőgépnél. A dolgozatom célja, hogy rávilágítsak ezen eszközök detektálásának a fontosságára és javaslatot tegyen ennek a feladatnak a megoldására. Úgy gondolom, hogy ez mind légvédelmi, mind pedig repülésbiztonsági szempontból fontos lesz a jövőben.

EVALUATION OF THE DETECTION POSSIBILITIES OF AIRCRAFTS WITH LOW RADAR CROSS-SECTION

Aircrafts, using stealth technology, are becoming more and more common in nowadays' airspace. There are either stealth manned and unmanned aircrafts. As the unmanned aerial vehicles are applied not only for military, but civilian duties, therefore the airspace is getting increasingly congested. It is dangerous because the detection of these targets is almost as difficult as the detection of a stealth manned aircraft. The purpose of my work is to highlight the necessity of detecting these aerial vehicles, and to make a proposition, how to solve this problem. My opinion is that my topic is very interesting in the air defence's and air traffic safety's point of view.

BEVEZETÉS

A dolgozat célja, hogy felhívja a figyelmet a lopakodó repülőgépek felderítésének fontosságára. Továbbá a tanulmány bemutat két megoldási lehetőséget. Ismert, hogy a stealth technológiát alkalmazó repülőgépek egyre jobban elterjednek a katonai repülésben, ezért ezen repülőket felderítése a közeljövőben alapvető feladata lesz a légierőnek. Mivel nem csak katonai repülő eszközök esetében alkalmazzák ezt a megoldást, hanem a polgári felhasználású drónok is rendkívül kis radar keresztmetszettel rendelkeznek, ezért véleményem szerint a jelenleginél nagyobb figyelmet kell fordítani erre a területre. Természetesen a katonai repülésen kívül civil szempontból is fontos lehet ezeknek az eszközöknek a detektálása. Mivel a drónok hatásos visszaverő felületük sokkal kisebb, mint a repülőgépeké, hasonlóan viselkednek, mint a lopakodó eszközök. Továbbá ezen eszközök esetében is alkalmazhatnak lopakodó technológiát, ami még jobban megnehezíti a céltárgy detekciót. Ezért véleményem szerint ennek a feladatnak a megoldása nem csak katonai szempontból lenne fontos, hanem a polgári légiközlekedés számára, repülésbiztonsági okokból talán még fontosabb is. Hiszen ezen kisméretű eszközök által egyre telítettebb lesz a légtér, különösen alacsony repülési tartományokban, ahol megnő az

¹ honvédtiszt jelölt, Sanyi9106@freemail.hu

² Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Tanszék, drmi48@gmail.com

esetleges balesetek lehetősége, ha későn, vagy egyáltalán nem észlelik őket. A stealth technológiát alkalmazó repülőgépek felderítése nem lehetetlen, ahogyan azt a történelem már igazolta pl.: a Dél-szláv háború során. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a radar egyenletben szereplő tagok közül a radarhatásos keresztmetszetre, a hullámhosszra, adó és vételi antenna nyereségre illetve a jel-interferencia zaj viszony növelésére kell nagyobb figyelmet fordítani. A Magyar Honvédség radarszázadainál megtalálhatók olyan eszközök, melyekkel bizonyos módosításokkal megoldható lehet a lopakodó repülőgépek a jelenleginél hatékonyabb detektálása. Új módszer az iker radar megoldás, mely segítségével szintén jelentősen csökkenthető ez a probléma. A dolgozatom végén összegezem az általam javasolt lehetőségek előnyeit és hátrányait.

A LÉGTÉRELLENŐRZÉS HARCÁSZATI ÁTTEKINTÉSE

A Magyar Honvédség légierijének fő feladata az ország légterének ellenőrzése és védelme a rendelkezésre álló haditechnikai eszközökkel, mint például rádió lokátor állomásokkal, légvédelmi rakéták és harci repülőgépek segítségével. További feladatok közé tartozik a szárazföldi erők légi támogatása és szállítása szintén harci repülőgépekkel és helikopterekkel. Ezen feladatok elvégzésére a rendelkezésre álló eszközök a RAT-31 DL, az SZT-68U háromdimenziós radarok, továbbá P-37, P-18 és Oborona (P-14) felderítő radarok illetve a PRV-17 magasságmérő radar. A légvédelmi rakéta ezred 2K12 KUB kis hatótávolságú és MISTRAL közeli hatótávolságú légvédelmi radarrendszert használ a feladata elvégzése érdekében. A Magyar Honvédség által légvédelmi feladatok végrehajtása alkalmazhatót repülő eszköz a JAS-39 Gripen típusú negyedik generációs repülőgép.

Mivel Magyarország határa adja a NATO keleti/déli határvonalának egy részét, ezért fontos feladat, hogy az ország határait megközelítő repülőgépek időben detektáljuk, létszámát és pozícióit időben megállapítsuk. Ez nem csak az ország, hanem a NATO számára is alapvető elvárás. A kis visszaverő felülettel rendelkező polgári felhasználású drónok az ország belsejében bárhol megjelenhetnek és a detektálásuk, útvonalba fogásuk alapvető repülésbiztonsági elvárás. A feladatot hagyományos repülő eszközökre vonatkoztatva sikeresen megoldható köszönhetően az új RAT-31 DL típusú háromdimenziós radarrendszernek és a csatlakozó polgári és mobil radar parkunknak. Azonban ezek a radarok alapvetően Gigahertz-es tartományban dolgoznak és detektálják a célokat. Azonban a stealth technológiájú légi célokat nem, vagy csak kis hatásfokkal képesek felderíteni, hiszen ezek esetében még az eddig hatásos méteres hullámokat alkalmazó radarok is továbbfejlesztésre szorulnak. A lopakodó egyre jobban terjedő technológia, hiszen az USA-ban már igen korán, az 1970-es években kifejlesztettek olyan repülőgépeket, melyek radar hatásos keresztmetszete kisebb, mint az átlagos repülőgépeké, vadászrepülőké, és ennek köszönhetően a felderítésük, követésük is nehezebb. A leggyakrabban emlegetett lopakodók az F-117 Nighthawk, a B-2 Spirit, Az F-22 Raptor és az F-35 repülőgépek. Napjainkban azonban már a feltörekvő országok, Oroszország, India, Kína, Irán és Franciaország is belekezdtek a hasonló technológia kifejlesztésébe. Ezek közül fontos megemlíteni az oroszok repülőgépét a Sukhoi PAK FA T-50-t, a kínai Chengdu J-20-t és az iráni Qaher-313-t. Alapvetően ezek a repülőgépek már az ötödik generációs repülőgépek közé tartoznak, ahol nagy hangsúlyt fektetnek az aktív lopakodó üzemmódra. Néhány esetben hallani lopakodó UAV-ról melynek nagy a manőverező képessége és a sebessége. Ez a sebesség a repülőgépek

esetében maximálisan közel 2500 km/h, ezért a következő számításokban, mint a légtérelenőrzés számára legproblematisabba ezt az értéket veszem alapul. Ebben az esetben percnként majdnem negyvenkét kilométert tesz meg a repülő eszköz. Alapvetően egy „normál” NATO riasztástól számítva tizenöt percen belül már a levegőben kell lennie a Gripennek. Ez idő alatt a lopakodó hatszázharminc kilométert tehet meg. Tehát ilyen esetben legideálisabb az lenne, ha legalább ekkora távolságból detektálnánk és követésbe vennénk ezeket a repülőgépeket.

RADAR EGYENLET

A kis hatásos visszaverő felülettel rendelkező repülőeszközök esetében az egyenlet néhány tényezőjére különösen nagy hangsúlyt kell fektetni, hiszen ezeknek az értékeknek a változtatásával elérhető, hogy a repülő RCS értéke akár 0,0001 m² legyen. A radar egyenletnek több változata ismert, én a szakdolgozatom során a következőt veszem alapul.

$$R_{MAX} = \sqrt[4]{\frac{P_A G_A F_A^2 T_{PRF}}{4\pi L_A} \cdot \frac{\sigma(\Theta) F_{POL}^2}{4\pi} \cdot \frac{\lambda^2 G_R F_V^2}{4\pi k B T L_V D_O}} \quad (1)$$

ahol:

- P_A – adó átlag teljesítménye;
- G_A – adó antenna nyeresége;
- F_A – adási hullámterjedési tényező;
- T_{PRF} – A koherens jelintegrálás ideje iker radar esetén;
- L_A – adó oldali veszteség;
- $\sigma(\Theta)$ – hatásos visszaverő felület;
- F_{POL} – polarizációs tényező;
- λ – hullámhossz;
- G_R – vevő antenna nyeresége;
- F_V – vételi hullámterjedési tényező;
- k – Boltzmann állandó;
- B – sávzszelesség;
- T – a rendszer zajhőmérséklete;
- L_V – vevő oldali veszteség.

A vevő oldali veszteségek közül fontosnak tartom kiemelni a légköri veszteséget és a földreflexió hatását. A légkör vesztesége a lokátor hatótávolságát csökkenti, a rádióhullámok elnyelődéséből származó csillapítás miatt:

$$R'_{op} = R_{op} / \sqrt{L_1} \quad (2)$$

Ahol L_1 az elnyelődésből adódó egyutas teljesítménycsillapítás

Földreflexió hatása: Sík, jól vezető föld feletti terjedés esetén a közvetlen és a reflektált hullámok erősíthetik vagy gyengíthetik egymást. Ennek következtében a hatótávolság

$$R''_{op} = \left| 2 \sin 2\pi \frac{h_1 h_2}{\lambda R'_{op}} \right| R_{op} \quad (3)$$

Ahol h_1 ill. h_2 a lokátor, ill. a céltárgy antennájának föld feletti magassága.

D_0 (1): Jel- zaj viszony (S/N) adott küszöb értékre vonatkoztatva

Ezek közül a kis hatásos keresztmetszetű céltárgyak detektálásához a legfontosabb paraméterek a hullámhossz, az adó- és vételi antenna nyereség növelése, az adó átlagteljesítmény növelése, a hullámterjedési tényező nyújtotta lehetőségek kihasználása illetve értékelése, a veszteségek csökkentése és a D_0 értékének növelése.

A hatásos visszaverő felület frekvencia függése

„A hatásos visszaverő felület az elektromos mérettől – adott frekvencia tartományban a legtöbb céltárgy esetén erősen függ. Az elektromos méret a szorzat, ami a

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (4)$$

hullámszámmal definiálható. Az elektromos méret függvényében három tartományt lehet megkülönböztetni a radarkeresztmetszet meghatározásánál.”³

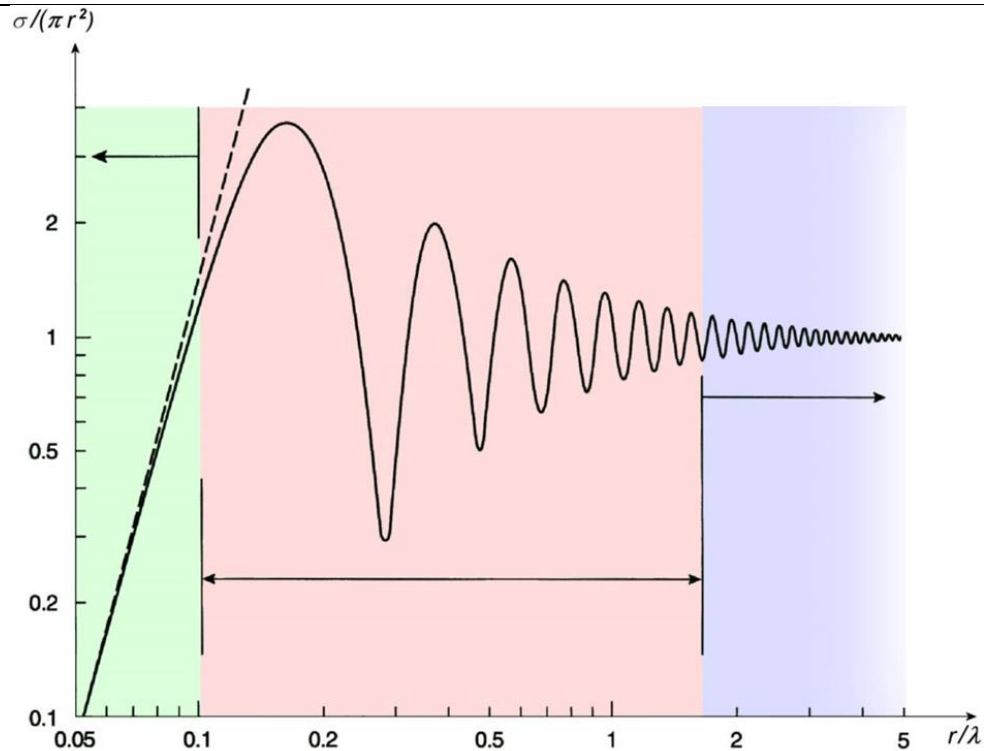
1. „1. Rayleigh-tartomány: Ha a céltárgy lineáris mérete jóval kisebb a hullámhossznál, akkor a reflexiós tulajdonság indukált elektromos és mágneses dipolmomentumból származtatható. megfigyelhető, hogy a σ fordítottan arányos λ^4 -nel, ami a Rayleigh-tartomány jellemzője;
2. rezonanciatartomány: Ha a céltárgy lineáris mérete összemérhető a hullámhosszal, akkor a szórt mezőt létrehozó faláramok szoros csatolásban vannak egymással, a hatásos keresztmetszet hullámhosszfüggése erős. A modellszerkesztés ekkor csak speciális esetekre lehetséges;
3. optikai tartomány: Az optikai tartományban a céltárgy apertúra sugárzóként kezelhető, hatásos keresztmetszete

$$\sigma = A_C G_C \quad (5)$$

képlet alapján számolható ki, ahol A_C a céltárgynak, mint vevőantennának a beeső sugárzás irányában vett hatásos felülete, G_C pedig a céltárgynak, mint adóantennának a vizsgált reflexiós irányban vett nyeresége.”⁴

³ http://hadmernok.hu/archivum/2007/3/2007_3_koncz.pdf

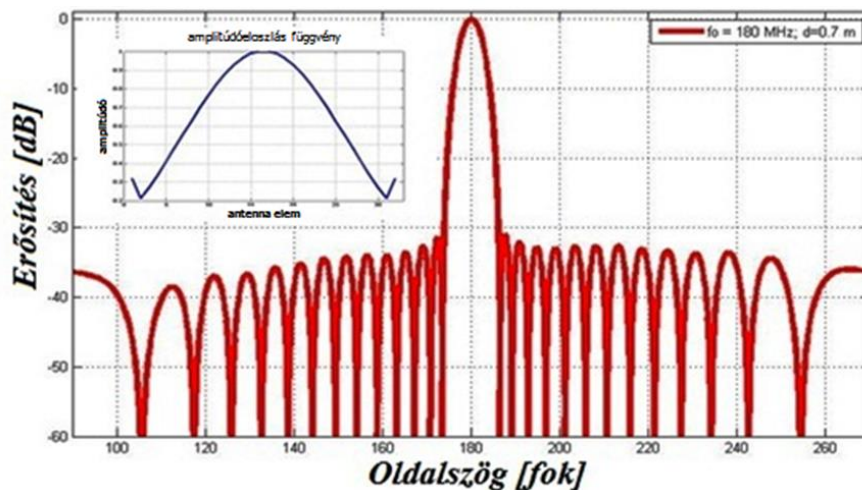
⁴ Dr. Almássy György- dr. Bozsóki István: Mikrohullámú kézikönyv. 11. fejezet Rádiólokátorok. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1973. 917.p



1. ábra Lokátor céltárgy hatásos keresztmetszete a hullámhossz függvényében⁵

Az első és második generációs a stealth technológiát méteres radar segítségével lehet felderíteni. Ez előnyös a Magyar Honvédség számára, hiszen a mobil radarcsoportoknál rendelkezésre állnak ilyen lokátorok. Többek között a P-18 rádiólokátorral, a P-14 Oborona távolfelderítő lokátorral és a P-12 lokátorok P-14 antennával történő alkalmazásával. Ez utóbbit azonban már kivonták a hadrendből bár érdemes megvizsgálni modernizált változataik újra hadrendbe állítását.

Hatásos visszaverő felület



2. ábra VHF radar távolféri iránykarakterisztika⁶

⁵ <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Rayleigh-%20versus%20Mie-Scattering.en.html>

⁶ Dr Balajti István alezredes órai előadása

„Lopakodó technológiát alkalmazó repülőgépet harci körülmények között már sikerrel detektáltak és semmisítettek meg. 1999. Március 27-én a szerbiai Bolgyán település közelében. Dani Zoltán egy P-18-as lokátorral felderített egy F-117 Nighthawk típusú repülőgépet.”⁷ A siker abban rejlett, hogy nem a 150–170 MHz tartományon belüli frekvenciát sugárzott a radar, hanem ennél kisebb frekvencián, pontosan 139,6 MHz-en üzemelt. Ez visszavezethető a radar alapegyenletre, ahol nagy figyelmet kell fordítani a radar üzemeltetési frekvenciájára.

„A céltárgy reflektáló képességét a céltárgy hatásos keresztmetszetével jellemzik. Sík beeső hullám és távoli tér esetében

$$\sigma = 4\pi \lim_{R \rightarrow \infty} R^2 \frac{|E_R|^2}{|E_b|^2} = 4\pi \lim_{R \rightarrow \infty} R^2 \frac{|H_R|^2}{|H_b|^2} \quad (6)$$

Ahol: E_R ill. H_R a szórt térerősség vektor elektromos, ill. mágneses komponense a céltárgytól R távolságra, míg E_b ill. H_b a céltárgy helyén mért beeső értékek. „⁸

Ennek a tényezőnek három összetevője van, amelyek a következők: geometriai keresztmetszet, visszaverő képesség és irányítottság.

Céltárgy esetén a hatásos visszaverő felület a következő tényezőktől függ:

1. „Geometriai keresztmetszet: az a felület, amit a céltárgy a radar felé mutat. Az adó antenna és a céltárgyat összekötő egyenest, mint normálvektort alkalmazva a céltárgy normál felületét képezzük (vetített felület). Az A geometriai keresztmetszet megmutatja a tér adott pontján S teljesítmény sűrűségből, mekkorát jut a célpontra:

$$P_i = AS$$

(7)

Az S teljesítmény sűrűség a radar által kisugárzott teljesítménytől (is) függ.

2. Visszaverő képesség: A visszaverő képesség az a viszonyszám, ami megmutatja tárgy által elnyelt teljesítmény és a visszavert teljesítmény viszonyát (a tér minden irányába). A vissza nem vert teljesítményt a céltárgy eldisszipálja (radar elnyelő anyagok alkalmazásával növelhető, RAS, Radar Absorbent Structures). Az R visszaverő képesség megmutatja a P_s visszavert és P_i elnyelt teljesítmény viszonyát.

$$R = \frac{P_s}{P_i} \quad (8)$$

3. Irányítottság: A vevő antenna irányába egységnyi térszögre eső visszavert teljesítmény és az egységnyi térszögre viszonyított összes visszavert teljesítmény aránya.

$$D = \frac{P_{bs}}{P_s \left(\frac{1}{4\pi} \right)} \quad (9)$$

Ahol: D az irányítottság, a P_{bs} a vevő irányába visszavert teljesítmény, a P_s az összes visszavert teljesítmény.

⁷ <http://www.jetfly.hu/rovatok/jetfly/mitoszrombolo/>

⁸ Dr. Almássy György- dr. Bozsóki István: Mikrohullámú kézikönyv. 11. fejezet Rádiolokátorok. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1973. 917.p.

A fentiek alapján:

$$\sigma = ARD = A \frac{P_s}{AS} \frac{\frac{P_{bs}}{1}}{\left(\frac{1}{4\pi}\right)P_s} = 4\pi \frac{P_{bs}}{S} \quad (10)$$

A hatásos visszaverő felület mértékegysége a m² vagy logaritmikus mértékegységben az 1 m² felületre vonatkoztatott dBm², ami ugyanaz, mint az angolszász irodalomban a dBsm (decibel square meter)⁹

ELJÁRÁSOK A LOPAKODÓ TECHNOLÓGIÁVAL RENDELKEZŐ REPÜLŐ ESZKÖZÖK DETEKTÁLÁSÁRA ÉS KÖVETÉSÉRE

A céltárgydetektálást javító lehetőségek

Az előző pont eredményeit felhasználva viszonyítási alapként a vizsgált alrendszer paraméterek („Blake chart”) megváltoztatásával meghatározható az adott radarparaméter által elérhető céltárgy detektálás javulás.

Frekvenciatartomány, céltárgytípusok (NJ-aktív zavar) és RCS

R _{max} [%/(km)] ha: P _d =0,8; P _{fa} =10 ⁻⁶						
RCS	“S” (ha β=1,5° PRF=300)		“L” ha β=1,5° PRF=300		“VHF” (ha β=6,4° PRF=150)	
	Sw0	Sw1	Sw0	Sw1	Sw0	Sw1
σ=0,0001 m ²	28,34	20,85	35,69	26,25	38,58	28,33

1. táblázat Frekvenciatartomány, céltárgytípusok (NJ-aktív zavar) és RCS

3 hullámsáv egyidejű üzemeltetésének előnyei:

- kihasználható a különböző hullámtartományok nyújtotta hullámterjedési,
- céltárgy detekció és radar típusfüggő ECCM képességek.

3 hullámsáv egyidejű üzemeltetésének hátrányai:

- Összetett és költséges a rendszer kialakítása valamint a hozzá kapcsolódó logisztika.

A vaklárma-valószínűség növekedésének engedélyezése

R _{max} [% (km)] ha: P _d =0,8; Sw1; σ=1 m ²			
	“S” ha β=1.5° PRF=300	“L” ha β=1.5°PRF=300	“VHF” ha β=6.4° PRF=150
P _{fa} =10 ⁻⁷	187,22	237,18	259,78
P _{fa} = 10 ⁻²	240,57	305,17	334,36

2. táblázat. A vaklárma-valószínűség növekedésének engedélyezése

- A módszer előnyei: A vaklárma-valószínűség 10⁻⁷-ről 10⁻²-re növekedésének engedélyezésével bizonyos %-kal a céltárgy-detektálási távolsága nőhet. A szükséges számítástechnikai kapacitások olcsón rendelkezésre állnak.

⁹ http://hadmernok.hu/archivum/2007/3/2007_3_koncz.pdf

- A módszer hátrányai: A hamis útvonalak kialakulásának valószínűsége megnő, melyek kézben tartásához új útvonalképző algoritmusok szükségesek.

Detekciós valószínűség csökkenésének hatása

$R_{\max}$ [% (km)] ha: $P_{fa}=10^{-6}$; $Sw1$; $\sigma=1 \text{ m}^2$			
	“S” ha $\beta=1,5^\circ$ PRF=300	“L” ha $\beta=1,5^\circ$ RF=300	“VHF” ha $\beta=6,4^\circ$ PRF=150
$P_d=0,9$	161,28	204,16	223,49
$P_d=0,1$	342,92	435,76	477,22

3. táblázat. Detekciós valószínűség csökkenésének hatása

- A módszer előnyei: A detekciós valószínűség csökkenésével, jelentősen növelhető a céltárgy-detektálási távolság.
- A módszer hátrányai: A céltárgy fluktuációból eredő veszteségek, a hamis útvonalak kialakulásának valószínűsége megnő, mely új CFAR, plot- és útvonalképzők kidolgozását várja el

Az adóteljesítmény növelése

$R_{\max}$ [% (km)] ha: $P_d=0,8$; $P_{fa}=10^{-6}$; $Sw1$; $\sigma=1 \text{ m}^2$			
	“S” (ha $\beta=1,5^\circ$ PRF=300)	“L” (ha $\beta=1,5^\circ$ PRF=300)	“VHF” (ha $\beta=6,4^\circ$ PRF=150)
$P_{\text{imp}}=30 \text{ kW}$	170,66	216,1	236,61
$P_{\text{imp}}=75 \text{ kW}$	212,8	269,8	295,58
$P_{\text{imp}}=150 \text{ kW}$	251,84	319,56	350,11

4. táblázat Az adóteljesítmény növelése

A módszer előnye:

- jelentős mértékben növelhető az $R_{\max}$.

A módszer hátránya:

- az adórendszer nagy teljesítményű részeit érinti, ezért nagyon költséges.

A területapogátás sebességének csökkenése:

A módszer előnyei:

- a területapogátás sebességének csökkentésével jelentős mértékben növelhető a céltárgyak detektálása ($R_{\max}$);
- a nagy SINR miatt a céltárgyak útvonal karbantartása kevésbé problematikus, mint alacsony P_d esetén.

A módszer hátrányai:

- A ritkább adatfrissítés miatt a manőverező célok adatfrissítése problematikusává válik.

Több vivőfrekvencia alkalmazása

- A módszer előnye: Jelentős mértékben növelhető az $R_{\max}$.

A módszer hátrányai:

- összetett, az adórendszert is érinti, így költséges a megvalósítása.
- alacsony P_d esetén a fluktuációs veszteségek nőnek.

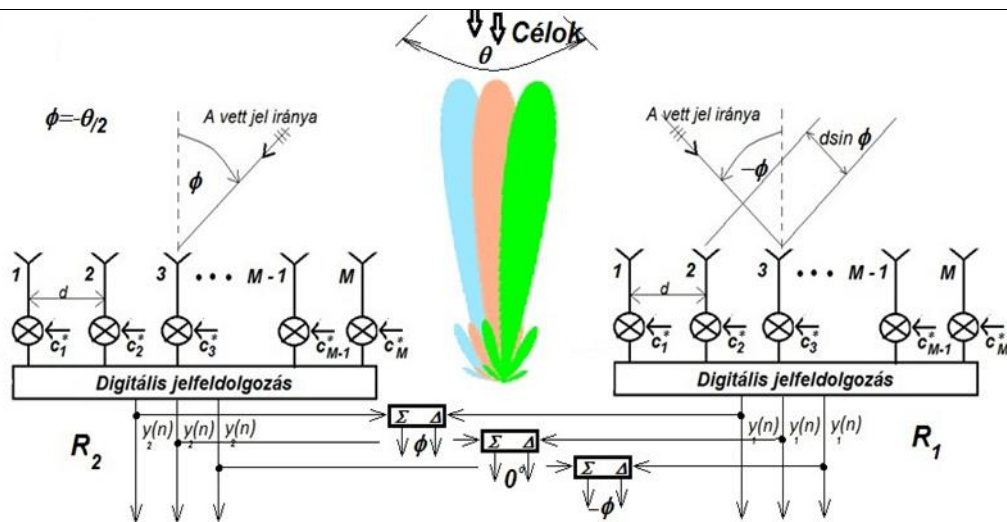
Frekvencia üzemmód kiterjesztés

Ezek a radarok mind méteres hullámhossz tartományban üzemeltethetőek, alapvetően a 150-170 MHz frekvencia környékén üzemel (a pontos adatok bizalmasok), ami nem teljesen fedi le azt a tartományt ahol a lopakodók felderíthetők. Véleményem szerint egy olyan berendezéssel kellene megoldani ezt a problémát, amit egy órajel generátor vezérel és kiterjeszti a radarok üzemi frekvencia tartományát. Ez automatikusan átállítja a radart arra a frekvenciára, mely előre meghatározott időközönként a lopakodó felderítésére már bizonyítottan alkalmas frekvencián sugároz. Az időközök és a vizsgálni kívánt frekvencia tartományok véletlen időközönként kapcsolnak be minden más esetben a radar üzemi frekvencián működik. Így lényegében ezek a radarok is képesek jelentősen növelni a folyamatos légi helyzet adatok mi-nőségét. Elhelyezés szempontjából célszerű közel telepíteni néhányat a Bánkúti és a Békéscsabai RAT-31 DL radarokhoz. Ha a méteres hullámhosszat alkalmazó radar indikátorán nem jelenne meg cél az nyilván azt jelentené, hogy nincs lopakodó típusú légi cél a térségben. Abban az esetben, ha lenne akkor a többi „méteres” radar is átállna automatikusan arra a frekvenciára és onnantól kezdve folyamatosan azon a frekvencián dolgoznának. Ezáltal megoldható, hogy egyszerre kapnánk információt mind a közeledő lopakodóról mind pedig a további repülőeszközökről. Ez a megoldás természetesen tovább bővíthető, ha majd a medinai RAT-31 DL is hadrendbe áll.

Továbbá azzal, hogy a méteres radarok is közel lennének egymáshoz megnövekedhetne azon területek mértéke, melyek többszörös átfedésben vannak. Így a vak-lármák száma is csökkenne és a pályavesztési valószínűség is lecsökkenne. A korábban már említett 630 km-es távolságból való detektálás tizenöt percre volt vonatkoztatva, azonban ez az érték lecsökkenthető hét perc körüli értékre. Ebben az esetben a távolság máris 294 kilométerre csökken. Ezt azért tartom fontosnak, mert megnő azon területek száma, ahová a lokátorokat el lehetne helyezni. Figyelembe kell venni azoknak a területeknek a tengerszint feletti magasságát ahová el lehetne helyezni ezeket a lokátorokat, mivel az országot körülölelő Kárpát-medence megnehezíti a felderítést. Véleményem szerint az egyik lehetőség a határtól körülbelül 140 kilométerre lévő Bánkút, ami azért lenne jó lehetőség, mert a közelben ez az egyik legmagasabb pont. Ebben az esetben körülbelül 334 kilométer távolságban kellene detektálni a célpontokat, ellenben az előny az, hogy a lokátor 930 méter magasban lenne elhelyezve a tengerszint felett. Ha azonban közvetlenül a határ mellé helyeznének el egy radart akkor a detektálási távolság máris vissza csökkenne 294 kilométerre, de a környék tengerszint feletti magassága kicsivel több mint 100 méter. A Kárpátok magassága a közeli területeken túllépi a 2000 méteres magasságot. Ha átlagosan 2000 méteres magassággal számolunk, akkor a Bánkúton elhelyezett radar 280 kilométer távolságban lenne a hoverlai hegycsúctól, ami 2065 méter, ebből következően a kihelyezett lokátor a vízszintestől számított.

Ikerradar

Ezekén kívül egy másik megoldás lehetne a detektálásra az, ha ikerradaros megoldást alkalmazunk. Ikerradar esetében alapvetően az a két féle megoldás lehetséges, ha két azonos típusú radart alkalmazunk, vagy a másik, ha különbözőeket.



3. ábra Iker lineáris antennarács felépítési elve

A rádiólokátorokat az antenna, mint térbeli szűrő alapvetően befolyásolja. Az antennák geometriai elhelyezése, a „kiterjesztett apertúra” alkalmazásfüggő, az antennanyereség valamint az adás-vételi irány karakterisztika elvárásaihoz igazodik. A 3. ábrán bemutatott iker apertúra kialakítás egymást részben átfedő nyalábokkal maximalizálja a koherens jelfeldolgozás impulzus stabilitásra vonatkozó elvárások teljesíthetőségét.

Magasabb frekvenciákon kis antennaméretekkel nagy antennanyereség és szögfelbontás érhető el, míg alacsony frekvenciákon pl. a „VHF” frekvenciasávban jelentős antennanyereséghez, és irányélességi szögjavuláshoz nagy antennaméretekre van szükség és ez jelentősen behatárolja alkalmazhatóságukat. Változatlan adóteljesítmény mellett a céltárgy detekciós valószínűsége növekedhet legalább 40%-kal, mivel a közös antennák miatt az antennaerősítés úgy adásra, mint vételre 3 dB-lel megnő. $P_{\text{átlag}}=2,25 \text{ kW}$; $G_T=26,5\text{dB}$; $G_R=30,5\text{dB}$, paraméterekkel a Sw1 típusú 1 m^2 cél a 3. ábra szerint detektálható (3 m^2 cél esetén $R_{\text{max}}= 817 \text{ km}$ -re növekszik. Ismert, hogy ugyanaz a céltárgy a VHF frekvencián 5-10 dB- lel nagyobb hatásos visszaverő felülettel radar keresztmetszettel rendelkezik, mint az L (D) sávban.)

Az iker VHF radar koncepció további előnye a radar megnövekedett:

- felbontása;
- mérési pontossága;
- útvonalképzés / illetve fenntartási képesség;
- álló cél és aktív zavarvédelem;
- túlélőképesség és rendelkezésre állás.

ÖSSZEFOGLALÁS

A hadtudomány legfontosabb témakörei közzé tartozik a hadszíntérről származó valós idejű ismeret biztosításának kérdésköre. Az értekezésem témája a légtér szuverenitásáért felelős lég-térellenőrző rádiólokátorok performanciája, a hatékonyság, a hadrafoghatóság növelésének lehetőségei és a kutatásaim által perspektivikusnak ítélt megoldások megvalósíthatóságának elméleti és „in-situ” méréseken keresztül történő bizonyítása.

A gyorsuló technológiai fejlődés légtérellenőrzésre gyakorolt hatása, párosulva a politi-kai/gazdasági tényezők légtér-szuverenitással kapcsolatos váltoásaival rendkívüli mértékben felértékelik az új típusú fenyegetettségekkel szemben valós időben megbízható ismereteket szolgáltató új módszereket. Napjainkban a hálózatközpontú megközelítés, megfelelő szoftver-algoritmusok és -szűrők alkalmas megoldásaival támogatott döntés-előkészítés, döntés-támogatás az IT-alapú rendszereknél, a hálózaton rendelkezésre álló nagy mennyiségű információ feldolgozásával, a megnövekedett processzorteljesítmények, valamint a gyors és olcsó hálózati eszközök (beleértve a wireless eszközöket is) elterjedésével új lehetőségeket kínálnak a legbonyolultabb légtér-ellenőrzési feladatok megoldására. A megvalósításra ajánlott két megoldás előnye, hogy jelentősen kiterjeszti a radaradatok minőségi feldolgozhatóságának körét különös tekintettel a kis radarkeresztszettel rendelkező céltárgyakra. Az első javaslat előnye, hogy aránylag gyorsan és olcsón megvalósítható, míg a második javaslat komplexebb így költségesebb megközelítést igényel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://hadmernok.hu/archivum/2007/3/2007_3_koncz.pdf
- [2] Dr. Almássy György- dr. Bozsóki István: Mikrohullámú kézikönyv. 11. fejezet Rádiólokátorok. Műszaki könyvkiadó , Budapest, 1973. 917.p.
- [3] <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Rayleigh-%20versus%20Mie-Scattering.en.html>
- [4] Dr Balajti István alezredes órai előadása
- [5] <http://www.jetfly.hu/rovatok/jetfly/mitoszrombolo/>
- [6] Dr. Almássy György- dr. Bozsóki István: Mikrohullámú kézikönyv. 11. fejezet Rádiólokátorok. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1973. 917.p.
- [7] http://hadmernok.hu/archivum/2007/3/2007_3_koncz.pdf.
- [8] Dr. Balajti István alezredes órai előadása