

Rádiólokáció-rádiónavigáció

Dr. Seres György mérnök alezredes,
egyetemi docens, a hadtudományok kandidátusa

A cikk a rádiólokáció-rádiónavigáció fogalomrendszerének néhány problémájával foglalkozik. A szakirodalom felhasználásával bemutatja az egyes szerzők, illetve művek által használt fogalomrendszert, amely közel sem egységes. A szerző is kísérletet tesz egy általa megfelelőnek tartott fogalomrendszer részbeni megalkotására.

A szerk.

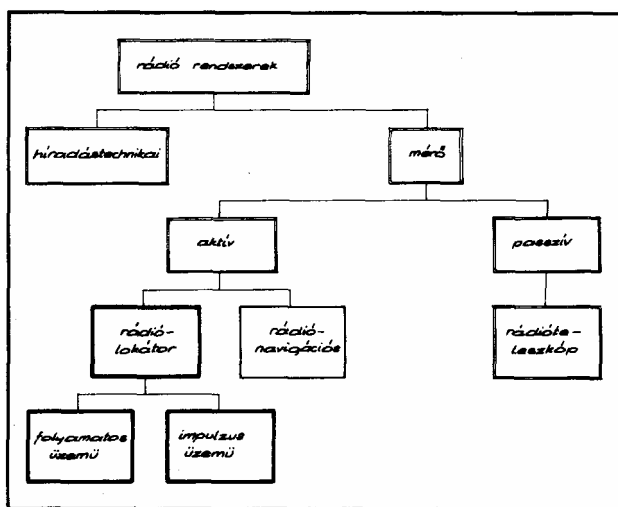
Néhány fogalom rendszerezése

A magyar légiforgalom-irányítók 1990-es sztrájkfenyegetéssel is kísért követeléseiről ráirányították a figyelmet a rádiólokációs és a rádiónavigációs rendszerekre. E kérdéskörnek elég széles körű irodalma van, azonban az ezekben alkalmazott fogalmak és fogalomrendszerek a leggyakrabban esetekben egymással összhangban.

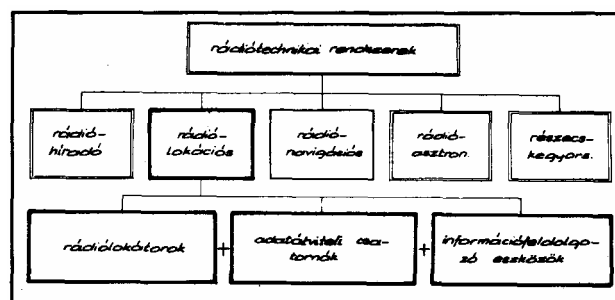
A lokátor-technikában legelterjedtebben alkalmazott és idézett Skolnik-kézikönyv - Skolnik: Introduction to radar system (Bevezetés a radarrendszerekbe) [1] - csak az aktív, visszavert jelekkel működő rádiólokátorokkal foglalkozik - azok különböző célú és technikai megoldású változatait tekintve rendszerek. Így fogalomrendszere nem alkalmazható átfogóan a több lokátorból álló, válaszjelekkel működő szekunder- és passzív lokátorokat is magába foglaló rendszerekre.

A magyarul is megjelent Elektronikai kézikönyv [2] már együtt tárgyalja a „Rádió-, illetve hanghullámokkal működő lokátor- és navigációs rendszereket”. Rádiólokátor-rendszernek ez a mű is csak a visszavert jelekkel működő eszközöket tekinti, amelynek alrendszerai az adó, az antenna, valamint a vevő és jelfeldolgozó áramkör. A válaszjelek alapján történő helymeghatározást és a rádió-iránymérést az elektronikus navigációs rendszerek közé sorolja.

A BME 1968-as kiadású Rádió-rendszer-technika c. jegyzete [3] az alábbi felosztást ajánlja:



1. ábra: A BME 1968-as kiadású jegyzete

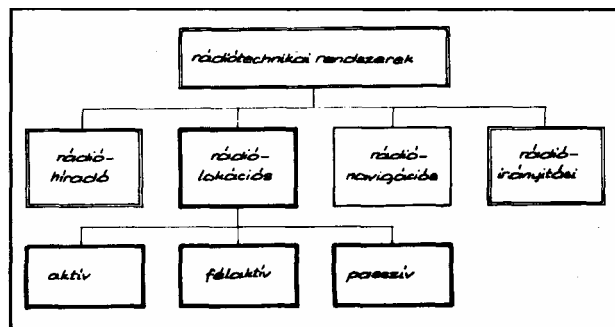


2. ábra: A szovjet könyv osztályozása

De a rádiólokátorok alatt e mű is csak a visszavert jel alapján működő eszközöket érti.

Hasonlóképpen közelíti meg ezt a problémát az 1975-ben Moszkvában kiadott Avtomatizacija obrabotki, peredacsi i otobrazsenija ragyiolokacionnoj informacii (A rádiólokációs információfeldolgozás, -átvitel és -megjelenítés automatizálása) [5], amikor így fogalmaz: „Az információgyűjtés és -egységítés rendszere, elvben egy olyan hipotetikus rádiólokátor-nak felel meg, amelynek felderítési zónája lefedi a tényleges rádiólokátorok felderítési zónáját és a köztük lévő hézagokat” (127. old.).

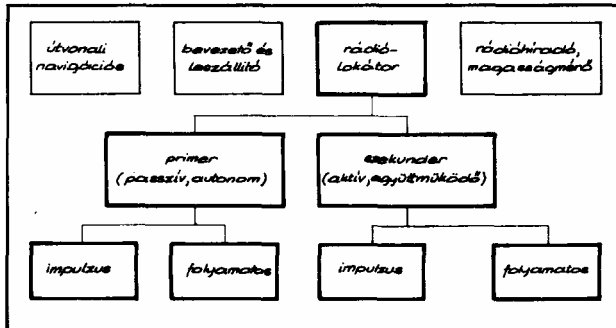
A négy évvel később, 1979-ben megjelent szovjet főiskolai tankönyv, a Ragyiotyehniczeszkje szisztyemi (Rádiótechnikai rendszerek) [6] pedig ezt a feldolgozást ajánlja:



3. ábra: Szovjet főiskolai tankönyv

Aktív lokáció alatt e mű a fedélzeti válaszel, félaktív alatt a visszavert jel alapján történő helymeghatározást, passzív lokáció alatt pedig az objektum saját kisugárzása alapján történő iránymérést érti.

A német Mansfeld professzor 1983-as kiadású, Funklagen für Ortung und Navigation (Rádiolokációs és rádió navigációs berendezések) című könyve [7] a polgári légiforgalom-irányításban alkalmazott rendszereket a következőképpen osztályozza:



4. ábra: A német kézikönyv szerint

A Magyar Köztársaságban még érvényes nemzetközi (KGST-) szabvány [8] szerint „a légi forgalom irányítására szolgáló rádiolokátor-rendszerek (RLR) - amelyek „az automatizált (ALIR), valamint az automatizálásán (LIR) légiforgalom-irányítási rendszerek számára rádiolokációs információkat szolgáltatnak”légtérfigyelő rádiolokátor-állomásból (RLA), másodlagos légtérfigyelő rádiolokátor-állomásból (SRLA), radarinformáció elsődleges feldolgozását végző berendezésből (APOI) és a rádiolokációs adatok átvitelét biztosító berendezésből állnak, beleértve az adó és vevő szakaszt is”.

A nemzetközi polgári légi forgalomban alkalmazott ICAO-előírás [9] (a leszállító precíziós bevezető radar - PAR) és a válaszelek alapján működő (másodlagos légtérrelőrző radar - SSR) rádiolokátorokat a légi forgalmi távközlés keretében tárgyalja, és a rádió navigációs eszközök közé sorolja.

Lehetne még sorolni a különböző szerzők nézeteit a rádiolokációs rendszerekről, de ez a néhány példa is illusztrálja, hogy az egyértelmű tárgyalás érdekében mindig tisztázni kell az alkalmazni kívánt fogalmak rendszerét, illetve azok tartalmát.

Rádiolokációs-információs rendszer

A rádiolokációs-információs rendszerek a légvédelmi és a katonai, illetve polgári légiforgalom-irányítási rendszereknek, mint célrendszereknek a légi helyzetre vonatkozó alapvető információszükségletét elégíti ki - annak alrendszerét képezik. A célrendszer és a rádiolokációs-információs rendszer közös környezetét alkotó légi helyzet azonban nem tekinthető tisztán környezetnek, mivel a légi helyzet egyes elemei egyben részét képezik a célrendszernek is. Különösen így van ez a légvédelmi rendszerek esetében - az elfogó vadászpilótaelemek elemei a légi helyzetnek és a légvédelmi rendszernek is. De még a rádiolokációs-információs rendszer egyes elemei is lehetnek elemei a légi helyzetnek - például az AWACS-jellegű légi felderítő, célkövető és vadászirányító komplexumok. A légi helyzet más elemei - a légi támadóeszközök - viszont egyértelműen a légvédelmi rendszer, és benne a rádiolokációs információ rendszer környezetét alkotják.

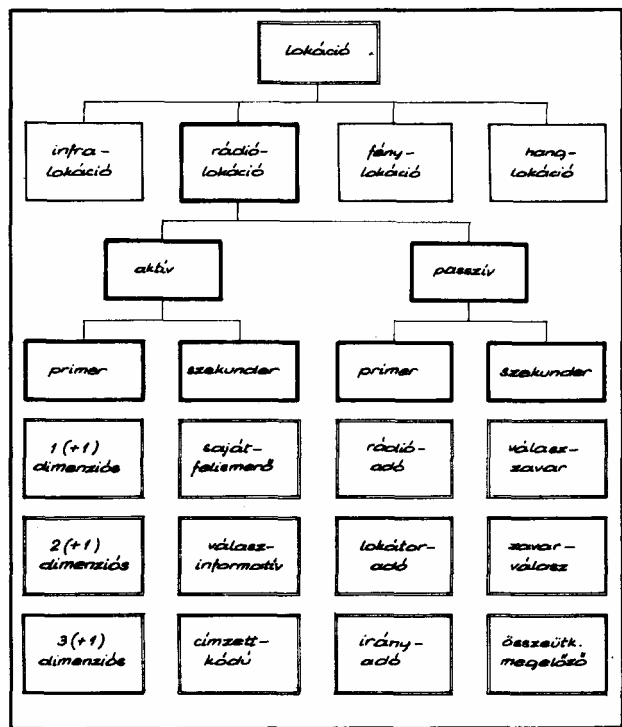
A rádiolokációs-információs rendszer és a keretrendszer kölcsönhatásait az érdekazonosság, illetve -ellentét határozza meg.

A célrendszer - a légvédelem, illetve a légiforgalom-irányítás - különböző szintű irányító szerveivel (vezetési pontjaival, illetve irányító szolgálataival) a kölcsönös kapcsolatokat az alapvető érdekazonosság határozza meg. Az esetleges kon-

fliktusokat, a szervezeti hierarchiából adódóan, a rádiolokációs-információs rendszer bemenetére a magasabb szintű rendszer érdekeit kifejező parancsok, illetve utasítások (irányító információk) oldják fel. A rádiolokációs-információs rendszer kimenetele légi helyzet-információkkal kapcsolódik a célrendszerhez.

A légi helyzet és a rádiolokációs-információs rendszer közötti kölcsönhatásokat az egyes légi helyzet-elemek és a célrendszer közötti viszony határozza meg.

A légiforgalom-irányítás esetében ez a viszony általában együttműködő, rossz esetben közömbös (ha a viszony ellenségesé válik, akkor a repülőeszközök már nem a légiforgalom-irányítás, hanem a légvédelem hatáskörébe tartoznak!). Az első esetben a légi helyzet-elemek célpályájának felderítése és követése szekunder rádiolokációs módszerekkel történhet [10], amely biztosítja a zavarok alacsony szintjét és a felderítetlen célpályák minimálisra csökkentését. A második esetben - amikor a repülőeszközök nem rendelkeznek üzemképes fedélzeti válaszdóval az aktív és a passzív rádiolokáció primer eljárásai (a visszavert jel, illetve a fedélzeti rádióadók jele alapján történő helyzetmeghatározás) alkalmazhatók. A zavarok szintje és a felderítetlen célpályák száma - tudatos zavarás hiányában - ebben az esetben is viszonylag alacsony értéken tartható.



5. ábra. A lokáció fogalmkörének felosztása

A légvédelmi rendszert kiszolgáló rádiolokációs-információs rendszer a légvédelmi küzdelem keretei között működik, így a légi helyzet egyes elemeivel való viszonyát az határozza meg, hogy azok a légvédelem vagy a légi támadás alrendszeréhez tartoznak-e. A légvédelmi rendszerhez tartozó - illetve a rendszer légtérén átrepülő saját - repülőeszközök esetében a viszony hasonló az előzőekhez. A légi támadás alrendszeréhez tartozó ellenséges repülőeszközök célpályájának felderítése és követése viszont jó esetben közömbös, az esetek döntő többségében viszont antagonisztikus konfliktusok viszonyai között történik (a légi támadás alrendszere minden eszközzel - rádiolokációs ellentevékenységgel és a fizikai megsemmisítéssel - akadályozza a rádiolokációs-információs rendszert alapfunkciójának teljesítésében, a légi helyzet- adatok megszerzésében). Ebben az esetben a zavarok szintjének és a felderítetlen célpályák számának csökkentése szükségessé teszi az eszköz- és rendszerszintű zavarvédelmi

eljárások alkalmazását az aktív rádiólokációban, illetve a repülőeszközök valamennyi fedélzeti sugárforrásának - és nemcsak a rádióhullámokat kibocsátó sugárforrások-alapján, passzív lokációval, valamint optikai úton való felderítését és követését is.

A légvédelem, illetve a légiforgalom-irányítás irányító szervei a rádiólokációs-információs rendszer útján kapják az alapvető információkat a légi helyzetéről. A légi helyzetbe való beavatkozáshoz szükséges döntésekhez azonban nem elegendő a légi helyzet ismerete, adatokkal kell rendelkezni a saját végrehajtó szervek lehetőségeiről, illetve tevékenységéről is. Pontosabban, a döntéshez a két információhalmaz egybevetésével keletkező korrelációs információk szükségesek.

Fentiek alapján a rádiólokációs-információs rendszer alatt rádiólokátorok, adatfeldolgozó, -átviteli és -megjelenítő eszközök szervezett csoportosítását értjük, amely emberi közreműködéssel - de legalább emberi felügyelet mellett - biztosítja egy légvédelmi, illetve légiforgalom-irányítási rendszer alapvető légi helyzet-információkkal való ellátását a légvédelmi küzdelem, illetve a légi szállítási rendszerének keretei között.

A rádiólokációs-információs rendszer célja tehát, légi helyzet-információk biztosítása a célrendszer igényeinek megfelelően. Ebből adódik a rendszer feladata: a célrendszer tevékenységi köréhez tartozó légtér állandó megfigyelése, az ott megjelenő repülőeszközök időbeni - a beavatkozás megkezdéséhez szükséges mértékben korai - felderítése és pályájának - a légtérben tartózkodás idején - folyamatos követése és az így szerzett adatok feldolgozásánál, a célrendszer működéséhez szükséges információk eljuttatása a felhasználóhoz.

Rádiólokáció és rádió navigáció

A rádiólokációs-információs rendszer funkcióinak megvalósítási formája alapvetően attól függ, hogy a rádiólokáció melyik formájával valósítja meg alapfunkcióját, az adatszerezést a légi helyzetéről. Mivel, mint a bevezetőben láttuk, ezen a területen sem teljesen egyértelműek az alkalmazott fogalomrendszerek, ezért össze kell foglalni a rádiólokáció és a rádió navigáció egy célszerű fogalomrendszerét.

Lokáció: ismeretlen objektum felderítése és helyzetének meghatározása.

Navigáció: mozgó objektum saját helyzetének meghatározása ismert helyzetű objektumhoz viszonyítva.

Rádiólokáció: ismeretlen objektum lokációja rádiójelekkel.

Rádió navigáció: mozgó objektum saját helyzetének rádiólokációs meghatározása ismert helyzetű objektumokhoz viszonyítva.

Aktív rádiólokáció: az objektum felé kisugárzott és arról visszavert (primer) vagy annak válaszadója által visszasugárzott (szekunder) jelekkel történő rádiólokáció.

Passzív rádiólokáció: rádiólokáció az objektum saját rádiókisugárzása alapján.

Az *aktív, primer rádiólokáció* visszavert rádiójelek alapján történő lokáció, amely a modulációs módtól (folyamatos modulálatlan vagy frekvenciamodulált, impulzus vagy kombinált modulációval kisugárzott jelekkel) és a térletapogató módjától függően lehet 1 dimenziós távolságmérő, 2 dimenziós sikkordináta-mérő vagy 3 dimenziós térkoordináta-mérő, illetve +1, 1+1, 2+1 vagy 3+1 dimenziós, ahol az +1 dimenzió a dopplerfrekvencia alapján mért radiális sebesség [1].

A hanglokáció aktív, primer módját elsősorban a tenger alatti célfelderítésben alkalmazzák, a fénylokáció viszont korlátozottan alkalmazható a légi célok földi, illetve a földi célok légi felderítésében, és főleg nagy pontosságú követésében [11].

A sebességmérő (0+1 D) dopplerlokátort a repülőgépek fedélzeti rádió navigációs rendszereiben alkalmazzák, a pályairányú sebesség és az oldalszél okozta elsodródás mérésére [12, 13], de kiegészítő berendezésként alkalmazzák magasabb dimenziószámú rádiólokátorokban is.

A távolságmérő (1 D) lokátorok frekvenciamodulált folyamatos kisugárzású és impulzusmodulált változatai repülőgép-fedélzeti rádió-magasságmérőként [7] és légvédelmi rakéták vagy lövedékek rádiógyújtójaként alkalmazzák.

A sikkordináta-mérő (2 D) lokátorokat nagyobb kiterjedésű légtér - illetve földfelszín - folyamatos figyelésére, több objektum párhuzamos felderítésére és követésére alkalmazzák [14,15] (földi lokátoroknál háromdimenziós, fedélzetiéknél egydimenziós magasságmérővel együtt). Konstrukciójukat tekintve lehetnek egyesített és széttelepített [16], felderítési távolságukat tekintve horizonton túli [17,18], távol- és közelfelderítő, vagy repülőter-felszíni rádiólokátorok.

A térkoordináta-mérő (3 D) lokátorokat a két dimenziós körfelderítők mellett magasságmérőként alkalmazzák, de elektronikus térletapogató változataik önálló körfelderítőként is [19] alkalmazhatók, mivel ezek letapogató sebessége már biztosítja a háromdimenziós felderítés megfelelő ütemét. Háromdimenziós lokátorokat alkalmaznak a föld-levegő [20] és a levegő-levegő osztályú tűzvezető és a repülőteri leszállítórendszerekben is [21].

Az *aktív, szekunder rádiólokáció* nem antagonisztikus rendszerek elemei között együttműködő - kérdőkód-válaszkód elven működő - lokáció, amely a primer rádiólokáció felderítési lehetőségeinek (felderítési távolság, jeldetektálási valószínűség) javítása mellett kibővíti a lokációs tér dimenzióinak számát is. Alkalmazható föld-fedélzet rendszerekben „saját-ellenség” felismerésre, válaszinformációk (azonosítószám, magasság, sebesség, vészjel stb.) [22] és - egyedi vagy csoportos címezést tartalmazó kérdőkód esetén - tájékoztató (időjárásra vagy a repülőterek állapotára vonatkozó adatok) információk továbbítására is [23]. Fedélzet-fedélzet viszonylatban - a „saját-ellenség” felismerés mellett működnek a légi összeütközéseket megelőző rendszerek [24], a fedélzet-föld rendszerek közül pedig a közleinavigációs rendszerek távolságmérő csatornái [21], illetve a műszeres leszállítórendszerek szekunder rádiólokációs változata [7].

A szekunder rádiólokáció legfontosabb légvédelmi alkalmazása a „saját-ellenség” felismerő rendszer (IFF-Identification Friend or Foe) [25, 26, 27], de címzett kódú változatát alkalmazzák a távirányítású légvédelmi rakéták követőrendszerében is. Ez utóbbi esetben, a lokációhoz szükséges kérdőkódot követően kisugárzott információk közlemény tartalmazza a címezést és a vezérlőparancsokat.

A légiforgalom-irányítás rendszereiben legelterjedtebb változatai az ICAO-ajánlásoknak megfelelő SSR (Secondary Surveillance System) vagy ATCRBS (Air Traffic Control Seacon System) [9, 10] és a szovjet GOSZT [28], illetve az MSZ-KGST szabvány [8] szerinti SzVRL UVD (Szisztyema Vtoricsnoj Ragyiolokacii dlja Upravlenyija Vozdusnim Dvizsenyiem) szekunder rádiólokációs rendszer, melyeknél - a kérdőkódtól függő összetételben - a repülőgépek fedélzeti válaszadója információk válaszközleményt is továbbít a földi irányítás számára. Az ezek továbbfejlesztéseként bevezetés alatt álló egyedi címezésű *ADSEL* (Adress SElective), vagy más néven DABS (Discrete Adress Beacon System) rendszerben [23, 29] - a válaszközlemények tartalmának bővítése mellett - már tájékoztató és irányító információk továbbítására is van lehetőség, a kérdőkódot és a címkódot követően, a repülőgép-személyzet számára.

Az *aktív, szekunder rádiólokáció* elvét alkalmazzák távolságmérésre az ICAO-ajánlásoknak megfelelő *DME* (Distance Measurement Equipment), a NATO-ban rendszeresített, de a nemzetközi polgári légi forgalomban is alkalmazott *TACAN* (Tactical Air Navigation) és a szovjet *RSZBN-2* (Ragyiotyehnyicseszakja Szisztyema Blizsnyej Navigacii) közleinavigációs rendszerekben [7, 21, 30] is.

A *DME*-rendszer műszeres leszállító változata, a *DLS* (DME Landing System) földi válaszközleménye - a távolságméréshez szükséges válaszkódot követően - a repülőgépnek a leszállóirányhoz viszonyított, relatív oldal- és helyszögére vonatkozó adatokat is tartalmazza [7].

A légi összeütközést megelőző rendszerek (angol rövidítése: CAS - Collision Avoidance System [31]; orosz rövidítése: SZPSZ - Szisztjema Preduprezhdenija Sztolkovenij [24]) - az amerikai AVOID (Avionic Observation of Intruder Danger) [32] és SECANT (Separation Control of Aircraft by Nonsynchronous Techniques) [33], illetve a szovjet ESELOK - szintén aktív, szekunder rádiólokációs elven működnek [34]. A kérdőkódot követően mindhárom rendszerben a saját repülési magasságnak megfelelő csoportos címzőkódot sugároznak ki, így csak azok a repülőeszközök válaszolnak, amelyek a veszélyes magasságtartományban vannak. A szovjet rendszerben - ezen kívül - a válaszközlemény a lehetséges, illetve szükséges manőverre vonatkozó információkat is tartalmazza.

A passzív, primer rádiólokáció (pelengálás) a légi célok fedélzeti kommunikációs rádió- vagy lokátoradónak - illetve, navigációs célú passzív rádiólokáció esetén a földi irányadók-iránymérése és a vett rádiójel elemzése alapján a légi cél jellegének, illetve az irányadó helyének - meghatározása (1 + m dimenziós lokáció).

Légi célok esetén a hajtómű passzív infra és (vagy) hanglokációjával szerzett adatok kibővíthetik a rádiólokációs információs rendszer lehetőségeit, de a rádiónavigáció lehetőségei is bővíthetők a földfelszíni objektumok infrasugárzásának passzív lokációjával.

A repülőeszközök egydimenziós (oldalszög-koordináta szerinti) passzív, primer lokációjához a legelterjedtebben a fedélzeti kommunikációs, illetve vészjelző [35] rádióadók és a fedélzeti rádiólokátorok kisugárzását használják fel az - önálló, vagy a repülőtéren diszpečerlokátorok részét képező - automatikus rádiópelengátorok, illetve az iránymérő lokátorok.

Az egydimenziós rádiónavigáció legfontosabb eszközei közé tartozik a repülőeszköznek a földi irányadókhöz (angol rövidítése: NDB - Nondirectional Direction Beacon [7]; orosz rövidítése: MRM - Markjonnij RagyioMajak [21]) viszonyított relatív szöghelyzetét passzív, primer rádiólokációs elven meghatározó automatikus rádióiránytű (ADF- Automatic Direction Finding, ARK - Avtomatycseszkij RagyioKompasz). Ennél pontosabb iránymérést tesznek lehetővé a különböző közeina- navigációs - az ICAO-ajánlásoknak megfelelő VOR (VHF Omni flange), illetve a már említett TACAN- és RSZBN-2-rendszerek kétsatomás szögadói alapján működő fedélzeti berendezések, melyek a távolságmérő csatornával együtt már kétdimenziós navigációt tesznek lehetővé [30].

Passzív, primer lokációs elven működnek a különböző kétdimenziós (földfelszín feletti) - OMEGA, DECCA, LORAN-A és -C, valamint CONSOL - hiperbola-navigációs rendszerek fedélzeti berendezései is [7, 30].

A repülőterek kétdimenziós (a leszállóirányhoz viszonyított relatív oldal- és siklószög szerinti) műszeres leszállítórendszerei - az ICAO-ajánlású ILS (Instrumental Landing System) és MLS (Microwave Landing System), vagy más néven TRSB (Time Reference Scanning System), illetve a szovjet SZP-50M (Szisztjema Poszadki) - szintén passzív, primer rádiólokációs elven működnek (és a siklópálya vonalában telepített, felfelé sugárzó, távoli és közeli irányadókkal együtt háromdimenziós helyzetmeghatározást biztosítanak [7, 21, 30]. Ezekkel párhuzamosan működhetnek a passzív fénylokáción alapuló optikai leszállítórendszerek is.

A legkorszerűbb, háromdimenziós (a földfelszín feletti, térbeli) passzív, primer rádiólokációs elven működő NAVSAT (Navigation by Satellite), vagy más néven GPS (Global Positioning System) műholdas katonai navigációs rendszerben a repülőeszközök helyzetmeghatározási pontossága 10 m (!) alatt van [36].

A passzív, szekunder rádiólokáció az antagonisztikus rendszerek elemei közötti rádióelektronikai harc alapja, amely az aktív rádiólokátorok elleni válaszzavaradók iránymérése, illetve a zavarválaszhoz szükséges irány-, frekvencia- és modulációadatok meghatározására. De ide sorolható a légi összeütközést megelőző rendszerek passzív és szinkronváltozata is, mivel ezek aktív szekunder rádiólokációs rendszerek válaszádnak „lehallgatásával” szerzik az adatokat [34].

Felhasznált irodalom

- Skolnik: Introduction to radar systems. McGraw-Hill, New York, 1980.
- Elektronikai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981., 1540. old.
- Bozsóki-Szokolay-Gödör: Rádió-rendszertechnika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
- Kontorov-Golubjov-Novozsilov: Vvegyenyije v ragyiolokacijonnuju szisztjemotjehnyiku. Szovjetszkoje Ragyio, Moszkva, 1971.
- Korjakov: Avtomatizacija obrabotki, peredacsi i otobrazsenyija ragyiolokacijonnoj informacii. Szovjetszkoje Ragyio, Moszkva, 1975.
- Agranovszkij-Zlatogurszkij-Kiszjeljov: Ragyiotjehnyicseszkije szisztjemi. Viszsaja Skola, Moszkva, 1979.
- Mansfeld: Funklagen für Ortung und Navigation. Transpress, Berlin, 1983.
- A légi forgalom irányítására szolgáló rádiólokátor-rendszerek. MSZ-07 KGST-3414-81.
10. sz. Légügyi előírás - Légi forgalmi távközlés I. (ICAO) Közdok, Budapest, 1976.
- Honold: Secondary Radar. Heyden, London-New York-Berlin, 1976.
- Volohatjuk-Kocetkov-Kraszovszkij: Voproszi optycseszkij lokacii. Szovjetszkoje Ragyio, Moszkva, 1971.
- András: Mikrohullámú technika II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- András: Rádió-navigáció II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- Votlinszkij-Uljanov: Mnogocelevije RLSz. Vojenizdat, Moszkva, 1975.
- Bachman: Radar sensor engineering. Lexington Books, Lexington, 1982.
- Seres Gy.: A rádióelektronikai háború új eszköze - a széttelepített rádiólokátor. Haditechnika, 1986/3.2-8. old.
- Fenster: The application, design, performance of over-the-horizon radars. RADAR-77, London, 1977.10.25-28.
- Millman-Nelson: Surface wave HF radar for over-the-horizon detection. IEEE International Radar Conference, Arlington, 1980. 4. 20-30.
- Kahrilas: Variable search and track air defense radar (VSTAR). International Defense Electronics Expo, Hannover, 1982. 5. 10-20.
- Carey-Evans: The PATRIOT radar in tactical air defense. EASCON-81. Washington, 1981. 11. 16-19.
- Szosznovszkij-Hajmovics: Ragyiotjehnyicseszkije szredstvja blizsnyej navigacii i poszadki szamoljotov. Masinosztrojenyije, Moszkva, 1975.
- Seres Gy.: Szekunder rádiólokációs rendszerek a repülésirányításban. Haditechnika, 1982/2. 8-11. old.
- Seres Gy.: Egyedi címzésű szekunder rádiólokációs rendszer. Haditechnika, 1984/3.10-12. old.
- Bicskov-Pakolkov-Jakovlev: Ragyiotjehnyicseszkije szisztjemi preduprezhdenyija sztolkovanyija szamoljotov. Szovjetszkoje Ragyio, Moszkva, 1977.
- Szergejev-Torin: Amerikanszkaja Szisztjema ragyiolokacionno opoznovanyija. Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyje, 1983/8.
- Potter: Identifying the threat. Electronic Engineering, 1980/10.
- Ward: ICNIA - Software programable integrated CNI avionics IEEE/AIAA 5. Digital Avionics Systems, Seattle, 1983. 10. 31. - 11. 3.
- Szisztjemi vtoricsnoj ragyiolokacii dlja upravlenyija vozdušnim dvizsenyijem - GOSZT-21 800-76. Goszudarsztvennij Komitet Sztandartov SZSZSZR.
- Stevens: ADSEL - an evolutionary development of SSR 2. Electronic Technology, 1982/1.
- Seres Gy.: Közeina-navigációs és leszállítórendszerek. Haditechnika, 1988/4. 2-7. old.

31. Jaycox: Collision avoidance system synchronisation IEEE Trans. 1968, V. AES-4/2.
32. System for collision avoidance trough - Avionic Observation of Intruder Danger (AVOID). Information Paper for Seventh ICAO Air Navigation Conference. Montreal, Canada, 1972. 4. 5-29.
33. Miles: SECANT - a Solution to the problem of midair collisions. Navigation (USA), 1972-73/4.
34. Seres Gy.: Légi összeütközést megelőző rendszerek. Haditechnika, 1988/2.
35. Gráfik J.: AUTOMAT-SOS automatizált repülőgépszemélyzet-mentő rádió-keresőrendszer. Haditechnika, 1984/2.
36. Byatt: Radionavigation and radar. Wireless World, 1980/1.