



ÎNTREBUINȚAREA RADARULUI PASIV ÎN SISTEME DE SUPRAVEGHERE A SPAȚIULUI AERIAN

PASSIVE RADAR ASSEMBLY IN AIR SPACE SURVEILLANCE SYSTEMS

ASSEMBLAGE DU RADAR PASSIF DANS DES SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DE L'ESPACE AÉRIEN

Lt.col. instr.av.s.dr. Pătru PÎRJOL*

Conflictele militare desfășurate în ultimul secol au evidențiat importanța forțelor aeriene în neutralizarea țintelor importante pentru efortul de război, precum și în susținerea permanentă a acțiunilor executate de celelalte categorii de forțe ale armatei.

Diminuarea impactului forțelor aeriene asupra desfășurării războiului a impus, ca o necesitate, realizarea unor sisteme de supraveghere aeriană capabile să furnizeze informațiile necesare structurilor specializate în combaterea mijloacelor aeriene. Calitatea informațiilor furnizate a fost influențată de mijloacele tehnice destinate supravegherii spațiului aerian, pasive sau active, care au cunoscut o dezvoltare susținută, în concordanță cu evoluția mijloacelor de atac aerian. Progresul științific și tehnologic înregistrat în ultimele decenii a revigorat cercetările privind dezvoltarea unor radare pasive performante, având ca scop neutralizarea avansului tehnologic deținut de mijloacele de atac aerian, datorită posibilităților de detecție superioare și capacității acestora de a funcționa fără a fi detectate.

Military conflicts from the last century have highlighted the importance of air force in neutralizing major objectives for the war effort as well as in its constant support of the other military branches.

As the impact of the air force on the waging of war diminished over time, it became necessary to develop air surveillance systems capable of providing information that were necessary to the structures specialized in combating air means. The quality of the information provided was influenced by the technical, passive and active, means created for the surveillance of the airspace, which have constantly developed in accordance with the evolution of the air attack means. The scientific and technological advancement from the last decades has invigorated the research regarding the development of advanced passive radars with the purpose of neutralizing the technological advancement of air attack means due to their superior detection possibilities and their capacity to function without being detected.

Les conflits militaires du siècle dernier ont mis en lumière l'importance des forces aériennes dans la neutralisation des objectifs importants de l'effort de guerre, ainsi que dans la pérennisation des actions menées par les autres forces de l'armée. La réduction de l'impact des forces aériennes sur la conduite de la guerre nécessitait nécessairement la mise au point des systèmes de surveillance aérienne capables de fournir les informations nécessaires aux structures de défense antiaérienne spécialisées. La qualité des informations fournies a été influencée par les moyens techniques de l'espace aérien, la surveillance passive ou active, qui ont connu un développement soutenu en phase avec l'évolution des frappes aériennes. Les progrès scientifiques et technologiques réalisés au cours des dernières décennies ont relancé la recherche sur le développement de radars passifs haute performance, visant à neutraliser les avancées technologiques en matière de frappe aérienne grâce à des capacités de détection supérieures et à leur capacité de fonctionner sans être détectées.

Cuvinte-cheie: supraveghere aeriană; radar pasiv; amenințări aeriene; sisteme de supraveghere aeriană.

Keywords: air surveillance; passive radar; air threats; air surveillance systems.

Mots-clés: surveillance aérienne; radar passif; menaces aériennes; systèmes de surveillance aérienne.

*Universitatea Națională de Apărare „Carol I”
e-mail: petpirjol@gmail.com



Primul Război Mondial a consacrat introducerea, pe câmpul de luptă, a unei noi arme, avionul, utilizat, în faza inițială a conflictului, în misiuni de sprijin al forțelor de la sol, prin dirijarea focului artileriei terestre împotriva unor obiective ale adversarului. Prima luptă aeriană din istorie, desfășurată la 5 octombrie 1914, în apropierea orașului Reims, în care un avion francez a doborât un avion german, a marcat începutul duelurilor aeriene dintre beligeranți și a declanșat o serie de inovații continue, care au avut ca obiectiv transformarea avionului într-un mijloc de luptă tot mai eficient.

Introducerea mitralierei sincronizate cu palele elicei și posibilitatea de a executa foc și bombardament asupra liniilor adversarului au contribuit la creșterea potențialului distructiv al acestui mijloc de luptă și la transformarea lui într-o amenințare reală la adresa forțelor combatante.

Capacitatea avionului de luptă de a pătrunde în adâncimea teritoriului adversarului, fără a fi detectat, și de a ataca obiective economice sau localități aflate la distanțe mari de linia frontului a creat panică în rândul populației și al autorităților civile. Neutralizarea amenințării, reprezentată de aceste mijloace aeriene, a devenit o necesitate pentru autoritățile statelor implicate în conflict, urmărindu-se identificarea unor soluții de natură organizatorică și tehnică, care să permită descoperirea aparatelor de zbor de la o distanță cât mai mare, astfel încât să se asigure timpul necesar pentru protejarea populației civile existente în zonă și apărarea obiectivului vizat.

Perceperea mijloacelor aeriene de către autoritățile acelor vremuri, ca o amenințare reală la adresa populației civile și a obiectivelor importante pentru efortul de război, a impus, cu necesitate, dezvoltarea unor mijloace destinate apărării aeriene, care au avut ca finalitate apariția tunurilor și mitralierelor specializate în combaterea aparatelor de zbor ale adversarului.

Concomitent cu realizarea acestor mijloace antiaeriene, au fost întreprinse măsuri concrete de realizare a unor structuri specializate în descoperirea și în identificarea mijloacelor aeriene, cu scopul de a furniza informațiile necesare combaterii lor, cunoscute sub denumirea de structuri de *pândă și de avertizare aeriană*.

În faza inițială a războiului, supravegherea spațiului aerian se realiza doar în zonele de desfășurare a acțiunilor militare, constituind o formă

prin care se realiza protecția forțelor împotriva mijloacelor aeriene ale adversarului. Dezvoltarea mijloacelor aeriene, îmbunătățirea performanțelor tehnice ale acestora și creșterea distanței de acțiune în adâncimea teritoriului adversarului au convins autoritățile să identifice și să aplice soluții eficiente pentru descoperirea acestor mijloace și pentru asigurarea protecției obiectivelor și populației din afara zonelor de conflict. Elementele de pândă și de supraveghere aeriană, înființate în acest scop în anul 1915 de către statele beligerante, au fost organizate și integrate în sistemul de apărare contra aeronavelor, urmărindu-se adaptarea permanentă a concepției de organizare a sistemului de supraveghere aeriană la realitățile concrete ale câmpului de luptă.

În esență, sistemele de supraveghere aeriană, organizate de către principalele state beligerante, respectiv Germania, Franța, Marea Britanie, Italia, au fost asemănătoare din punct de vedere conceptual, urmărind canalizarea efortului de supraveghere aeriană spre zona de desfășurare a operațiilor, iar, în adâncimea teritoriului, se urmărea descoperirea inamicului aerian care acționa pe direcțiile probabile de atac, în scopul apărării obiectivelor importante.

Un aspect particular al organizării pândeii aeriene, în Italia, l-a reprezentat utilizarea hidroplanelor ca elemente de pândă aeriană înaintată, constituind o formă incipientă a componentei aeriene a sistemului de supraveghere aeriană.

Elementele de pândă și de supraveghere aeriană, cunoscute ca posturi de observare, erau conectate cu centrele de comandă și cu centrele de protecție civilă, urmărindu-se înștiințarea oportună a autorităților militare și civile, aflate în raza de acțiune a aviației adversarului, despre apariția pericolului aerian.

Realizarea sistemului de supraveghere aeriană de către puterile beligerante a avut un impact imediat, reliefat de creșterea semnificativă a numărului de aparate de zbor doborâte, comparativ cu perioada anterioară înființării lui.

În ceea ce privește armata română, conducerea militară deținea, de la începutul anului 1915, documentele elaborate de armatele franceză, germană și belgiană care reglementau supravegherea aeriană. Aceste documente, primite spre consultare, au constituit elemente de referință pentru elaborarea propriilor instrucțiuni destinate reglementării supravegherii spațiului aerian.



Demersul a fost inițiat în aceeași perioadă în care erau înființate structurile de aviație și de apărare antiaeriană și avea rolul de a asigura cadrul necesar pregătirii observatorilor aerieni pentru recunoașterea aeronavelor inamice, stabilind, în același timp, modalitatea de transmitere a informațiilor necesare posturilor de conducere, pentru a se realiza protecția forțelor și obiectivelor proprii, precum și a populației din afara zonelor de conflict.

Ca urmare a acestor demersuri, realizate de conducerea armatei române, prin Înaltul Decret nr. 2784, din 14.08.1916, se consfințește înființarea, la 15.08.1916, în cadrul Serviciului de Apărare contra Aeronavelor, a primei structuri destinată supravegherii spațiului aerian și realizării informării autorităților despre pericolul executării atacului aerian de către adversar¹.

Tehnica de luptă destinată supravegherii aeriene cuprindea mijloace pasive de supraveghere reprezentate de dispozitivele optice pentru detecția vizuală și de pâlniile de ascultare pentru detecția auditivă a mijloacelor aeriene, constituind, pentru întreaga perioadă de desfășurare a războiului, singurele mijloace capabile să descopere aparatele de zbor ale adversarului și să furnizeze informațiile necesare combaterii acestuia.

Putem afirma că Primul Război Mondial a marcat începutul supravegherii spațiului aerian și detecției mijloacelor aeriene, precum și al procesului de obținere, de prelucrare și de utilizare a datelor și a informațiilor necesare apărării împotriva adversarului aerian. Perioada corespunzătoare desfășurării războiului, din perspectiva supravegherii aeriene, este caracterizată de:

- apariția primelor servicii de supraveghere și de informare aeriană în cadrul statelor participante la conflict;
- elaborarea primelor concepții de organizare a acestor servicii;
- organizarea procesului de instruire și asigurarea cu efective instruite a posturilor de supraveghere aeriană;
- elaborarea principiilor, regulilor și normelor tactice, privind întrebuințarea în luptă a posturilor de supraveghere aeriană;
- mijloacele tehnice destinate înzestrării posturilor de supraveghere aeriană care reprezentau realizările tehnice de vârf ale epocii respective.

Supravegherea aeriană a apărut și s-a dezvoltat în aproape toate statele lumii, indiferent de poziția

acestora față de conflict, măsurile întreprinse de acestea pentru organizarea supravegherii aeriene prezentând elemente asemănătoare. Realizarea supravegherii aeriene impune, cu necesitate, organizarea acestui serviciu încă din timp de pace, aspect care presupune pregătirea de specialitate a personalului destinat să activeze în cadrul acestuia.

Realizările din perioada interbelică în domeniul științific și tehnologic, în special al electronicii, au permis construirea unor emițătoare și receptoare care au asigurat detecția mijloacelor aeriene cu ajutorul undelor electromagnetice la distanțe mari, contribuind, astfel, la apariția radarului modern. Întrebuințarea radarului ca mijloc de detecție principal a asigurat adaptarea sistemului de supraveghere aeriană la evoluțiile calitative înregistrate de mijloacele de atac aerian, permițând statelor deținătoare să organizeze o apărare aeriană și antiaeriană eficientă împotriva acestora.

Putem menționa că, în perioada interbelică, nu toate statele au dispus de mijloace moderne de detecție, sistemele de supraveghere aeriană fiind înzestrate, în cazul acestora, cu mijloace tehnice specifice, întrebuințate în Primul Război Mondial.

O caracteristică importantă a acestei perioade o reprezintă preocuparea permanentă a statelor amenințate de spectrul unui nou război de a identifica soluțiile organizatorice adecvate mijloacelor tehnice avute la dispoziție, pentru a realiza o supraveghere aeriană corespunzătoare amenințărilor existente. Dinamica structurală a sistemului de supraveghere a spațiului aerian a avut în vedere saltul tehnologic înregistrat de mijloacele de atac aerian, urmărindu-se, cu prioritate, asigurarea cadrului necesar ca structurile de supraveghere aeriană să îndeplinească misiunile primite, respectiv, să asigure informațiile necesare combaterii atacului aerian al unui potențial agresor.

Cel de-al Doilea Război Mondial a confirmat radarul ca principal instrument de detecție a mijloacelor aeriene și ca furnizor de date și de informații necesare desfășurării acțiunilor în spațiul aerian. Consacrarea radarului, ca element important al apărării aeriene, a contribuit la dezvoltarea și la evoluția în timp a acestuia, din punctul de vedere al posibilităților de detecție, reliefând preocuparea, cu caracter permanent, a puterilor militare relevante ale secolului al XX-lea de a perfecționa aceste mijloace,



în concordanță cu evoluția calitativă a mijloacelor de atac aerian. Diversificarea amenințărilor din mediul aerian a contribuit atât la dezvoltarea unor noi tehnologii de construcție a radarelor, cât și la identificarea unor noi principii și metode științifice de detecție a corpurilor în mediul aerian, terestru și maritim.

Un produs al acestor cercetări îl reprezintă metoda teledetecției, care utilizează o gamă variată de senzori activi și pasivi, destinați culegerii informațiilor și realizării unor imagini clare, detaliate și în timp real, a unei zone de conflict sau de interes.

Evoluția senzorilor activi, rolul informațiilor furnizate de către aceștia în desfășurarea acțiunilor în spațiul aerian au contribuit la reducerea importanței sistemelor pasive de detecție utilizate în timpul Primului Război Mondial. Totuși, apariția radarului nu a marcat dispariția metodei pasive de detecție, aceasta constituind o alternativă „tăcută” de detecție a mijloacelor aeriene, cu avantaje reale față de metoda activă.

În acest sens, asistăm la apariția unor sisteme pasive similare radarului activ, utilizate ca sursă complementară de informații despre mijloacele aeriene.

Un exemplu edificator îl constituie realizarea de către Germania a unui sistem de supraveghere, compus din radare pasive, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, cunoscut sub denumirea de *Klein Heidelberg*². Acest sistem era constituit din șase stații cu rol de receptoare pasive (dispuse la Oostvoorne, la Ostend, la Boulogne, la Vaudricourt, la Cap d'Antifer și la Cherbourg), care recepționau emisiile electromagnetice ale sistemelor radar din cadrul sistemului Chain Home, utilizate cu rol de iluminatori electromagnetici. Lipsa emisiilor electromagnetice ale acestui sistem pasiv construit de germani a avut, ca rezultat, menținerea acestuia în funcțiune fără ca Aliații să poată afla de existența acestuia, fiind descoperit abia după debarcarea din Normandia.

Din cele prezentate, rezultă că radarele pasive utilizate de germani au constituit mijloace de supraveghere aeriană nedetectabile și, în consecință, foarte greu de bruiat, care utilizau, pentru descoperirea aparatelor de zbor adverse, emisiile electromagnetice ale radarelor de supraveghere ale acestuia.

În cele ce urmează, voi prezenta, pe scurt, evoluția mijloacelor pasive de supraveghere

aeriană din ultimele decenii și rolul pe care acestea îl vor deține, în viitor, în cadrul sistemelor de supraveghere aeriană ale secolului al XXI-lea.

Supravegherea permanentă a spațiului aerian, identificarea, în timp util, a amenințărilor existente și asigurarea informațiilor pentru neutralizarea acestora reprezintă scopul fundamental care a stat la baza înființării și dezvoltării sistemelor de supraveghere aeriană. Evoluția tehnologică a mijloacelor aeriene a impus, ca o necesitate, dezvoltarea unor rețele de senzori complexe, capabile să asigure supravegherea și cercetarea permanentă a unei zone de interes, precum și realizarea unei arhitecturi a sistemelor de supraveghere aeriană din ce în ce mai sofisticate, capabilă să asigure realizarea unor cerințe de supraveghere superioare.

Importanța acestui sistem a fost reliefată de către generalul american Henry H. Arnold, care a afirmat că „prima dintre necesitățile puterii aeriene în perspectiva securității naționale este preeminența în cercetare”³, evidențiind influența acestuia asupra modului de desfășurare, în viitor, a acțiunilor militare în spațiul aerian.

În acest context, importanța radarului pasiv crește simțitor, fiind revigorată cercetările, menite să contribuie la îmbunătățirea caracteristicilor de detecție a mijloacelor aeriene și de furnizare a unor informații precise și complete despre acestea.

Radarul pasiv reprezintă o variantă a radarului bistatic și folosește emițătoarele existente în posibilitățile de cercetare ale acestuia, de diferite tipuri și întrebunări, cu rol de *iluminatori de oportunitate*. Categoriile de iluminatori de oportunitate utilizați de radarele pasive sunt: iluminatori de oportunitate cooperanți, aparținând forțelor proprii sau unor actori statali sau nonstatali prieteni ori aliați, și iluminatori de oportunitate necooperanți, aparținând unor actori statali sau nonstatali neutri ori ostili⁴.

Iluminatorii de oportunitate utilizați de radarele pasive pentru detecția mijloacelor aeriene sunt⁵:

- emițători de semnal analogic și digital de televiziune;
- emițători de semnal analogic și digital ale posturilor radio;
- emițători de semnal aparținând rețelei de telefonie celulară;
- alte surse de emisie care pot fi utilizați ca iluminatori de oportunitate (sistemul de poziționare



globală GPS, GLONASS, GALILEO; surse satelitare de comunicații; televiziune; emițători din compunerea diverselor sisteme radar etc.).

Radarele pasive care utilizează iluminatori de oportunitate cooperanți pot fi utilizate în misiuni de supraveghere aeriană, de determinare a distanțelor, de supraveghere aeriană pe distanțe scurte, de detectare a mijloacelor de atac la sol, precum și în activități științifice pentru efectuarea de măsurători în domeniul studiilor planetare și al studiului ionosferei.

În cazul utilizării de către radarele pasive a unor iluminatori necooperanți, acestea pot fi utilizate în supravegherea aeriană, în monitorizarea amenințărilor aeriene, în supravegherea pe distanțe mici, precum și în misiunile de avertizare timpurie.

Sfârșitul secolului al XX-lea a marcat o creștere a interesului puterilor militare, relevant pentru identificarea unor soluții viabile de detecție pasivă a mijloacelor aeriene, care au avut, ca finalitate, realizarea și dezvoltarea unor radare pasive cu posibilități de detecție și de urmărire a mijloacelor aeriene la distanțe din ce în ce mai mari.

În acest sens, prezint câteva radare pasive construite în ultimele decenii, astfel⁶:

- Kolchuga – sistem pasiv de detecție, dezvoltat în Ucraina;
- Kopáč – un radar pasiv din prima generație, produs în Cehia;
- Ramona – un radar pasiv din a doua generație, produs în Cehia;
- Tamara – reprezintă un radar pasiv din a treia generație, produs în Cehia, cu posibilități de detecție superioare radarelor pasive anterioare;
- Vera – reprezintă un radar pasiv din ultima generație de radare pasive, realizate în Cehia, cu posibilități de detecție și de urmărire a 200 de ținte simultan;
- DWL002 (China Electronics Technology Corp. – CETC, China) – reprezintă un radar pasiv, realizat de China, dezvoltat din radarul ceh Tamara;
- Silent Sentry – reprezintă un radar pasiv, produs de Lockheed-Martin, care utilizează, ca iluminatori de oportunitate, emisiile posturilor de radio FM;
- CELLDAR – reprezintă un radar pasiv, produs de BAE Systems, care utilizează, ca iluminatori de oportunitate, stațiile de bază GSM;

- Manastash Ridge Radar;
- Aulos – reprezintă un radar pasiv, produs de Selex ES.

Potențialul ridicat de dezvoltare și de întrebuințare a radarului pasiv a contribuit la creșterea numărului actorilor care dețin sau construiesc, în ultimii ani, aceste sisteme de supraveghere. Printre radarele pasive dezvoltate în ultimii ani, amintim:

- Thales Air Systems Homeland Alerter – radar pasiv, bazat pe emisiile posturilor de televiziune și de radio FM⁷;
- Cassidian multiband cu radar pasiv⁸;
- Alim – sistem radar pasiv, produs de Iran⁹.

Radarul pasiv prezintă posibilități de monitorizare pentru o bandă largă de frecvențe și dispune de distanțe de detecție mult mai mari față de radarul activ, pentru aceeași înălțime de evoluție a țintei aeriene și condiții de dispunere.

Întrebuințarea radarului pasiv prezintă următoarele avantaje:

- localizarea cu dificultate a locației de către adversar, din cauza lipsei semnalului de emisie;
- distanță de detecție a mijloacelor aeriene superioară distanței de descoperire a radarului activ;
- realizarea supravegherii transfrontaliere, pe distanțe foarte lungi, fără a fi detectată prezența acestuia;
- rezistență ridicată la acțiunile de război electronic ale adversarului, datorită, în special, dificultății de localizare a acestuia;
- costuri de achiziție și de exploatare reduse.

Printre dezavantajele utilizării radarului pasiv, amintesc:

- rețeaua de radare pasive va presupune o geometrie mai complicată de realizare, determinată de aspectele particulare privind detecția și determinarea coordonatelor mijloacelor aeriene;
- insuficienta utilizare a acestuia în acțiuni militare face dificilă estimarea impactului acestor sisteme asupra desfășurării operațiilor aeriene.

Pentru valorificarea potențialului deținut de radarul pasiv, este necesar să se realizeze o rețea de radare pasive care să permită supravegherea zonei de interes, complementară rețelei de radare cu emisie activă, astfel concepută încât să asigure obținerea informațiilor despre mijloacele aeriene care evoluează în afara posibilităților de detecție a radarelor active. Radarele pasive pot fi dispuse



în zone dificile, unde dispunerea și exploatarea radarelor active se realizează cu dificultate, din cauza dimensiunilor reduse și principiilor de funcționare diferite, care nu implică prezența în permanență a unui echipaj. Supravegherea zonelor dificile și lipsa problemelor generate de asigurarea compatibilității electromagnetice contribuie la realizarea unei supravegheri continue a zonei de interes, cu costuri mult mai reduse, comparativ cu cele generate de o rețea de supraveghere constituită din radare active.

Realizarea unei rețele de senzori pasivi, corespunzătoare unei zone de interes, va avea în vedere, în opinia mea, următoarele aspecte:

- existența, în zona de supraveghere, a iluminatorilor de oportunitate exploatați de radarul pasiv, astfel încât să fi posibilă detecția mijloacelor aeriene;
- realizarea unei densități optime a radarelor pasive, pentru obținerea unei zone continue de supraveghere a spațiului aerian;
- dispunerea acestor senzori pe înălțimi dominante.

În opinia mea, radarul pasiv constituie o sursă complementară de date, capabil să asigure detecția mijloacelor aeriene ale adversarului la distanțe mult mai mari decât distanțele de descoperire ale radarului activ. Numărul ridicat de producători care investesc în dezvoltarea și în construcția radarelor pasive și interesul manifestat de armatele statelor puternice, la nivel global, de a dezvolta sau de a achiziționa aceste sisteme evidențiază importanța acordată acestora și posibilitatea ca, într-un viitor apropiat, să reprezinte un element de neînlocuit al oricărui sistem de supraveghere aeriană eficient, capabil să asigure, cu o probabilitate ridicată, detecția unei game variate de mijloace aeriene.

În concluzie, putem afirma că radarul pasiv va deține un rol important în cunoașterea reală a situației aeriene corespunzătoare zonei de interes, constituindu-se, în viitorul apropiat, într-un element permanent al sistemului de supraveghere aeriană.

Includerea radarelor pasive în cadrul sistemului de supraveghere aeriană și dispunerea acestora sub forma unei rețele de senzori vor contribui la îmbunătățirea posibilităților de detecție a mijloacelor aeriene ale adversarului.

În acest sens, informațiile furnizate de sistemul de supraveghere aeriană vor dispune de un nivel calitativ superior care vor contribui la creșterea

eficienței proceselor decizionale, a acțiunilor desfășurate în mediul aerian, precum și a gradului de adaptare a forțelor aeriene la cerințele mediului operațional.

NOTE:

1 Eugen Teodorescu, Visarion Neagoe, Ioan Munteanu, *Supravegherea aeriană – de la mitolocație la radiolocație*, Editura Sylvi, București, 2001, p. 67.

2 Nicholas Willis, Hugh Griffiths, *Klein Heidelberg – a WW2 bistatic radar system that was decades ahead of its time*, Technical report, p. 17, <http://www.cdvandt.org/index.htm>, accesat la 14.11.2018.

3 Charles M. Westenhoff, *Military Air Power – The CADRE Digest of Air Power Opinions and Thoughts*, Air University Press, Maxwell Air Force Base, Alabama, october 1990, p. 50, citat Henry H. Arnold, https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-1/0/B_0036_WESTENHOFF_CADRE_DIGEST_AIRPOWER.PDF, accesat la 14.11.2018.

4 Merrill Skolnik, Nicholas J Willis, *Radar handbook*, Editura McGraw-Hill Companies, New York, 2008, p. 23.1.

5 Nicholas Willis, Hugh Griffiths, *Advances in Bistatic Radar*, SciTech Publishing, Inc Raleigh, NC, 2007, pp. 105-113.

6 Konstantinos Zikidis, Alexios Skondras, Charisios Tokas, *Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies*, Journal of Computations & Modelling, vol. 4, no. 1, Scienpress Ltd, 2014, pp. 149-152.

7 <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/homeland-alerter-100>, accesat la 15.11.2018.

8 Alexander Schroeder, Michael Edrich, *Cassidian multiband mobile passive radar system*, 12th International Radar Symposium, Leipzig, Germany, septembrie 2011, publicat în IEEE Xplore, în octombrie 2011, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6042130/metrics#metrics>, accesat la 15.11.2018.

9 https://en.wikipedia.org/wiki/Alim_radar_system, accesat la 15.11.2018.

BIBLIOGRAFIE

Schroeder Alexander, Edrich Michael, *Cassidian multiband mobile passive radar system*, 12th International Radar Symposium, Leipzig, Germany, septembrie 2011, publicat în IEEE Xplore, octombrie 2011.

Skolnik J. Merrill, Willis Nicholas, *Radar handbook*, Editura McGraw-Hill Companies, New York, 2008.

Teodorescu E., Neagoe V., Munteanu I., *Supravegherea aeriană – de la mitolocație la radiolocație*, Editura Sylvi, București, 2001.

Westenhoff M. Charles, *Military Air Power – The CADRE Digest of Air Power Opinions and Thoughts*, Air University Press,



Maxwell Air Force Base, Alabama, october 1990, citat Henry H. Arnold, https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-1/0/B_0036_WESTENHOFF_CADRE_DIGEST_AIRPOWER.PDF

Willis Nicholas, Griffiths Hugh, *Advances in Bistatic Radar*, SciTech Publishing, Inc Raleigh, NC, 2007.

Willis Nicholas, Griffiths Hugh, *Klein Heidelberg – a WW2 bistatic radar system that was*

decades ahead of its time, Technical report, <http://www.cdvandt.org/index.htm>

Zikidis Konstantinos, Skondras Alexios, Tokas Charisios, *Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies*, Journal of Computations & Modelling, vol. 4, no. 1, Scienpress Ltd, 2014.

<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/homeland-alerter-100>

https://en.wikipedia.org/wiki/Alim_radar_system