



# ASPECTE ALE ÎNTREBUINȚĂRII SENZORILOR RADAR ACTIVI ÎN MISIUNI DE SUPRAVEGHERE

## ASPECTS REGARDING THE USE OF ACTIVE SENSORS IN SURVEILLANCE MISSIONS

### VUE SUR L'UTILISATION DES CAPTEURS ACTIFS DANS LES MISSIONS DE SURVEILLANCE

Col. instr.avs.dr. Pătru PÎRJOL\*

Conflictele militare recente au reliefat importanța cunoașterii câmpului de luptă pentru menținerea inițiativei forțelor proprii, pe timpul ducerii acțiunilor de luptă. Senzorii activi, dispuși pe platforme spațiale sau aeriene, asigură supravegherea suprafeței terestre și furnizează informațiile necesare realizării unei imagini reale a zonelor supravegheate. Informațiile obținute de senzorii activi constituie suportul necesar desfășurării proceselor decizionale și acțiunilor de luptă de către toate categoriile de forțe, pentru neutralizarea adversarului.

Utilizarea în scop civil a senzorilor activi asigură înțelegerea proceselor și fenomenelor naturale care se produc pe planeta noastră, determinarea impactului acestora asupra societății omenești, identificarea și monitorizarea schimbărilor naturale sau a celor produse de om asupra mediului natural, precum și monitorizarea impactului activității umane asupra mediului.

*Recent military conflicts have highlighted the importance of understanding the battlefield in order to maintain the initiative of organic forces while conducting combat operations. Active sensors placed on space and airborne platforms ensure ground surveillance and provide information for drafting the real images of the areas under surveillance. Information from active sensors represents the support for the decision-making processes and combat actions for all forces so that the enemy will be neutralized.*

*Active sensors are used by civilian actors to understand the processes and the natural phenomena on our planet, to determine their impact on human society, to identify and monitor the natural and manmade changes on the environment as well as to monitor the impact of human activity on the environment.*

*Les conflits militaires récents ont mis en évidence l'importance des connaissances sur le champ de bataille afin de soutenir l'initiative de ses propres forces lors de la conduite des opérations militaires. Les capteurs actifs, disposés sur des plates-formes spatiales ou aériennes, assurent la surveillance de la surface terrestre et les informations nécessaires pour obtenir une image réelle des zones surveillées. Les informations obtenues par les capteurs actifs constituent le support nécessaire pour le déroulement des processus de décision et pour le déploiement des actions de combat par toutes les catégories de forces, en vue de neutraliser l'adversaire.*

*L'utilisation civile de capteurs actifs assure la compréhension des processus et des phénomènes naturels qui se produisent sur notre planète, la détermination de leur impact sur la société, l'identification et le contrôle des changements naturels ou anthropiques sur l'environnement naturel, ainsi que de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement.*

**Cuvinte-cheie:** supraveghere aeriană; radar; senzori activi; radar cu apertură sintetică; radar cu apertură sintetică inversă; amenințări aeriene; sistem de supraveghere aeriană.

**Keywords:** air surveillance; radar; active sensors; syntetic aperture radar; inverse syntetic aperture radar; air threats; air surveillance systems.

**Mots-clés:** surveillance aérienne; radar; capteurs actifs; radar à synthèse d'ouverture; radar d'ouverture synthétique inverse; menaces aériennes; système de surveillance aérienne.

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

În anul 1904, Biroul Federal de Invenții și Inovații al Germaniei a emis Brevetul nr. 165.546/1904 inginerului Christian Hülsmeier, din Düsseldorf, pentru metoda practică, demonstrată public, în anul 1904, în localitatea Köln, de detecție a obiectelor metalice aflate la distanță cu ajutorul undelor electrice (electromagnetice). Brevetul emis nu a produs efecte imediat, în primul rând, din cauza lipsei suportului tehnologic pentru dezvoltarea unui echipament de detecție a corpurilor metalice de la distanță, iar în al doilea rând, deoarece importanța acestuia și rolul pe care urma să-l joace în dezvoltarea și modernizarea societății umane nu au fost intuite de elita intelectuală a începutului de secol XX<sup>1</sup>.

Primul Război Mondial a marcat debutul confruntărilor în mediul aerian, confirmând avionul ca mijloc principal de luptă pentru câștigarea controlului asupra spațiului aerian din teatrul de operații. Înfăptuirea acestui deziderat a presupus realizarea unor inovații de natură tehnică, care au transformat avionul într-un mijloc de luptă eficient, capabil să distrugă elementele dispozitivului de luptă al adversarului, în adâncimea acestuia. Mai mult, posibilitatea din ce în ce mai ridicată de a pătrunde, fără a fi detectat, în adâncimea teritoriului adversarului și de a ataca obiective economice relevante pentru potențialul militar al acestuia a avut ca efect identificarea unor soluții de natură tehnică și organizatorică, menite să asigure descoperirea mijloacelor aeriene, astfel încât distanța de descoperire a acestora să asigure timpul necesar pentru apărarea obiectivului vizat.

Supportul tehnologic corespunzător perioadei respective nu a permis construirea radarului. Tehnica de luptă utilizată pentru detecția aparatelor de zbor consta din mijloace pasive de supraveghere, optice și acustice, care au constituit singurele mijloace capabile să furnizeze informațiile necesare pentru conducerea și desfășurarea acțiunilor de apărare împotriva atacului aerian. Concomitent cu realizările de natură tehnică, menționate mai sus, au fost întreprinse măsuri concrete pentru constituirea unor structuri specializate care să asigure cadrul organizatoric necesar desfășurării activităților de descoperire și identificare a mijloacelor aeriene, denumite structuri de *pândă și alarmă aeriană*. În esență, sistemele de supraveghere aeriană organizate de către statele aflate în conflict au fost realizate după concepții asemănătoare, care

presupuneau concentrarea efortului spre zona de desfășurare a operațiilor, iar în adâncimea teritoriului, supravegherea aeriană se realiza pe direcțiile probabile de atac ale adversarului aerian, cu scopul de a apăra obiective importante pentru efortul de război. Impactul realizării sistemului de supraveghere aeriană a fost imediat demonstrat de creșterea numărului de aparate de zbor pierdute de statele beligerante, comparativ cu perioada anterioară înființării lui<sup>2</sup>.

Perioada interbelică este caracterizată de evoluții calitative în domeniul științific și tehnologic, care au permis dezvoltarea unor emițătoare suficient de puternice pentru a asigura detecția corpurilor metalice la distanțe mari cu ajutorul undelor electromagnetice. Aceste realizări tehnologice au permis construirea radarului și realizarea de către statele deținătoare a unor sisteme de supraveghere aeriană care să asigure posibilități de detecție adecvate mijloacelor de atac aerian deținute de adversar.

Al Doilea Război Mondial a confirmat importanța radarului în cadrul apărării aeriene, reliefând rolul acestui mijloc de supraveghere a spațiului aerian în furnizarea datelor necesare desfășurării acțiunilor în mediul aerian. Supravegherea continuă a spațiului aerian a permis descoperirea și identificarea oportună a amenințărilor existente de către ambii adversari, în funcție de modul în care au decurs ostilitățile, asigurându-le combatanților timpul necesar identificării unei opțiuni de răspuns care să asigure combaterea adversarului aerian.

Sfârșitul celui de-al Doilea Război Mondial a marcat declanșarea unei competiții acerbe între cele două puteri militare, SUA și URSS, pentru realizarea unor sisteme de supraveghere aeriană care să corespundă, din punctul de vedere al posibilităților de detecție, evoluției calitative înregistrate de aviație. În același timp, sistemele de supraveghere aeriană au fost gândite ca principal element al unui sistem mult mai complex, destinat să contracareze noua amenințare din mediul aerian, reprezentată de rachetele balistice și de croazieră, fiind concepute ca principală sursă de informații pentru îndeplinirea acestui scop. Diversificarea amenințărilor provenite din spațiul aerian a avut ca efect intensificarea cercetărilor științifice pentru identificarea și dezvoltarea unor tehnologii noi de construcție a radarelor, care să asigure posibilități de detecție superioare radarelor existente, precum



și pentru identificarea unor principii și metode științifice noi de detecție a amenințărilor în mediul aerian, terestru și maritim. Un produs al acestor cercetări îl constituie teledetecția, care constituie „un complex de tehnici utilizate pentru prelucrarea de la distanță a unor date cu privire la obiecte sau fenomene”<sup>3</sup>, existente pe Pământ sau în spațiul cosmic. Teledetecția, ca metodă de detecție, poate fi pasivă sau activă.

Teledetecția pasivă utilizează o gamă variată de senzori pasivi, destinați captării, analizării și prelucrării undelor electromagnetice, generate de surse naturale sau artificiale, care sunt recepționate direct sau care sunt reflectate de obiectele dispuse pe suprafața terestră, și contribuie, în urma prelucrării datelor, la realizarea unor imagini ale acestora.

Teledetecția activă utilizează echipamente specializate, destinate detecției obiectelor și fenomenelor cu ajutorul undelor electromagnetice, generate artificial. Aceste unde electromagnetice sunt reflectate de către corpurile și fenomenele detectate, datele obținute și imaginile create cu ajutorul acestora având la bază aplicații ale fizicii și metode diferite de cele ale teledetecției pasive. Echipamentele specializate utilizate în teledetecția activă sunt radarul și lidarul. Indiferent de echipamentele utilizate pentru generarea artificială a undelor electromagnetice, datele obținute sunt prelucrate și analizate din punct de vedere calitativ și cantitativ, obținându-se o imagine fidelă a obiectelor sau fenomenelor supravegheate.

Supravegherea prin teledetecție se realizează cu senzori pasivi sau activi, dispuși pe platforme spațiale, aeriene, terestre sau maritime, informațiile obținute contribuind la realizarea unei imagini reale a obiectelor sau fenomenelor studiate, care asigură identificarea rapidă a acestora. În acest sens, obținerea unei reprezentări obiective, clare a elementelor existente într-o zonă de interes presupune dispunerea senzorilor la o anumită altitudine față de obiectivele vizate, un rol important revenind, în consecință, platformelor spațiale și aeriene, care pot asigura îndeplinirea acestei cerințe.

Războiul Rece, declanșat, după cel de-al Doilea Război Mondial, între cele două blocuri militare, cursa înarmărilor, începută între cele două puteri mondiale ale momentului respectiv, SUA și URSS, dezvoltarea accelerată a capacităților nucleare și a vectorilor purtători (rachete balistice, rachete

de croazieră, avioane) au contribuit la creșterea preocupărilor acestor state pentru realizarea unor sisteme spațiale de supraveghere. Aceste preocupări au fost materializate prin programe de cercetare și dezvoltare a unor platforme spațiale (sateliți, nave spațiale, stații spațiale etc.) care să fie folosite pentru misiuni de supraveghere și de avertizare timpurie. Posibilitatea întrebunțării senzorilor de teledetecție dispuși la bordul platformelor spațiale în scopuri civile, pentru detectarea fenomenelor, calamităților sau catastrofelor naturale ori rezultate din activitatea umană, monitorizarea acestora și determinarea impactului acestora asupra populației din arealul de producere au contribuit la accelerarea ritmului de dezvoltare a programelor spațiale. Printre platformele care au cunoscut o dezvoltare rapidă, se numără sateliții, la bordul cărora au fost dispuși senzorii de supraveghere. Programele relevante de dezvoltare a sateliților sunt: *programul Landsat* (dezvoltat de SUA), *programul IRS* (dezvoltat de India), *programul SPOT* (dezvoltat de Franța), *programul ERS* (program european), *programul COSMOS* (dezvoltat de fosta URSS, continuat de Federația Rusă).

O altă categorie de platforme care asigură, la fel ca și cele spațiale, supravegherea unor suprafețe mari, fără influențe din partea reliefului existent, sunt cele aeriene. Platformele aeriene utilizate în acest scop sunt: avioanele, elicopterele, aerostatele și dronele.

Senzorii dispuși pe platforme aeriene sau spațiale au parametri tehnici asemănători, diferențele existente fiind reprezentate de adaptările constructive, impuse de mediul în care acestea vor funcționa, respectiv mediul aerian și spațiul cosmic. Senzorii de supraveghere dispuși la bordul acestor platforme vor utiliza teledetecția activă și pasivă pentru obținerea de date despre obiectele și fenomenele existente pe suprafața terestră. În cadrul acestui demers, voi prezenta caracteristicile și importanța senzorilor cu posibilități de teledetecție activă, evidențiind importanța informațiilor furnizate de acești senzori pentru realizarea unei imagini reale a zonei de interes.

Conflictele desfășurate în ultimele decenii au evidențiat rolul forțelor aeriene în desfășurarea acțiunilor militare și în atingerea scopului final al războiului. Îndeplinirea misiunilor încredințate de către forțele aeriene este caracterizată de acțiunea sinergică a mai multor structuri militare, care au

avut un impact major asupra fizionomiei acțiunilor militare desfășurate pe câmpul de luptă. Concluziile desprinse din analiza acestor conflicte au convins puterile militare ale acestui secol asupra necesității de dezvoltare și implementare a unor tehnologii care să asigure obținerea superiorității forțelor aeriene asupra unui potențial adversar. În acest sens, forțele aeriene vor fi dotate cu sisteme de armament cu potențial distructiv ridicat, cu impact puternic asupra desfășurării acțiunilor armate violente<sup>4</sup>.

Aceste conflicte au relevat importanța rețelelor de senzori pentru descoperirea oportună a amenințărilor și furnizarea informațiilor necesare neutralizării lor. Evoluția științifică și tehnologică a creat cadrul optim pentru realizarea unei arhitecturi sofisticate a acestor rețele, capabilă să îndeplinească cerințe de supraveghere superioare, adaptate realităților câmpului de luptă modern. În cazul forțelor aeriene, complexitatea câmpului de luptă a impus integrarea senzorilor într-un sistem unic, capabil să realizeze supravegherea permanentă a spațiului aerian. Importanța acestui sistem este evidențiată de calitatea de furnizor de informații privind amenințările detectate în spațiul aerian. Influența acestuia asupra desfășurării acțiunilor militare în viitor contribuie la identificarea lui ca factor determinant în realizarea puterii aeriene a unui stat. Rolul acestui sistem de senzori a fost sesizat de generalul american Henry H. Arnold, care sublinia că „prima dintre necesitățile puterii aeriene în perspectiva securității naționale este preeminența în cercetare”<sup>5</sup>.

Evoluțiile tehnologice înregistrate de mijloacele de atac aerian ale adversarului vor impune, ca o necesitate, adaptarea sistemului de supraveghere aeriană noilor realități ale mediului operațional. Îmbunătățirea posibilităților sistemului de supraveghere aeriană presupune o dinamică structurală, a cărei finalitate va urmări diminuarea impactului generat de saltul calitativ, înregistrat de mijloacele de atac aerian ale adversarului. În același timp, se depun eforturi susținute de cercetare și dezvoltare a unor sisteme de senzori cu parametri tehnici superiori care să permită detectarea, urmărirea și identificarea oportună a mijloacelor aeriene ale adversarului. În cadrul acestor senzori, un loc aparte revine radarului ca principal mijloc de supraveghere a spațiului aerian.

Datele furnizate de acest sistem sunt transmise spre centrele de prelucrare, unde, în urma procesului de analiză și interpretare, vor constitui imaginea reală a spațiului aerian din zona de interes. Posibilitățile de supraveghere sunt dependente de caracteristicile tehnico-tactice ale radarelor și de elemente independente de aspectele de natură tehnologică, cum ar fi caracteristicile reliefului din zona de amplasare a radarului, dispunerea față de zona de supraveghere și tipul de platformă la bordul căreia este dispus. Radarul a constituit, din momentul apariției sale, mijlocul tehnic cu care statele lumii au construit sisteme de supraveghere și de avertizare timpurie, capabile să detecteze amenințările la adresa securității naționale, existente în spațiul aerian.

Dezvoltarea științei și tehnologiei a contribuit la realizarea unui salt calitativ în domeniul construcției radarelor. Diversitatea acestor mijloace de detecție a permis întrebuițarea în foarte multe domenii, militare și civile, greu de anticipat chiar de către savanții și inginerii care au construit și au dezvoltat aceste sisteme. Gama diversificată de aplicații civile ale radarului a contribuit la întrebuițarea acestuia în teledetecție. Radarul utilizat în aplicații civile, respectiv teledetecție, folosește lungimi de undă corespunzătoare microundelor, deoarece se propagă foarte bine în atmosferă, indiferent de condițiile existente. În acest domeniu, radarul este întrebuițat, cu preponderență, pentru obținerea de imagini ale terenului, ca urmare a reflectării undelor electromagnetice de către corpurile existente pe suprafața terestră, rezultatele obținute fiind utilizate la elaborarea de hărți, planuri sau imagini ale zonei supravegheate.

În cadrul acestui demers, voi detalia senzorii activi utilizați în teledetecție și voi prezenta importanța științifică și militară a acestora. Senzorii activi pot fi grupați în următoarele categorii: radare cu apertură reală (radare cu vedere laterală, scatterometre, altimetre, radare meteorologice) și radare cu apertură sintetică<sup>6</sup>. Dintre senzorii activi utilizați în teledetecție, voi detalia, în cele ce urmează, radarul cu vedere laterală și radarul cu apertură sintetică.

Radarul cu vedere laterală, SLAR<sup>7</sup>, este un senzor activ, dispus pe platforme aeriene. Aeronava are dispusă, sub fuselaj, o antenă fixă, lungă și subțire, care emite un fascicul de unde electromagnetice lateral față de direcția de zbor,





scanând suprafața terestră prin deplasarea liniară a aeronavei purtătoare.

Primele radare destinate supravegherii suprafeței terestre scanau suprafața terestră prin rotirea antenei, rezoluția imaginilor obținute fiind slabă, din cauza limitărilor impuse pentru construcția antenelor. Apariția SLAR a contribuit la eliminarea limitărilor menționate, obținându-se imagini ale suprafeței terestre cu rezoluții mult mai fine. Evoluția tehnologică a permis, până la mijlocul deceniului șapte al secolului trecut, construcția unor SLAR care funcționau cu frecvențe de 35 GHz, demonstrând, prin calitatea imaginilor furnizate, potențialul acestui senzor, ca instrument de observare a Pământului<sup>8</sup>.

Utilizarea radarelor pe platforme spațiale s-a realizat, la început, cu scopul de a permite andocarea navelor spațiale în siguranță la stațiile și laboratoarele spațiale. Ulterior, radarele au fost folosite în misiuni științifice (studierea satelitului Titan, a planetei Venus, observarea suprafeței Pământului etc.), dar și în scopuri militare, ca furnizor de imagini de înaltă rezoluție.

SLAR realizează o caracteristică de directivitate îngustă în plan orizontal și largă în plan vertical, care creează imaginea prin deplasarea aeronavei, durata de iluminare a suprafeței terestre fiind dependentă de viteza platformei aeriene, de distanța dintre radar și obiectivul iluminat și de lățimea diagramei în plan orizontal.

Imaginile furnizate de SLAR sunt obținute prin emiterea unui impuls de energie electromagnetică spre suprafața terestră, care este iluminată sub un unghi oblic, permițând vizualizarea clară a obiectelor sau a diverselor structuri ori forme geologice terestre, comparativ cu imaginile obținute prin fotografiile aeriene convenționale sau în imaginile obținute cu ajutorul senzorilor de pe sateliți. Înregistrarea datelor furnizate de SLAR s-a realizat diferit de-a lungul timpului, în funcție de posibilitățile tehnologice, existente la momentul respectiv. Inițial, datele erau înregistrate pe film cu ajutorul unor tuburi catodice, ulterior, odată cu evoluția mijloacelor digitale, înregistrarea se realizează digital, datele fiind stocate după ce sunt transformate în date digitale cu ajutorul unui convertor analog – digital.

Rezoluția SLAR este dependentă de lungimea impulsului emis și de lățimea diagramei de directivitate a radarului. Lungimea impulsului

determină rezoluția spațială a SLAR (capacitatea de a separa pixelii imaginii, obținuți pe direcție perpendiculară pe direcția de zbor) în direcția de propagare a acestuia. Capacitatea de detectare a obiectelor dispuse la sol este influențată de durata impulsului și de valoarea unghiului de incidență, obținerea unor imagini cu o rezoluție foarte bună fiind condiționată de generarea unor impulsuri cu durată mică. Rezoluția în azimut este determinată de lățimea diagramei de directivitate în plan orizontal, de înălțimea la care evoluează platforma aeriană, precum și de dimensiunile fizice ale antenei. Obținerea unei rezoluții azimutale foarte bune presupune construcția unei antene de dimensiuni mari, fiind necesară realizarea unui compromis între dimensiunile antenei și înălțimea de evoluție a platformei aeriene, astfel încât să se obțină imagini detaliate ale suprafețelor terestre iluminate de radar. Dimensiunile mari ale antenelor nu permit utilizarea acestora la bordul platformelor spațiale, din cauza costurilor ridicate ale lansării acestora în spațiu, fiind preferate, în acest caz, radarele cu apertură sintetică, la care obținerea unei rezoluții în azimut foarte bună presupune existența unei antene de dimensiuni mici.

Senzorii activi care utilizează microundele pentru detecție, realizând iluminarea zonei de interes cu diafragme cu apertură sintetică, se împart în<sup>9</sup>:

- radare cu apertură sintetică (SAR<sup>10</sup>);
- radare cu apertură sintetică inversă (ISAR<sup>11</sup>);
- radare cu apertură sintetică interferometric (InSAR<sup>12</sup>).

Radarul cu apertură sintetică reprezintă un tip de SLAR, constituind o dezvoltare tehnologică a acestuia, care este destinat să genereze hărți sau imagini ale zonelor din suprafața terestră, iluminată de fasciculul electromagnetic, emis de acesta. Apertura sintetică îmbunătățește rezoluția în azimut a radarului, raportat la SLAR această rezoluție ar corespunde unei dimensiuni mari a antenei.

Introducerea conceptului de radar cu apertură sintetică, în 1951, de către Carl Wiley, în cadrul Goodyear Company din SUA, a constituit un progres semnificativ în tehnologia radar. În Europa, primele studii au fost realizate în Franța, în anul 1960, iar primul zbor experimental a avut loc în anul 1964<sup>13</sup>.

Utilizarea în spațiul cosmic a SAR a debutat în anul 1978, când, la 26 iulie, NASA a lansat satelitul SEASAT, care avea dispus la bord un SAR în bandă L.

Primul SAR sovietic, în bandă S, a fost dispus pe satelitul KOSMOS 1870, la data de 25 iulie 1987, iar în anul 1991, la 16 iulie, a fost plasat pe orbită primul satelit european de teledetecție, ERS-1, care avea dispus la bord un SAR în bandă C<sup>14</sup>.

SAR reprezintă un sistem radar coerent, dispus pe platforme aeriene sau spațiale, care folosește zborul platformei pe care este dispus pentru a simula o antenă de dimensiuni mari în vederea obținerii unor imagini de înaltă rezoluție. Din cele prezentate, deducem avantajul oferit de SAR prin furnizarea unor imagini de înaltă rezoluție, dar și dependența acestuia de traiectoria platformei, respectiv obligativitatea menținerii unei traiectorii rectilinii și a unei viteze de evoluție constantă pe întreaga perioadă a supravegherii.

Plasarea unui SAR la bordul unei platforme spațiale și operarea acestuia pe orbită presupun cheltuieli foarte mari. Beneficiile oferite de un SAR dispus pe o platformă spațială, calitatea foarte bună a imaginilor oferite justifică pe deplin aceste costuri. SAR prezintă următoarele avantaje față de alte categorii de senzori dispuși pe platforme spațiale, și anume:

- posibilități de supraveghere și detecție în orice condiții climatice;
- posibilități de supraveghere și detecție pe timp de noapte;
- posibilități de detecție a unor fenomene care nu pot fi detectate de alte categorii de senzori;
- acoperire globală, repetată, conform parametrilor de zbor ai platformelor spațiale;
- posibilități de supraveghere pe termen lung a zonelor de interes<sup>15</sup>.

Progresele înregistrate în ultimele decenii de către tehnologia de construcție a SAR, atât în ceea ce privește electronica radarului, cât și partea de prelucrare digitală a datelor au contribuit la creșterea performanțelor acestor sisteme de supraveghere. Potențialul ridicat de care dispune SAR a contribuit la utilizarea acestuia în numeroase misiuni de teledetecție, militare sau civile, asigurând colectarea de date de înaltă rezoluție în areale sau în medii dificil de observat cu ajutorul altor senzori. Un exemplu în acest sens sunt satelitul german TerraSAR<sup>16</sup> și satelitul italian COSMO-SkyMed Second Generation<sup>17</sup>, care au dispuse la bord SAR cu rezoluții de minim 0,25 m și, respectiv, de 0,8 m, în funcție de dimensiunile suprafeței supravegheate.

Dintre misiunile de supraveghere cu caracter civil la care este întrebuițat SAR, menționăm oceanografie, hidrografie, vulcanologie, schimbări climatice, seismologie, agricultură și silvicultură, urbanism etc.

Radarul cu apertură sintetică inversă reprezintă o versiune a SAR care detectează țintele existente în zona de interes, fără a fi necesară deplasarea radarului, acesta având o poziție fixă, apertura sintetică a radarului fiind creată de mișcarea țintei. ISAR prezintă avantajul că menține permanent sub observație o anumită zonă de interes, fiind utilizat, din punct de vedere operațional, pentru detecția de nave, aeronave și obiecte spațiale<sup>18</sup>.

ISAR poate fi folosit pentru completarea datelor de imagine furnizate de alți senzori, cum ar fi senzorii pasivi optici sau sistemele active bazate pe detecția cu ajutorul laserului, în situația unor condiții meteo nefavorabile, de natură să influențeze posibilitățile de detecție a acestora.

ISAR sunt folosite frecvent la bordul aeronavelor destinate să execute misiuni de patrulare maritimă, oferind imagini radar de calitate superioară care să le permită să detecteze nave maritime, aeronave militare sau civile, rachete, în condițiile în care alte radare furnizează doar date despre aceste obiecte, fără a permite identificarea lor.

În misiuni spațiale, ISAR este utilizat pentru furnizarea unor imagini despre asteroizii existenți în sistemul solar, oferind comunității științifice informații prețioase despre forma și traiectoria acestora.

Radarul cu apertură sintetică interferometrică a fost dezvoltat de Jet Propulsion Laboratory, pentru a detecta curenții oceanici sau țintele aflate în mișcare. Dezvoltările ulterioare ale radarului au permis determinarea înălțimii, fiind utilizat pentru măsurarea cu precizie a diverselor forme de relief. Radarul cu apertură sintetică interferometrică dispune de două antene care recepționează impulsurile electromagnetice reflectate, pe care le combină pentru a detecta modificările care apar, cu o precizie foarte mare. Interferometria radar măsoară diferențele de fază dintre două ecouri radar asociate aceluiași pixel de imagine, dar măsurate prin două sisteme diferite, de-a lungul unor direcții diferite, prin intermediul celor două antene aflate la bordul platformei care execută misiunea de supraveghere. Cu alte cuvinte, interferometria SAR se bazează pe combinația a două imagini SAR



ale aceleiași scene sau ținte surprinse din puncte ușor diferite, obținându-se o nouă imagine, numită interferogramă.

Disponerea antenelor pe platforma purtătoare se realizează în funcție de misiunile pe care acestea urmează să le îndeplinească. Astfel, pentru detecția și analiza țintelor aflate în mișcare, antenele InSAR se dispun, pe platforma purtătoare, în plan orizontal, de-a lungul unei linii paralele cu solul, astfel încât semnalul ecou primit de la o țintă aflată în mișcare să fie diferit de semnalul ecou corespunzător primit de la o țintă fixă. Disponerea antenelor în plan vertical pe platforma purtătoare asigură recepționarea semnalelor ecou reflectate de o țintă, InSAR fiind utilizat, în această configurație, pentru determinarea înălțimii terenului din zona iluminată. În practică, întâlnim două variante constructive ale radarului InSAR, respectiv cu două antene dispuse pe aceeași platformă sau cu o singură antenă.

InSAR cu o singură antenă la bordul platformei purtătoare este caracterizat de o configurație simplă, dar realizarea imaginii prin interferometrie presupune survolarea de două ori a zonei destinate supravegherii. Obținerea unei imagini precise a scenei presupune cunoașterea cu foarte mare precizie a poziției antenei, pentru a putea suprapune imaginile scenei obținute în urma celor două survoluri. Din cele prezentate, rezultă că o problemă majoră a acestui tip de InSAR o reprezintă viteza vântului, care poate modifica traiectoria platformei (în cazul dispunerii pe platforme aeriene) și, implicit, scena supravegheată cu ajutorul radarului<sup>19</sup>.

InSAR cu două antene dispuse la bordul platformei purtătoare prezintă o configurație mai costisitoare, fiind compus din două antene, două canale receptoare și două seturi de convertoare analog-digitale. Realizarea imaginii scenei prin interferometrie se realizează simplu, la o singură trecere, deoarece cele două imagini care urmează să fie suprapuse sunt obținute prin colectarea simultană a datelor, oferind posibilitatea prelucrării în timp real a acestora<sup>20</sup>.

InSAR are multiple aplicații civile sau militare, deoarece informațiile furnizate permit obținerea unor imagini precise a zonelor supravegheate. Dintre aplicațiile civile, menționăm utilizarea acestui tip de radar, la început, în domeniul spațial la cartografierea planetelor din apropierea Pământului, ulterior această activitate extinzându-se și asupra planetei noastre. Datele furnizate, în

cazul supravegherii Pământului, sunt utilizate pentru a detecta mișcările solului datorate cutremurelor, în studiul vulcanilor prin determinarea deformării scoarței terestre, asociată cu erupțiile vulcanice, modificările distribuției adâncimii magmei, monitorizarea caracteristicilor peisajului, monitorizarea modificărilor structurii glaciare, a modificărilor în dinamica gheții, monitorizarea autostrăzilor, a căilor feroviare, monitorizarea elementelor specifice dezvoltării urbanistice etc. În domeniul militar, un rol deosebit îl prezintă realizarea de hărți topografice cu precizie ridicată, detecția obiectivelor de importanță militară din teritoriul adversarului, localizarea cu precizie a țintelor etc.

Din punct de vedere militar, SAR, indiferent de varianta constructivă a acestuia, reprezintă o sursă de date de o calitate incontestabilă, care, în urma prelucrării, constituie suportul informațional necesar realizării unor hărți detaliate și cu o precizie ridicată a zonelor de interes, inclusiv a celor urbane, detecției și determinării categoriei și caracteristicilor mijloacelor de luptă, precum și identificării în timp util a acțiunilor pe care adversarul intenționează să le execute.

Cunoașterea realității operaționale existente pe câmpul de luptă constituie cheia dominării acestuia. Obținerea unor imagini detaliate și precise va contribui la creșterea gradului de adaptabilitate la realitățile câmpului de luptă. Cunoașterea de către comandant a locației adversarului, a forțelor și a sistemelor de armament de care acesta dispune îi va conferi un avantaj tactic excelent, transpus într-o planificare detaliată a acțiunilor și în creșterea eficienței actului de comandă și a acțiunilor forțelor proprii. Potențialul SAR de a obține date cu precizie foarte mare asigură realizarea unei imagini operaționale reale, precise, care contribuie la obținerea supremației informaționale asupra adversarului. În acest sens, va crește gradul de adaptabilitate a forțelor proprii la situațiile existente și la cerințele câmpului de luptă<sup>21</sup>, impunând adversarului propriul mod de luptă și, prin acțiunile desfășurate, menținând inițiativa pe timpul desfășurării conflictului. Mai mult, dezvoltarea tehnologiilor informației și comunicațiilor a realizat o legătură puternică între informație și acțiune. În acest sens, asigurarea suportului informațional pentru toate structurile existente pe câmpul de luptă va determina coordonarea acțiunilor desfășurate împotriva adversarului.



Amenințările provenite din mediul aerian au fost un pericol permanent la adresa securității statelor, constituind un factor catalizator pentru marile puteri de a concepe și de a realiza un sistem de supraveghere complex, capabil să descopere o amenințare în orice zonă de pe glob. SAR constituie un senzor, apărut ceva mai recent, care reprezintă un element important în cadrul sistemelor de supraveghere, fiind capabil să furnizeze datele necesare realizării imaginii corespunzătoare zonelor de interes, care să contribuie la combaterea sau neutralizarea amenințărilor. În acest sens, supravegherea în și din spațiul aerian cu ajutorul unei game variate de senzori, dispuși la bordul platformelor aeriene, va constitui o misiune permanentă care va asigura detectarea și identificarea elementelor existente pe suprafața terestră sau maritimă, precum și a mijloacelor aeriene care evoluează la înălțimi mici. Datele furnizate vor permite obținerea, în timp real, a imaginii zonei de interes, realizând, astfel, în timp scurt, suportul informațional necesar desfășurării procesului decizional și actului de comandă la nivelul structurilor militare.

În concluzie, putem afirma că senzorii activi dispuși pe platforme aeriene sau spațiale reprezintă instrumente utile pentru supravegherea suprafeței terestre. Capacitatea acestor senzori de a determina cu precizie modificările apărute la nivelul scoarței terestre și de a identifica semnele precursore producerii unui fenomen natural cu impact asupra activității umane, în arealul în care se produc, constituie motivul principal care a contribuit la utilizarea acestora, pe scară largă, în misiuni de supraveghere. Datele furnizate contribuie atât la înțelegerea fenomenelor naturale, a modificărilor care se produc în mediul înconjurător, ca urmare a activității umane, cât și la monitorizarea și determinarea impactului activității omului asupra mediului și identificarea unor modalități și a unor direcții de dezvoltare durabilă, eficientă, cu impact redus asupra acestuia. În ceea ce privește mediul militar, acești senzori vor asigura o cunoaștere reală a câmpului de luptă, oferind comandanților informații relevante pentru luarea deciziei, lovirea obiectivelor adversarului la momentul oportun, deținerea și păstrarea superiorității informaționale asupra acestuia și, nu în ultimul rând, dominarea câmpului de luptă prin obținerea și menținerea inițiativei decizionale și acționale, pe timpul ducerii acțiunilor de luptă.

**NOTE:**

1 Eugen Teodorescu, Visarion Neagoe, Ioan Munteanu, *Supravegherea aeriană – de la mitolocație la radiolocație*, Editura Sylvi, București, 2001, p. 26.

2 Eugen Teodorescu, Visarion Neagoe, Ioan Munteanu, *op.cit.*, pp. 32-43.

3 \*\*\* *Dictionarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, București, 1998, p. 1080.

4 Constantin Moștofle, Gheorghe Văduva, *Tendințe în lupta armată*, Editura Universității Naționale de Apărare „Carol I”, București, 2004, p. 4.

5 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, [https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-1/0/B\\_0036\\_WESTENHOFF\\_CADRE\\_DIGEST\\_AIRPOWER.PDF](https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-1/0/B_0036_WESTENHOFF_CADRE_DIGEST_AIRPOWER.PDF), accesat la 14.06.2018.

6 Fawwaz T. Ulaby, David G. Long, *Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing*, The University of Michigan Press, 2014, p. 3.

7 *Side-looking airborne radar*.

8 Fawwaz T. Ulaby, David G. Long, *op.cit.*, p. 5.

9 Fawwaz T. Ulaby, David G. Long, *op.cit.*, p. 4.

10 *Synthetic aperture radar*.

11 *Inverse synthetic-aperture radar*.

12 *Interferometric synthetic-aperture radar*.

13 Philippe Lacomme, Jean-Philippe Hardange, Jean-Claude Marchais, Eric Normant, *Air and Spaceborne Radar Systems: An Introduction*, William Andrew Publishing, New York, 2001, p. 233.

14 Philippe Lacomme, Jean-Philippe Hardange, Jean-Claude Marchais, Eric Normant, *op.cit.*, pp. 251-253.

15 William L. Melvin, James A. Scheer, *Principles of Modern Radar*, vol. III: *Radar Applications*, SciTech Publishing, New Jersey, 2014, p. 431.

16 <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/terrasar-x-radar-satellite/>, accesat la 27.05.2020.

17 <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cosmo-skymed-second-generation>, accesat la 27.05.2020.

18 Donald R. Wehner, *High-Resolution Radar*, second Edition, Artech House, Boston, 1995, p. 341.

19 Merryl Skolnik, *Radar Handbook*, Third Edition, The McGraw-Hill Companies, New York, 2008, p. 17.30.

20 *Ibidem*.

21 Dan Ghica-Radu, „Tipologia misiunilor în condițiile noului mediu operațional la începutul secolului XXI”, sesiunea anuală cu participare internațională a CSSAS, *Politici și strategii în gestionarea conflictualității*, Universitatea Națională de Apărare „Carol I”, București, 2008, p. 39.

**BIBLIOGRAFIE**

\*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic, ediția a II-a, București, 1998.

Ghica-Radu Dan, „Tipologia misiunilor în condițiile noului mediu operațional la începutul





secolului XXI”, sesiunea anuală cu participare internațională a CSSAS, *Politici și strategii în gestionarea conflictualității*, Universitatea Națională de Apărare „Carol I”, București, 2008.

Lacomme Philippe, Hardange Jean-Philippe, Marchais Jean-Claude, Normant Eric, *Air and Spaceborne Radar Systems: An Introduction*, William Andrew Publishing, New York, 2001.

Melvin L. William, Scheer A. James, *Principles of Modern Radar*, vol. III: *Radar Applications*, SciTech Publishing, New Jersey, 2014.

Moștofleu Constantin, Văduva Gheorghe, *Tendințe în lupta armată*, Editura Universității Naționale de Apărare „Carol I”, București, 2004.

Skolnik Merryll, *Radar Handbook*, Third Edition, The McGraw-Hill Companies, New York, 2008.

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

Ulaby T. Fawwaz, Long G. David, *Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing*, The University of Michigan Press, 2014.

Wehner R. Donald, *High-Resolution Radar*, second Edition, Artech House, Boston, 1995.

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, [https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-/0/B\\_0036\\_WESTENHOFF\\_CADRE\\_DIGEST\\_AIRPOWER.PDF](https://media.defense.gov/2017/Apr/06/2001728008/-1/-/0/B_0036_WESTENHOFF_CADRE_DIGEST_AIRPOWER.PDF)

<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/terrasar-x-radar-satellite/>

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cosmo-skymed-second-generation>

<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-aerial-photography-side-lookin-g-airborne-radar-slar-mosaics>

<https://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-006/html/slar.htm>

<http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/slar>

<http://www2.rosa.ro/index.php/ro/cercetare/proiecte-nationale/100-pncdi2-c1/85-ro-sar>

<https://www.ro-ceo.ro/ro/observarea-pamantului>

[https://es.qwe.wiki/wiki/Interferometric\\_synthetic-aperture\\_radar](https://es.qwe.wiki/wiki/Interferometric_synthetic-aperture_radar)