



ACADEMIA ROMÂNĂ
Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii
– Divizia de Istoria Științei –

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

Vol. XVIII/2025

MEGA

STUDII ȘI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XVIII / 2025

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS

– publicație fondată de acad. Gleb Drăgan –

REDACȚIA:

Director: Acad. Dumitru MURARIU

Redactor-șef: Acad. Mihail-Viorel BĂDESCU

Redactor-șef adjunct: Dr. Tiberiu TĂNASE

Secretar de redacție: C.Ș. Mirela-Adriana ANGHELACHE

Colegiul de redacție: Viorela-Valentina DIMA, Edith-Mihaela DOBRESCU, Emilian M. DOBRESCU, Dan GÎJU, Emil HEDEȘIU, Marian MOȘNEAGU, Alba-Iulia-Catrinel POPESCU, Nicolae ROTAR, Narcis ZĂRNESCU.

Responsabilitatea asupra conținutului materialelor revine autorilor

Adresa redacției:

Calea Victoriei, nr. 125, camera 31, sectorul 1 București, cod 010071

Adresa web: <http://www.studii.crifst.ro>

Administrator pagină web: Nicolae Sfetcu

ACADEMIA ROMÂNĂ
Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii
– Divizia de Istoria Științei –

STUDII ȘI COMUNICĂRI / DIS

Vol. XVIII / 2025

MEGA
Cluj-Napoca, 2025

Revista este inclusă în baza de date internațională CEEOL



Revista este inclusă în baza de date internațională ICI
Journals Master List și are ICV 2024: 39,17

© Autorii, 2025

Responsabilitatea conținutului, interpretărilor și părerilor
exprimate în paginile revistei revine exclusiv autorilor.

ISSN 1844 – 9220
ISSN-L 1844 – 9220

Editura MEGA
Cluj-Napoca
e-mail: mega@edituramega.ro
www.edituramega.ro

CUPRINS

ANIVERSĂRI

George M. CROITORU

130 de ani de la nașterea profesorului Dimitrie A. Stan, un real exemplu de
distincție și profesionalism13

Magda STAVINSCHI

Victor Anestin – un Flammarion al românilor.....25

STUDII SI COMUNICĂRI

Andreea Florina RADU

Evoluția paradigmelor științifice și impactul lor tehnologic: de la Newton la
inteligenta artificială.....51

George M. CROITORU

Aspecte istorice și tehnice privind perioada de început a introducerii
betonului precomprimat în România.....75

Ioan Gheorghe RAȚIU, Elena HELEREA

O privire istorică, științifică și tehnică asupra dezvoltării radiolocației și
radarului în România.....91

Lucian Ștefan COZMA, Daniela Georgiana GOLEA

Studiu asupra întrebuințării armamentelor de foc de către armata moșilor
în perioada 1848–1849.....121

EVOCĂRI

Filofteia REPEZ

Activitatea profesorului Dragomir Hurmuzescu reflectată în ziarele vremii.....145

Licuța T. CRISTEA, George M. CROITORU

Un document inedit din activitatea primului laborator de chimie din cadrul
Școlii naționale de poduri și șosele din București, elaborat de Alfons
Oscar Saligny.....159

PERSONALITĂȚI

Dumitru CURCĂ

De la apicultorul Florin R. Begnescu (1880–1949) la bunicul său, preotul
ardelean Nicolae Gh. Begnescu (1824–1873).....179

Niculina MERCEANU

Mari gânditori români. Dimitrie Gusti, creatorul sociologiei românești..... 223

Mirela-Adriana ANGHELACHE

Ștefan Hepites, deschizător de drum în seismologie și geomagnetism.....233

VARIA

Alin M. OLĂRESCU

Limbajul tehnico-administrativ al textelor vechi: Studiu de caz moșia
Stroești – Argeș la 525 de ani de la prima atestare documentară scrisă.....247

Costel CIOANCĂ

Considerații despre imaginarul tehnic prezent în basmul fantastic românesc....273

SEMNAL EDITORIAL, RECENZII

George M. CROITORU

Nicolae Șt. Noica: Istoria clădirii Operei Române din București.....291

Florin Cristian GHEORGHE

Valentin-Stelian Bădescu: O istorie alternativă a Botenilor Muscelului 299

CONTENTS

ANNIVERSARIES

George M. CROITORU 130 years since the birth of professor Dimitrie A. Stan, a genuine example of distinction and professionalism	13
Magda STAVINSCHI Victor Anestin – A Flammarion of Romanians.....	25

STUDIES AND COMMUNICATIONS

Andreea Florina RADU The evolution of scientific paradigms and their technological impact: From Newton to Artificial Intelligence.....	51
George M. CROITORU Historical and technical aspects regarding the beginning period of the introduction of prestressed concrete in Romania.....	75
Ioan Gheorghe RAȚIU, Elena HELEREA A historical, scientific, and technical perspective on the development of radiolocation and radar in Romania.....	91
Lucian Ștefan COZMA, Daniela Georgiana GOLEA Study on the use of firearms by the Wallachian army during the period 1848-1849.....	121

RECOLLECTIONS

Filofteia REPEZ The activity of professor Dragomir Hurmuzescu reflected in the newspapers of the time.....	145
--	-----

Licuța T. CRISTEA, George M. CROITORU

A new document from the activity of the first chemistry laboratory of the
National School of bridges and Roads in Bucharest, written by Alfons
Oscar Saligny.....159

PERSONALITĂȚI

Dumitru CURCĂ

From beekeeper Florin R. Begnescu (1880–1949) to his grandfather, the
Transylvanian priest Nicolae Gh. Begnescu (1824–1873).....179

Niculina MERCEANU

Great Romanian thinkers. Dimitrie Gusti, the creator of Romanian sociology....223

Mirela-Adriana ANGHELACHE

Ștefan Hepites, trailblazer in seismology and geomagnetism..... 233

VARIA

Alin M. OLĂRESCU

The technical and administrative language of old texts: A case study of the
Stroești–Argeș estate, 525 years after its first written documentary
attestation.....247

Costel CIOANCĂ

Considerations on the technical imagery present in Romanian fantastic
fairytales.....273

EDITORIAL SIGNAL, REVIEWS

George M. CROITORU

Nicolae Șt. Noica: History of the Romanian Opera building from Bucharest291

Florin Cristian GHEORGHE

Valentin-Stelian Bădescu: An alternative history of the
Botenilor Muscelului299

STUDII ȘI COMUNICĂRI/DIS – PUBLICAȚIE FONDATĂ DE ACAD. GLEB DRĂGAN –

CONSILIUL ȘTIINȚIFIC

Acad. Dorel BANABIC, președinte al Secției de Științe Tehnice a Academiei Române.

Acad. Gheorghe BENGĂ, membru al Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii al Academiei Române.

Alexandru Ș. BOLOGA, dr. în biologie, președinte al Filialei CRIFST – Constanța.

Șerban DRAGOMIRESCU, prof., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Ștefan IANCU, prof. univ. dr. ing., membru fondator/titular al Academiei Oamenilor de Știință din România, consilier de proprietate industrială, membru al Diviziei de Istoria Tehnicii a CRIFST al Academiei Române.

Gheorghe MOHAN, dr. în biologie, prof. univ. la Universitatea de Vest „Vasile Goldiș” din Arad, membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Gheorghe MUSTĂȚĂ, prof. univ. dr., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Alba-Iulia-Catrinel POPESCU, conf. univ. dr., vicepreședinte al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Magdalena STAVINSCHI, dr., membru al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Mihail ZAHARIADE, prof. univ. dr., cercetător științific I la Institutul Național de Arheologie „Vasile Pârvan” al Academiei Române.

O PRIVIRE ISTORICĂ, ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ ASUPRA DEZVOLTĂRII RADIOLOCAȚIEI ȘI RADARULUI ÎN ROMÂNIA

Ioan Gheorghe RAȚIU¹⁰, Elena HELEREA¹¹

ratiu2014@gmail.com, helerea@unitbv.ro

ABSTRACT: The history of Romanian radiolocation, a stand-alone weapon in the Romanian Army, has officially lasted for over seven decades, while the history of Romanian radar is only 45 years old. Compared to the history of other weapons, their history is relatively young. However, the achievements are significant, which requires and justifies a retrospective, historical, scientific and technical approach to the development of radiolocation and radar in Romania. The paper addresses the conditions under which airspace surveillance began in Romania in 1913 for the purpose of anti-aircraft defense in order to organize airspace research against air strikes on military and civilian targets. In close connection with the progress of scientific knowledge, the important moments in the development of radiolocation as a scientific and technical methodology and the introduction of radar as a technical system are systematized. Then, the beginnings of radar in Romania are presented, and there are synthesized the achievements in the field of Romanian radar, starting from the 1970s, and current aspects regarding the surveillance of Romanian airspace. The analysis carried out on the publications elaborated during this period highlights the pioneering activity of military personnel, of personalities from research units and education units regarding the introduction of radar and the design and construction of increasingly high-performance Romanian radars.

KEYWORDS: history, radiolocation, aerial surveillance, radar, Romania.

¹⁰ Conferențiar universitar, doctor în Automatică, specialist militar în Radiolocație, membru titular al Filialei Brașov a Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii (CRIFST) al Academiei Române.

¹¹ Profesor universitar, doctor în Inginerie electrică, Universitatea Transilvania din Brașov, președinte al Filialei Brașov a Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii (CRIFST) al Academiei Române.

1. *Introducere*

Tehnologia radiolocației și sistemele radar au devenit în prezent elemente de bază al digitalizării moderne. Dezvoltate inițial pentru aplicații militare, radiolocația și radarul au evoluat spre tehnologii de detecție versatile și omniprezente, integrate în diverse domenii, de la vehicule autonome și controlul traficului aerian, până la răspunsul la dezastre, infrastructură inteligentă și sisteme eficiente de apărare.

O retrospectivă asupra istoriei radiolocației și radarului este utilă pentru a sublinia punctele nodale ale dezvoltării acestor inovații și dezvoltări tehnologice, într-o perioadă în care semnale de noi conflicte geopolitice se intensifică.

Pentru România, o astfel de abordare este cu atât mai utilă, acum când se împlinesc 70 de ani de la înființarea Trupelor Radiotehnice, ulterior cu denumirea de Trupe de Radiolocație (25 iulie 1955) și 112 ani de existență a supravegherii aeriene a spațiului românesc (iunie 1913).

Documentele [1], [2] consemnează că în România supravegherea spațiului aerian în folosul apărării antiaeriene a început în anul 1913, când Comandamentul Cetății București a demarat organizarea cercetării spațiului aerian împotriva loviturilor din aer a obiectivelor militare și civile, precum și a populației, cu ajutorul Observatorilor aerieni. Acest moment a constituit începutul Supravegherii Aeriene a României.

Ulterior, evoluția istorică a Supravegherii Aeriene a fost una sinuoasă. De la Cercetarea Aeriană s-a ajuns la Pânda Aeriană, apoi la O.I.L.A. (Observare, Informare și Legături Aeriene), Radiolocație, Trupe Radiotehnice, Trupe de Radiolocație și, în prezent din nou, Supraveghere Aeriană.

În data de 15 august 1916, cu două săptămâni înainte de intrarea României în Marele Război Mondial, în baza Înaltului Decret Regal nr. 1660 din 22.06.1915 a luat ființă Corpul Observatorilor Aerieni din cadrul Serviciului de Apărare Contra Aeronavelor, subordonat Comandamentului Cetății București – prima structură specializată din armata română cu misiunea de supraveghere a spațiului aerian și informării autorităților asupra pericolului aerian. La aceeași dată, prin ordinul Marelui Cartier General s-a înființat și Corpul Apărării Antiaeriene în subordinea Comandamentului Cetății București. Până în anul 2007 aceasta a fost Ziua Artileriei și Rachetelor Sol-Aer.

Au urmat multiple transformări impuse de participarea României la

cele două mari conflagrații mondiale și de statutul de țară care s-a adaptat dinamicii situației geopolitice (țară neutră, pro-Antanta, pro-occidentală, pro-germană, anti-sovietică, anti-germană, pro-sovietică) [1], [3]. Ulterior, pe baza experienței de război și îndeosebi datorită evoluției aviației, structurile de supraveghere a spațiului aerian au evoluat în mod corespunzător. Timp de 42 de ani, până la 25 iulie 1955, supravegherea aeriană a evoluat permanent, a fost îmbunătățită, adaptată, modernizată și înzestrată cu mijloace tehnice (de ascultare, observare vizuală, radiolocație și transmisiuni) din ce în ce mai performante. Ziua Radiolocației se sărbătorește din 1955, pe 25 iulie, când prin ordinul M.Ap.N. nr. CL-0074 / 25.07.1955 au fost înființate Trupele Radiotehnice în cadrul Armatei Republicii Populare Române [4].

Radiolocația României este o componentă de bază a Forțelor Aeriene ale României care stă la baza sistemului unic de cercetare și supraveghere a spațiului aerian. Ulterior aceasta a devenit Arma Radiolocație în Armata Română [5], [6].

Radiolocația constă în activitatea de cercetare și supraveghere a spațiului aerian care utilizează tehnologia radar și alte tehnologii pentru a detecta, identifica și urmări aeronave și alte obiecte care evoluează în aer. Sistemul unic de supraveghere a spațiului aerian asigură securitatea națională și permite luarea hotărârilor oportune de contracarare a pericolului aerien prin acțiuni de luptă aer – aer și sol – aer. De-a lungul timpului, radiolocația a fost înzestrată cu sisteme tehnice din ce în ce mai complexe, ceea ce a permis trecerea de la radiolocația analogică la cea digitală, cu protecție la bruiaj din ce în ce mai eficientă și cu o compatibilitate funcțională cu sistemele aviației civile și militare și ale celorlalte mijloace de apărare antiaeriană tot mai înaltă. Cunoașterea evoluției tehnologice este necesară pentru construirea noilor generații de radare și depășirea limitelor actuale.

Obiectivul acestei lucrări este de a identifica și pune în evidență etapele de introducere și dezvoltare a radiolocației și radarului în România și de a sublinia aportul adus de oamenii de știință, ingineri, tehnicieni, universitari, în dezvoltarea radiolocației și radarului, în strădania lor de a depăși limitele actuale în ceea ce privește inovația tehnologică aplicată în domeniul apărării spațiului aerian al României. În elaborarea acestui studiu s-a făcut o amplă cercetare documentară, care include publicațiile din jurnale naționale și internaționale și monografii științifice care acoperă perioada 1900–2025.

2. Radiolocația și Radarul – Etimologie și scurtă cronologie

Înainte de a dezvolta subiectul despre istoria radiolocației românești este util să fie clarificată etimologia celor două noțiuni tehnice: *Radiolocație* și *Radar* [6], [7].

Conceptul de *Radiolocație* exprimă metoda tehnică (tehnologia) prin care se determină existența și poziția unui obiect în spațiu pe baza caracteristicilor undelor electromagnetice reflectate de la acesta.

Conceptul de *Radar* definește sistemul tehnic care emite unde electromagnetice și recepționează o parte din undele reflectate de obiectul – țintă, pe care le folosește pentru a determina, prin metoda tehnică a radiolocației, existența și poziția acestui obiect față de antena de emisie a radarului. Substantivul neutru *radar* este o abreviere a expresiei din limba engleză *RADio Detecting And Ranging* (*Detecție și Telemetrie Radioelectronică*) care subliniază cele două funcții de bază ale radarului: descoperirea și localizarea țintei cu ajutorul undelor electromagnetice. Principala funcție a radarului este determinarea distanței până la obiect / țintă, prin măsurarea timpului de întârziere între fasciculul de unde electromagnetice emise și cele reflectate. Radarele moderne pot extrage din semnalul reflectat și alte informații, în afară de distanță, precum: viteza de deplasare a obiectului, direcția / azimutul, unghiul de elevație / înălțare, dimensiunea, forma ș.a. Radiolocația ca metodologie științifico-tehnică și radarul ca sistem tehnic au o istorie complexă, interdependentă, strâns legată de progresul cunoașterii științifice dar și de evenimentele socio-economice și politice care au avut loc în ultimele două secole.

Radarul este o invenție tehnică ce încorporează deopotrivă teoria, cercetările și experimentările făcute de-a lungul a peste 150 de ani de către oameni de știință, ingineri și inventatori din diferite țări. O enumerare a principalelor momente din istoria radarului și radiolocației este făcută în continuare [2], [5], [6], [8–9].

1865 – Fizicianul englez James Clerk Maxwell (1831–1879) formulează teoria generală a radiației electromagnetice. Încă din 1863, Maxwell prezice că undele electromagnetice se pot propaga în spațiu cu viteza luminii.

1886 – Fizicianul german Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) este primul care aplică teoria matematică elaborată de Maxwell privind transmiterea și detectarea undelor electromagnetice. Printr-o serie de experimente demonstrează existența undelor electromagnetice, ceea ce a întărit prezicerea lui Maxwell, anume că lumina este o undă electromagnetică.

1904 – Inventatorul german Christian Hülsmeyer, înregistrează un patent pentru așa-numitul telemobiloscop. Sistemul consta dintr-un sistem emițător – receptor de unde electromagnetice destinat să detecteze obiecte metalice. Propus pentru evitarea coliziunilor navale pe baza calculului timpului parcurs de o undă electromagnetică până la o navă și înapoi, telemobiloscopul este primul experiment practic al radarului.

1921 – Albert Wallace Hull inventează tubul cu vid oscilator cu randament ridicat: magnetronul, care va fi mai târziu utilizat ca sursă în radarele moderne.

1930 – Lawrence A. Hyland de la Naval Research Laboratory localizează primul un avion.

1931 – Este echipat primul vapor cu un radar cu antene parabolice și radiatoare tip horn.

1936 – George F. Metcalf și William C. Hahn de la General Electric inventează tubul electronic tip clistron – componentă importantă în sistemele radar utilizat ca amplificator sau oscilator.

1939 – John Randall și Henry Boot de la Universitatea din Birmingham dezvoltă un radar cu microunde, de mici dimensiuni, dar de mare putere, pe care îl instalează pe un bombardier B-17.

1940 – Sunt dezvoltate noi sisteme radar în S.U.A., URSS, Germania, Franța și Japonia. Accelerate de dezvoltarea forțelor aeriene din timpul celui de-al Doilea Război Mondial, cercetările în domeniul radiolocației și radarului au condus la inovații tehnologice semnificative.

1950 – Este dezvoltat principiul radarului cu scanare laterală (SLAR – *Side Looking Airborne Radar*), care, instalat în aeronave, permite scanarea unei zone care nu se află direct sub aeronavă, ci la un unghi lateral.

1951 – Carl A. Wiley (S.U.A.) descoperă că rezoluția azimutală a unui sistem SLAR poate fi îmbunătățită semnificativ prin utilizarea efectului Doppler al semnalului ecou.

1952 – Este realizat primul radar funcțional cu deschidere sintetică (SAR – *Synthetic Aperture Radar*), care permite crearea de imagini bidimensionale sau reconstrucția tridimensională ale obiectului.

1956 – Telefunken realizează primul radar de trafic (VRG-1) pentru producția de serie.

1960 – Începe utilizarea comercială a imaginilor radar SLAR, înainte fiind clasificate ca secrete.

1972 – Primul sistem SAR instalat pe Apollo 17 ajunge pe orbita Lunii.

Apolo 17 este a unsprezecea navă spațială cu echipaj uman lansată de SUA și ultima din programul Apollo.

1978 – La data de 27 iunie 1978 este lansat de către NASA primul satelit orbital, *Seasat*, dotat cu primul sistem SAR prin satelit pentru uz civil, conceput și destinat pentru teledetecția oceanică cu scopul de a studia caracteristicile oceanului (vântul de suprafață, temperatura, nivelul mării și valurile) folosind diverși senzori, inclusiv primul radar cu apertură sintetică (SAR) spațial.

Radiolocația și radarele s-au dezvoltat concomitent, prin conceperea și realizarea de sisteme tehnice din ce în ce mai performante, capabile să producă impulsuri electromagnetice de foarte înaltă frecvență, de scurtă durată și mare putere. Prin utilizarea microundelor coerente de mare putere, a rețelilor de antene fazate, a compresiei impulsului, a procesării digitale a semnalelor, a computerelor, a inteligenței artificiale (IA) s-au îmbunătățit permanent performanțele radarelor, îndeosebi precizia și rezoluția în distanță, viteză, azimut și înălțime.

Ca urmare a intensei conexiuni între știință, tehnică și tehnologie și a multiplelor aplicații, s-au intensificat cercetările și aplicațiile în Radiotehnică – ramură a tehnicii care se ocupă cu aplicațiile oscilațiilor și undelor electromagnetice în scopul transmiterii și recepționării informațiilor. Radiotehnica s-a dezvoltat, adăugând noi subramuri: *Radiocomunicațiile* (radiodifuziunea, radiofonia, televiziunea, radiotelefonie, radiotelegrafie); *Radiolocația* (pentru detectarea și determinarea poziției unui obiect față de emițător, cu ajutorul undelor emise și vizualizarea undelor reflectate de către obiectul detectat); *Radioastronomia*; *Radionavigația*; *Radiogoniometria*; *Radiografia*; *Radiologia*; *Radioscopia*.

Astfel, radiolocația și radarul sunt astăzi utilizate într-o multitudine de aplicații militare și civile, în domenii și activități socio-umane în toate mediile de viață ale Terrei: subteran, terestru, acvatic și aerian dar și în spațiului cosmic.

3. Începuturile Radiolocației în România

Istoria radiolocației pe teritoriul României începe după instalarea Misiunii militare germane în România, în noiembrie 1940, la solicitarea Regelui Carol II adresată lui Hitler și concretizată după venirea la putere a Mareșalului Ion Antonescu.

Primele radare care au funcționat în cadrul Misiunii militare germane

începând cu anul 1941, au fost de tipul FREYA, destinate descoperirii aeronavelor și de tipul WÜRZBURG (Fig. 1), destinate dirijării aviației de vânătoare și a focului artileriei antiaeriene. Documentele istorice militare consemnează că în anul 1943 funcționau un număr de 52 de radare, dispuse pe două centuri de posturi de pândă aeriană prin radiolocație pe direcția operativă Sud-Est a României [2], [6], [10].

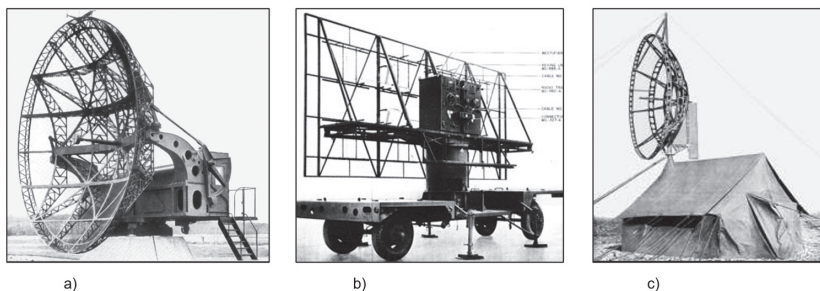


Fig. nr. 1 – Primele radare din Armata României: a) WÜRZBURG (german); b) SCR-527A (american); c) AN/TPS-3 (britanic), sursă: [2].

Radarul WÜRZBURG (Fig. 1.a) a fost dezvoltat de compania Telefunken din Germania la sfârșitul anilor 1930 și perfecționat în timpul celui De-al Doilea Război Mondial. Primul dispozitiv funcțional a fost prezentat în iulie 1939, iar primele unități din producția de serie au fost utilizate în 1940. În total au fost produse aproximativ 3000 – 4000 de radare din serii diferite de modele, care au fost folosite ca radare de dirijare pentru tunurile antiaeriene. Ultimul model, „Würzburg D” folosea scanaarea conică pentru dirijare. Modelul Würzburg-Riese (*FunkMeSSGerät 65, FuMG65*) a fost un radar dezvoltat în Germania în timpul celui de-al doilea război mondial. În Fig. 1.a este prezentată versiunea radarului Würzburg pentru instalarea în poziție permanentă, cu o antenă mare, cu diametrul reflectorului de 7,5 metri.

Radarul SCR-527 (Signal Corps Radio, Model 527) a fost un radar de interceptare mobil care opera în banda VHF, dezvoltat spre sfârșitul celui de-al Doilea Război Mondial. În Fig. 1.b este prezentată varianta care folosea antene separate pentru emisie și recepție, amplasate la o distanță de 60 m una de alta. Radarul mobil SCR-527A necesita pentru transport o coloană de 7 vehicule de tractare. Primele radare SCR-527 au fost livrate trupelor în primăvara anului 1943. Echipajul era format din 3 ture de câte 8 oameni.

Radarul AN/TPS-3 (SCR-602-T8) a fost un radar de avertizare timpurie care funcționa în banda de frecvență VHF sau UHF, în funcție de versiune. Dezvoltarea radarului a început în 1942, iar primele unități au fost copii ale unui radar din seria Chain Home Low (Fig. 1.c). Primele 20 de radare au fost denumite SCR-602-T1 și erau copii ale radarului britanic LW (*Long Wave*). Ulterior au fost construite încă zece versiuni, toate cu antene diferite și frecvențe de transmisie diferite, de la 212 MHz ale originalului britanic până la aproximativ 1 000 MHz. Cea mai reușită versiune a fost considerată SCR-602-T8 cu o triodă VT-158 special concepută ca emițător, care funcționa la aproximativ 600 MHz (lungimea de undă de 50 cm). Această versiune a fost denumită AN/TPS-3 în conformitate cu nomenclatura americană în vigoare atunci. Sistemul era format dintr-o consolă cu emițătorul și dispozitivele de vizualizare, antena și catargul acesteia. Dispozitivele de observare / vizualizare au fost un indicator tip A și un indicator de observare circulară. Antena acestei versiuni este un reflector parabolic simetric cu un diametru de aproximativ 3 m. Acesta a fost alimentat în punctul focal de un dipol polarizat orizontal. A existat, de asemenea, o versiune cu radiator care permitea alimentarea în antifază, ceea ce permitea comutarea antenei între semnalul sumă și semnalul diferență.

După război, radarele germane WÜRZBURG, confiscate ca pradă de război de sovietici, la care s-au adăugat radarele primite ca ajutoare de război de către sovietici – SCR-527A (american) și AN/TPS-3 (britanic) – reinscripționate și revopsite, au fost revândute Armatei Române.

Începând cu anul 1952, sistemul de supraveghere aeriană prin radiolocație a fost înzestrat cu radare de producție sovietică cu diferite game de lungimi de undă (metrice, decimetrice și centimetrice) și destinații (radiotelemetre – pentru determinarea azimutului și a distanței înclinate a aeronavelor și radioaltimetre – pentru determinarea înălțimii acestora) [11]-[13].

În structura apărării antiaeriene a teritoriului au existat și mijloace de identificare amic-inamic IFF (*Identification Friend or Foe*), precum și de contraacțiune radio și radiolocație (cercetare și bruiaj radioelectronic) sovietice, pentru misiuni de război electronic.

După anul 1973 au intrat în înzestrare completele de comandă – control (denumite C2) bazate pe informația radar, respectiv sistemul VOZDUH-1M, compus din subsistemele de fuziune și diseminare a datelor

radar VP-01, VP-02, VP-04, VP-15, subsistemul de dirijare instrumentală a aviației de vânătoare VP-11 și sistemul de comandă-control ASURK, destinat brigăzii de rachete antiaeriene. Ulterior au fost importate complete de automatizare poloneze pentru conducerea unităților de radiolocație și aviație. În Fig. 2 sunt prezentate imagini de ansamblu pentru radare analogice de proveniență sovietică.

Radarul P-37 (Fig. 2.a) este destinat pentru cercetarea spațiului aerian și pentru supraveghere aeriană. Radarul, produs în tehnologie cu tuburi electronice, asigură descoperirea și urmărirea mijloacelor aeriene de atac, precum și date bidimensionale despre acestea (azimut și distanță). Transmiterea datelor radar pentru dirijarea avioanelor proprii la interceptare și indicarea țintelor la sistemele de rachete sol-aer, se realizează în sistem clasic (prin voce). Radarul P-37 a intrat în dotarea Forțelor Aeriene ale României în anul 1975. Radarul P-37 (cu denumirea în limba rusă 1P/I139 «Меч» = „sabie“, denumire NATO: „Bar Lock“) poate fi utilizat pentru dirijarea aviației de vânătoare la interceptare și indicarea țintelor pentru rachetele antiaeriene. Radarul poate lucra conjugat cu radioaltimetrele PRV-11 și PRV-13 pentru a asigura și cea de-a treia coordonată, înălțimea. Radarul a intrat în exploatare în anul 1961.

Radarul P-14 (Fig. 2.b) este destinat pentru cercetarea și observarea spațiului aerian la distanțe și înălțimi mari. Este un radar de gamă metrică care folosește o tehnologie pe tuburi electronice. Radarul P-14 (cu denumirea în limba rusă 1P/I113 «Лена»; denumire NATO: „Tall King A“) a fost construit începând cu 1959. Antena parabolică are dimensiuni mari, 32 m x 11 m și emite în banda VHF. Antena poate fi folosită până la viteza vântului de 30 m/s. Datele tehnice ale radarului sunt similare cu cele ale radarului P-12, dar emițătorul era mai puternic ($P_i \geq 700$ kW). Distanța maximă de descoperire este de 600 km, dar rezoluția în distanță este diminuată din cauza rezoluției ecranului. Radarul P-14 are două antene principale: una este instalată în poziția de luptă ca antenă de lucru, iar cealaltă antenă este încărcată pe 36 de vehicule URAL-375D, pregătită pentru instalare. Timpul de instalare pentru antenă este de aproximativ 50 de ore. Ultimul radar a fost livrat în 1979. În total, au fost construite 731 de radare, dintre care doar 24 au fost exportate.

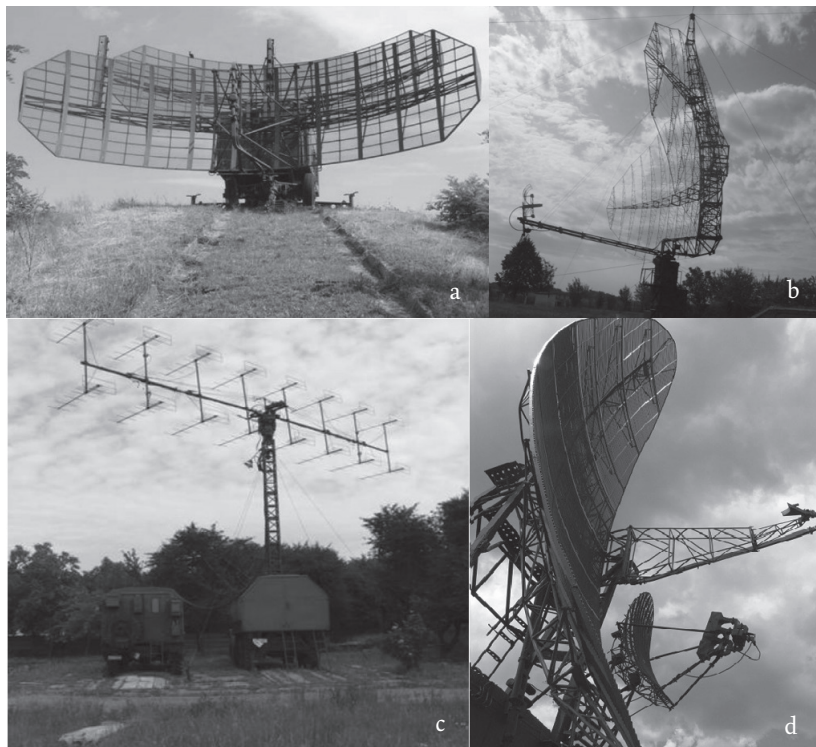


Fig. nr. 2 – Radare analogice: a) P-37; b) P-14; c) P-18; d) PRV-13, sursă: [2].

Radarul P-18 (Fig. 2.c) este destinat pentru supravegherea spațiului aerian la înălțimi mici și distanțe mici și a fost produs în tehnologie hibridă (tranzistoare și tuburi electronice). Radarul asigură cercetarea spațiului aerian, descoperirea și urmărirea mijloacelor aeriene și furnizează date bidimensionale despre acestea (azimut și distanță). Transmiterea datelor radar la utilizatori se realizează în sistem clasic (prin voce). Radarul poate fi folosit pentru dirijarea avioanelor de vânătoare proprii la interceptare și indicarea țintelor pentru sistemele de rachete sol-aer. Radarul P-18 (indicativul rusesc: 1P/I131 «Tepek», denumirea NATO „Spoon Rest D”) este un radar de avertizare timpurie de uz general care funcționează în banda VHF. Radarul a fost dezvoltat din radarul P-12, folosind conceptul de antenă, emițător și receptor al acestuia. Antena a fost suplimentată cu încă patru antene Yagi pentru a obține o diagrama de directivitate (radiație) a antenei

în plan orizontal, mai îngustă. Comutatorul de antenă (emisie / recepție) a fost schimbat deoarece distribuția de putere între cele două niveluri de antenă se realizează direct la antenă. Calea de recepție a primit un preamplificator cu zgomot redus, inițial un tub cu undă călătoare (TUC), ulterior un amplificator cu semiconductori. Radarul P-18 poate fi mutat (strâns și desfășurat) ușor, timpul de pregătire fiind de 45 de minute. Radarul este montat pe două camioane de teren tip Ural, fiecare cu o remorcă cu două axe. Radarul a fost utilizat în principal în țările din Europa de Est și în cele din lumea a treia pentru executarea tragerilor cu rachete. Este de asemenea utilizat pentru tragerile cu rachete mai mari, cuplat (în complex) cu un radioaltimetru, ca radar de urmărire a țintelor pentru complexul de rachete antiaeriane „Volhov” (SA-2 „Guideline”). Radarul P-18 a intrat în dotarea Forțelor Aeriene ale României în anul 1977.

Radioaltimetru PRV-13 (Fig. 2.d) este destinat determinării înălțimii la care evoluează mijloacele aeriene până la distanța de 85 km. Radioaltimetru PRV-13 (cu denumire rusă: 1РЛ130 «Надежность 2», denumire NATO: „Odd Pair”) poate fi comandat de la distanță. Antena de compensare este utilizată pentru suprimarea lobilor laterali. Acest radar a funcționat cu un magnetron pe frecvență fixă, un al doilea emițător fiind în așteptare pe una dintre cele patru frecvențe de rezervă, dar care nu au fost niciodată folosite fiind strict secrete. Din punct de vedere tehnologic PRV-13 este format din ansambluri echipate cu tuburi, combinat cu ansambluri parțial tranzistorizate și cu ansambluri cu circuite CMOS integrate. Generarea gradațiunilor unghiului de elevație (înălțare) se face cu un tub cu fascicul de electroni care este deviat analogic la unghiul de elevație și la distanță și care generează impulsurile necesare pentru ecran pe o grilă de sârmă din interiorul acestuia. Radioaltimetru a intrat în dotarea Forțelor Aeriene ale României în anul 1978.

România a intrat mai târziu în clubul select al constructorilor de radare. Socotit un apanaj al militarilor, datorită experienței lor în lucrul cu acest tip de echipamente, radarul românesc a fost conceput și dezvoltat, la început prin inițiative personale, ca modernizări ale echipamentelor sovietice din înzestrare, iar ulterior, ca urmare activității coordonate de către Ministerul Apărării Naționale, prin acțiuni de cercetare-proiectare, inginerie tehnologică, producție și mentenanță.

Un moment de cotitură a avut loc după invadarea Cehoslovaciei în August 1968 de către URSS și unele țări membre ale Pactului de la Varșovia,

cu excepția României, când politica de stat a României ia o nouă direcție, de stimulare a producției proprii de sisteme tehnice pentru apărarea terestră și aeriană. Se dovedeste astfel că dezvoltarea radarului românesc este nu doar o inovație tehnologică, ci și o inovație socială, culturală și politică.

Începând de atunci a fost promovată o nouă orientare pentru crearea de tehnică militară românească, cu forțe proprii, pentru a diminua treptat dependența față de furnizorii externi. Specialiștii români, inclusiv cei din domeniul radiolocației (tehnică radar, întrebuințare în luptă și exploatare) au răspuns cu promptitudine și succes acestei noi cerințe.

De-a lungul celor peste opt decenii de radiolocație în România (1941 – 2025) și șapte decenii de la înființarea oficială a Radiolocației în România, sub denumirea de *Trupele Radiotehnice* (1955 – 2025), radiolocatorii români, militari și civili, au acumulat o experiență bogată, s-a creat o bază de cunoștințe importantă care a constituit suportul primelor idei de modernizare și apoi de creație de tehnică radar românească [2], [6].

4. Realizări în domeniul Radarului românesc

Trebuie subliniat că în România domeniile radiolocației și radarului sunt aproape exclusiv de competența militară a Sistemului de Cercetare și Supraveghere din Forțele Aeriene ale României, cu o pondere relativ redusă, dar foarte importantă, la nivelul societății civile.

Începând cu anul 1974, în România s-au realizat multe modernizări la tehnica de radiolocație, au fost construite 16 radare românești și după licență străină, 7 sisteme de comandă-control bazate pe informația radar, pentru Forțele Aeriene, 5 echipamente pentru antrenamentul specialiștilor de radiolocație și 8 componente fizice specifice domeniului radar. În Tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile tehnico-tactice ale radarelor fabricate în România.

O prezentare cronologică a unora din realizările importante în domeniul radarului românesc este făcută în continuare [2], [5], [6], [14].

• În anul 1975 Comandamentul Trupelor Radiotehnice a emis pentru Institutul de Cercetare al Armatei teme de cercetare-proiectare pentru sistemele de automatizare a conducerii trupelor C-752 (nivel companie radiotehnică), C-751 (nivel batalion radiotehnic), în colaborare cu Comandamentul Aviației Militare, (C.Av.M.) teme de cercetare-proiectare pentru sistemele C-802 (nivel punct de dirijare aviație de vânătoare) și C-801 (nivel punct de comandă regiment de aviație de vânătoare);

- În anul 1982 s-au construit primele modele experimentale pentru sistemele C-802 și C-801, urmate de realizarea prototipurilor în 1986, apoi de fabricarea seriei zero, cu retehnologizare și finalizare de serie în prima parte a anilor 1990.

- În anul 1978 Comandamentul Trupele Radiotehnice a elaborat tema de cercetare-proiectare pentru primul radar românesc destinat descoperirii țintelor care evoluează la joasă înălțime.

- În anii 1980 – 1985, prin eforturile cercetătorilor români s-au realizat și s-au avizat două modele experimentale: radarul START-1, în anul 1980, în banda de frecvențe S (2 – 4 GHz), asimilat la Baza radar Pipera și în anul 1985, radarul RIH-IRIS, în banda de frecvențe X (8 – 12 GHz), asimilat la Institutul de Cercetări al Armatei.

- Perioada 1990–1993 corespunde cu etapa de certificare tehnică a radarului START-1 (Fig. 3.a) și trecerea la producția de serie, la Întreprinderea de Electronică Industrială (IEI) / SC ELPROF SA București. Au fost fabricate 12 exemplare care au fost introduse în înzestrarea Trupelor Radiotehnice și un Laborator școală destinat pregătirii elevilor și studenților din instituțiile militare de învățământ universitar.

- După anul 2000, la inițiativa Direcției de Înzestrare a Armatei au fost concepute prin cooperare internațională alte două modele de radare pentru joasă altitudine, ambele în banda S, fabricate și introduse în exploatare.

Primul a fost radarul START-1M (Fig. 3.b), prototip omologat în anul 2001, realizat printr-o colaborare între compania Marconi Radar Projects din Marea Britanie și IEI București, ulterior preluat de către Institutul de Cercetări al Armatei. Un exemplar din acest radar a funcționat 9 ani la Baia Dobrogei-Tulcea.

Al doilea a fost radarul Gap Filler TPS-79(R), fabricat într-un număr de 19 exemplare, realizate prin colaborare între compania Lockheed Martin din SUA și firma SC UTI GRUP SA, care au fost introduse în exploatare în perioada 2009 – 2012.

Radarul START-1M are o concepție total diferită de radarul START-1 (Fig. 3). Radarul START-1M este amplasat pe o semiremorcă (antena și generatorul) și un container standard. Catargul de tip grindă cu zăbrele și cu tronsoane demontabile al START-1 a fost înlocuit cu unul modern de tip telescopic, la fel și antena. La interior, blocurile de prelucrare a semnalului au fost realizate cu componente de corp solid (echipamente electronice care utilizează dispozitive semiconductoare), rezultând, prin

Tabel nr. 1 – Caracteristicile tehnico-tactice ale radarelor fabricate în România.

Denumire radar	Banda de frecvență	Puterea în impuls (P_i)	Durata impulsului (t_i)	Frecvența de repetiție (f_r)	Distanță de descoperire (D_{des})	Observații
Radarul de câmp tactic ME-74	X 9,5–9,7 GHz	1,2 kW	0,5 μ s	3 kHz	2,2 km, auto-turism Dacia; 1 km, persoane	ITCPA (1974), destinat Truvelor de Grăniceri
Radarul de câmp tactic RCT-77	Similar radarului ME-74	Similar radarului ME-74	Similar radarului ME-74	Similar radarului ME-74	Similar radarului ME-74	ITCPA (1977), ME-74 îmbunătățit tehnologic
Radarul de cercetare în câmp tactic RCT-5	X	5 kW	0,5 μ s	3 kHz	5 km, tanc; 2 km, persoane izolate	IEI (1988), destinat Truvelor de Grăniceri
Miniradarul portabil cu emisie continuă RIP-84	X	-	-	-	2 km, auto-turism Dacia; 1 km, persoane izolate	ITCPA (1984), destinat Truvelor de Grăniceri
Radarul de navigație fluvială și costieră RN-1	X	7 kW	0,5 μ s	-	40 km	IEI ș.a. (1988), destinat Marinei Militare și Truvelor de Grăniceri
Radarul de joasă altitudine RIH-IRIS	X	60 kW 2x60 kW 220 kW	0,95 μ s	1 kHz	130 km	ITCPA (1985)
Radarul de joasă altitudine START-1	S	-	-	-	< 300 km H < 4000 m	STA(ție) de R (adiolocație) T (transformată), Baza radar Pipera (1980)

Denumire radar	Banda de frecvență	Puterea în impuls (P_i)	Durata impulsului (t_i)	Frecvența de repetiție (f_r)	Distanță de descoperire (D_{des})	Observații
Radarul de joasă altitudine START-1M	S	160 kW	12,5 μ s	-	< 150 km H < 4000 m	START-1M (modernizată) ELPROF, ICDA (1996)
Radarul Gap Filler TPS-79 (R)	E (2,7-2,9 GHz)	11 kW	5/120 μ s	-	< 190 km H < 10000 m	Radar 3D UTL Systems, Lockheed Martin, SUA (2010)
Telemetrul Radar TR-30 pentru tunul antiaerian 2x30 mm cu aparat de conducere a tragerii ACT	X	5 kW	0,5 μ s	3 kHz	-	ICSITA (1986)
Radare pentru complexul radiotehnic de conducere a focului tunurilor antiaeriene	L și X	-	0,95 μ s	1 kHz	< 20 km, H < 3000 m Capacitate de separare: azimut (β) = 10° elevație (ϵ) = 20°	ICSITA (1986) Radar de descoperire, SR-30A Radar de însoțire, RI-30
Radarul tactic de distanță medie MR 3DR	-	-	-	-	-	ICSITA, Belgian Advanced Technology Systems (2014)

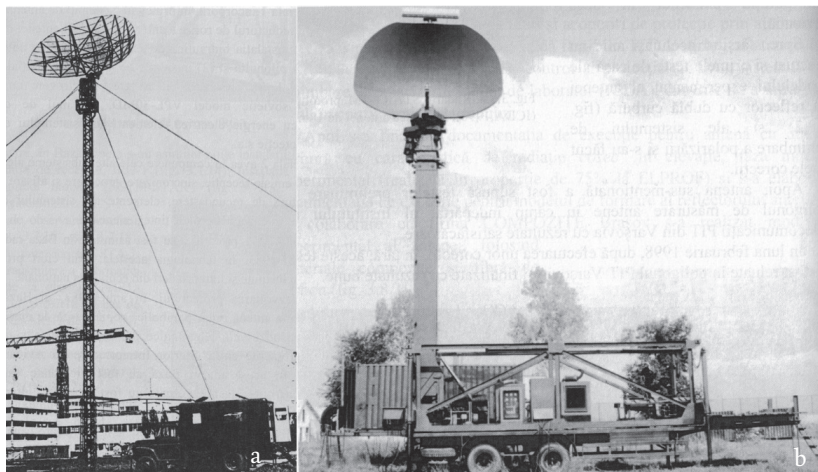


Fig. nr. 3 – Radare românești: a) START-1; b) START-1M, sursă: [2].

renunțarea la tuburile electronice, o creștere a fiabilității de la 1000 ore la o fiabilitate de 10000 ore. Radarul dispune de un extractor de date, funcționând în benzile E și F, având și opțiunea de salt de frecvență. Distanța de descoperire este de 150 km iar înălțimea maximă de descoperire este de 4000 m. A fost proiectat astfel încât să fie posibil și upgrade-ul. Capacitatea de explorare este de 500 de ținte și 100 de traiecte, având probabilitatea de descoperire de 0,8. Radarul este compatibil cu standardele NATO, atât privind partea de transmisie a datelor cât și partea de IFF.

În cadrul complexului de tragere cu tunuri antiaeriene „VIFORUL”, asimilat în perioada 1995 – 2004, în colaborare cu firma italo-elvețiană Oerlikon Contraves a fost realizată la Institutul de cercetări al Armatei, până la nivel de produs de serie și apoi la ROMARM SA (2001), modernizarea radarului de cercetare și punct de comandă model SHORAR-TCP cu două ansambluri noi: Consola Operații și Consola Informații, pentru asigurarea datelor radar pentru detecția țintei și combaterea acesteia.

5. Aspecte actuale privind Supravegherea spațiului aerian al României

O sinteză asupra aspectelor actuale privind etapele de modernizare a supravegherii spațiului aerian al României este prezentată în continuare [2], [5], [6].

1906 – Din punct de vedere istoric, actuala Brigadă de Radiolocație

DACIA este continuatoarea tradițiilor militare ale Secțiunii aerostație din subordinea Batalionului 1 Geniu, înființată la data de 1 noiembrie 1906, în baza *Decretului Regal Nr. 3559 din 29 octombrie 1906*, aceasta fiind prima structură a Armatei Române destinată cercetării și supravegherii spațiului terestru și aerian și informării autorităților asupra pericolului de atac aerian.

1916 – Iminența intrării României în prima conflagrație mondială a generat o serie de organizări structurale în urma cărora apărarea împotriva aeronavelor a căpătat o importanță deosebită. În acest context la data de 15 august 1916 în cadrul Serviciului de Apărare Contra Aeronavelor din Comandamentul Cetății București se constituie prima structură din Armata Română destinată exclusiv cercetării și supravegherii spațiului aerian și informării autorităților asupra pericolului de a fi atacați din aer.

1933 – Dezvoltarea foarte rapidă a mijloacelor de atac aerian a pus serios problema eficientizării efortului de apărare aeriană a teritoriului și a trupelor, astfel că la data de 1 martie 1933 se înființează Serviciul General de Pândă și Alarmă. Tot atunci a fost aprobat și „Regulamentul Apărării Pasive contra Atacurilor Aeriene”, regulament care a statuat rolul, locul și misiunile pândei aeriene.

1941 – La intrarea României în cel de-al Doilea Război Mondial, la 22 iunie 1941, supravegherea spațiului aerian era asigurată de către Serviciul General de Pândă Aeriană care a cooperat pe durata războiului cu Serviciul de Pândă Aeriană și Alarmare din compunerea armatelor de arme întru-nite de pe front.

1944 – La data de 19 iunie 1944, în baza Ordinului Nr. 1622 al Statului Major al Aerului, Serviciul General de Pândă Aeriană se transformă în Serviciul General de Informații Aeriene.

1949 – La 15 aprilie 1949 în subordinea directă a MAPN a fost înființat Comandamentul Apărării Antiaeriene a Teritoriului care a luat în subordine Serviciul de Pândă și Informare Aeriană, începând cu data de 28 aprilie 1949 și Regimentul Pândă Aeriană, de la data de 1 mai 1949.

La data de 1 august 1949 se înființează în subordinea Serviciului de Pândă și Informare Aeriană prima companie de radiolocație. Compania a avut atât misiuni operative cât și de formare de cadre, aceasta constituind embrionul radiolocației românești, unde s-au format o mare parte din cadrele ce aveau să constituie sistemul de supraveghere aeriană prin detecție electromagnetică.

1950 – În anul 1950 s-au creat condițiile necesare pentru transformarea Serviciului de Pândă Aeriană în renumitul Serviciu de Observare, Informare și Legături Aeriene (O.I.L.A.).

1952 – Un moment important în evoluția radiolocației l-a constituit perioada aprilie – mai 1952, când, în cadrul batalioanelor independente radio O.I.L.A., pe direcția generală Sud au fost înființate și au intrat în operativitate primele trei companii radiotehnice (Ciacova, Vânu Mare, Palas-Constanța), înzestrate cu stații de radiolocație (radiolocoatoare) de producție sovietică de tipul P-20 și P-3A și trei posturi radiotehnice (Chișineu-Criș, Hunedoara, Pitești-Vest), înzestrate cu radare P-3A.

1955 – Ca urmare a mutațiilor produse în plan organizatoric și a dotării cu tehnică de radiolocație în vara anului 1955 sistemul O.I.L.A., cu cele 21 de companii și cele 492 de posturi de observare vizuală, a fost desființat și în baza Ordinului Ministerului Forțelor Armate, Nr. C.L. 0074 din 25 iulie 1955 s-au înființat, acum 70 de ani, Trupele Radiotehnice.

1957 – După doi ani, prin ordinul Marelui Stat Major C.L./002678, la data de 1 iulie 1957 s-a înființat Compania 963 Radio, cu misiunea de bază de cercetare și bruiaj a radarelor de la bordul aeronavelor și a legăturilor radio de conducere a aviației.

1965 – Pentru îmbunătățirea lucrului operativ în cadrul trupelor radiotehnice din apărarea aeriană a teritoriului, Ministerul Forțelor Armate (MFA) a hotărât ca în cadrul fiecărei divizii de apărare antiaeriană a teritoriului să ia ființă câte o brigadă radiotehnică. Astfel că, în data de 1 august 1965 a luat ființă Brigada 46 Radiotehnică – Ploiești, cu subunități dispuse în jumătatea de Est a României, iar în data de 1 octombrie 1966 a luat ființă Brigada 41 Radiotehnică – Timișoara, cu subunități dispuse în jumătatea de Vest a României.

1973 – Începând cu anul 1973 au fost importate elemente ale sistemului VOZDUH-1, sistem de automatizare a conducerii trupelor radiotehnice, destinat Brigăzii 46 Radiotehnice – Ploiești. La 1 august 1973 ia ființă Brigada 1 Rachete Antiaeriene cu punctul de comandă la Chitila. Aceasta a impus constituirea unei unități radiotehnice pentru asigurarea acțiunilor de luptă ale noii mari unități de rachete antiaeriene și completarea simultană cu date a cercetării și supravegherii spațiului aerian. Astfel, a fost înființat Batalionul 21 Radiotehnic Automatizat-Chitila (Chiajna), primul batalion radiotehnic automatizat din țară. Batalionul a fost dotat cu tehnică modernă de radiolocație și automatizare a conducerii trupelor, fiind

destinat pentru culegerea, transmiterea datelor despre situația aeriană și conducerea automată a acțiunilor de luptă.

1977 – La data de 01.07.1957 s-a înființat Compania 963 Radio, cu misiunea de bază de cercetare și bruiaj a radarelor de la bordul aeronavelor și a legăturilor radio de conducere a aviației. În anul 1977 subunitatea se transformă în Batalionul 147 Luptă Radioelectronică, element de bază al sistemului de cercetare și bruiaj.

1995 – La data de 1 iunie 1995 cele două brigăzi radiotehnice sunt restructurate și se înființează 10 centre de radiolocație, care aveau în subordine un număr variabil de batalioane și companii de radiolocație.

1997 – Este anul care marchează intrarea în înzestrare a primului radar digital 3D, cu distanță lungă de acțiune și mobilitate ridicată de tipul AN/TPS-77 (FPS-117).

1998 – Prin ordinul ministrului apărării naționale sunt desființate Brigăzile 41 și 46 Radiotehnice, iar Centrele de radiolocație intră în subordinea directă a Corpurilor 1 și 2 Aviație și Apărare Antiaeriană. Din anul 1998 au intrat în înzestrare încă 4 sisteme, care sunt vârful de gamă în domeniul supravegherii aeriene la nivel mondial.

2001 – La data de 1 august 2001 un număr de 9 centre de radiolocație se transformă în batalioane și companii de radiolocație și intră în subordinea marilor unități de aviație și rachete sol-aer.

2004 – La data de 1 martie 2004 batalioanele și companiile de radiolocație ies din subordinea bazelor aeriene și a Brigăzii 1 Rachete Sol-Aer, se restructurează și intră în subordinea Comandamentului Operațional Aerian Principal.

2008 – Începând cu data 01.06.2008 se produc noi modificări: Batalionul 4 Radiolocație Chitila și Batalionul 3 Radiolocație Fetești se transformă în Batalionul 1 Supraveghere Aeriană Balotești, având în subordine 13 subunități, iar Batalionul 1 Radiolocație Turda ia în subordine subunitățile Batalionului 2 Radiolocație Bacău, transformându-se în Batalionul 2 Supraveghere Aeriană Câmpia Turzii, având în subordine 14 subunități.

2010 – În luna iulie 2010 sosește în țară și intră în teste operaționale în baza programului *Gap Filler* primul radar 3D de descoperire la joasă altitudine, de tipul TPS-79R. Până în anul 2012 au fost recepționate, operaționalizate și introduse în serviciul de luptă 19 radare de acest tip. La data de 1 noiembrie 2010 batalioanele de supraveghere aeriană s-au reorganizat

și au devenit centre de supraveghere aeriană. Batalionul 1 Supraveghere Aeriană se transformă în Centrul 1 Supraveghere Aeriană cu 15 subunități subordonate, iar Batalionul 2 Supraveghere Aeriană se transformă în Centrul 2 Supraveghere Aeriană cu 14 subunități subordonate.

2015 – La data de 1 septembrie 2015 ia ființă Brigada 76 Cercetare, Supraveghere și Recunoaștere (CSR), fiind astfel concretizate eforturile structurilor din mediul electromagnetic de a funcționa sub o conducere unitară, în măsură să îmbunătățească activitățile de cercetare de radiolocație și prin radiolocație a spațiului aerian, să asigure avertizarea timpurie și să furnizeze informațiile necesare conducerii și executării acțiunilor de apărare aeriană a României, devenind un element important al Sistemului de Informații, Supraveghere și Recunoaștere (SISR) al Armatei Române.

Toate aceste multiple transformări și modificări subliniază necesitatea introducerii unui sistem performant de management, cu o politică de stat coerentă și adecvată situației actuale.

Începând cu anul 2000 radarele execută Serviciul de Luptă Permanent de Supraveghere și Recunoaștere, iar din anul 2004 Serviciul de Luptă Permanent Poliție Aeriană sub comanda NATO, prin acțiuni desfășurate timp de 24 de ore, asigurând informațiile necesare conducerii operaționale a acțiunilor aeriene, managementul armamentului și tehnicii de luptă, integrarea triadei senzori – elemente de decizie – elemente de acțiune, permițând îmbunătățirea și automatizarea proceselor de comandă-control, capacități care asigură superioritatea informațională, decizională și operațională, precum și adaptarea tehnicilor, tacticilor și procedurilor de ducere a acțiunilor în spațiul aerian și electromagnetic.

În prezent în înzestrarea Radiolocației din Forțele Aeriene ale României se găsesc două tipuri de radare digitale (19 radare tip TPS-79R și 5 radare tip AN/TPS-77 / FPS-117), un număr variabil de radare telemetru analogice (P-37, P18 și P-14) și un număr variabil de radare radioaltimetru analogice PRV-13. (Fig. 4).

Radarul Gap Filler/TPS-79 R (Gap filler – umplerea golurilor zonei de supraveghere aeriană) este un sistem radar mobil, destinat în principal pentru supravegherea spațiului aerian la înălțimi mici și medii, în cadrul misiunilor de control al spațiului aerian, precum și pentru misiuni tactice de apărare aeriană (Fig. 4.a). Construit cu tehnologie semiconductoare, cu mobilitate ridicată, acest sistem radar este conceput pentru misiuni independente sau inclus într-un sistem integrat de supraveghere aeriană.

Sistemul detectează și urmărește automat țintele aeriene din zona sa de supraveghere, determină coordonatele acestora și realizează corelarea automată a informațiilor primare, culese de radarul primar și a celor secundare, culese de radarul secundar.

Radarul TPS-79 R este capabil să opereze într-un mediu electromagnetic ostil, cu ținte fixe, în orice condiții atmosferice și marine pe fondul unor puternice măsuri și contramăsuri electromagnetice cu bruij activ și pasiv, bruij de imitație etc. Primul sistem a intrat în dotarea Forțelor Aeriene ale României în anul 2010.



Fig. nr. 4 – Radare digitale: a) Gap Filler/TPS-79; b) AN/FPS-117, sursă: [2].

Radarul AN/TPS-79 (MMSR – Multi-Mission Surveillance Radar) este un radar de supraveghere multi-misiune, mobil, cu rază medie de acțiune, conceput pentru a fi utilizat ca radar de apărare aeriană, precum și pentru aplicații ca radar de control al traficului aerian și ca radar de apărare costieră (Fig. 4.b). Este un radar 3D standardizat în tehnologia semiconductorilor, care are un design modular. Radarul poate fi amplasat clasic în teren sau poate fi deplasat pe uscat, aerian sau maritim, cu timpul de montare (desfășurare) și demontare (strângere) de 90 de minute. Radarul utilizează o antenă parabolică cu un con de emisie monopuls alimentat cu ghid de undă, care generează o diagramă de emisie cosecantă pătrată (Cosec^2) cu polarizare liniară sau circulară. Antena radar secundară este integrată în antena principală și este compatibilă cu sistemul Mode S, eliminând necesitatea celei de-a doua antene. Sistemul radar principal acoperă o zonă cu o rază de acțiune maximă de 110 până la 150 de km pentru aeronavele străine, în timp ce radarul secundar integrat are o zonă

de acțiune de până la 220 de km pentru aeronavele proprii. Îmbunătățirile radarului de bază AN/TPS-79, emițător și antenă modificate, receptoare digitale și procesoare de date radar, îi permit să fie utilizat ca radar de control al traficului aerian (ATCALS) în cadrul sistemului de control al apropierii D-RAPCON, înlocuind radarele de apropiere AN/MPN-14K și AN/TPN-19, depășite moral.

Datorită puterii în impuls mai mare, radarul poate fi utilizat atât pentru controlul de apropiere, cât și pentru aplicații pe rută, iar datorită preciziei sale ridicate, poate fi utilizat și ca radar de apropiere de precizie, oferind astfel controlorilor de trafic aerian un echipament ATC-compact, dar versatil, care poate fi utilizat în orice condiții meteo.

Lockheed Martin Overseas Corporation și M.Ap.N. au semnat un contract pentru livrarea a 17 sisteme TPS-79(R) MMSR, pentru reducerea semnificativă a plafonului de cercetare și supraveghere radar a României.

6. Pionieri ai Radiolocației și Radarului Românesc

Pionierii radarului românesc sunt deschizătorii de drum în domeniu, alături de personalitățile științifice și tehnice cu realizări notabile în domeniul radiolocației și radarului românesc, confirmați prin inovațiile lor științifice și tehnice și menționați în lucrările de specialitate.

Multe din activitățile de cercetare-dezvoltare în domeniul radiolocației și radarului sunt coordonate de Ministerul Apărării Naționale (MApN), prin Departamentul de Înzestrare a Armatei (DIA), iar din anul 2001, prin Direcția Generală pentru Armamente (DGA). Fiind de competența MApN, informațiile publice sunt relativ limitate și confidențiale, astfel că o estimare exactă a inovațiilor științifico-tehnice în domeniul radiolocației și radarului, a factorilor care au impulsivat aplicarea acestora, este dificil de realizat. Totuși, numărul mare de publicații existente reflectă amploarea activităților de cercetare și educație în domeniu [2], [6], [12].

Din analiza publicațiilor existente, rezultă că învățământul de radiolocație și activitatea de cercetare la toate nivelurile – de la toate formele de învățământ tehnic, de comandă și management, post liceal, universitar, post universitar, doctoral, post doctoral și până la activitățile Agenției de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare (ACTTM) – au contribuit la continua creștere a performanțelor științifice și tehnice în domeniul radiolocației și radarului românesc.

O evaluare statistică făcută de autori la data de 30 august 2025 privind

numărul de lucrări elaborate în domeniul Radioelectronicii și Radiolocației este reprezentativ:

– Cărți și monografii științifice publicate în Editurile Academiei Militare, Academiei Tehnice Militare Ferdinand I și în alte edituri (peste 100 publicații);

– Teze de doctorat susținute în Academia Tehnică Militară „Ferdinand I” și în alte instituții de învățământ superior tehnic (peste 125 de teze);

– Materiale universitare: cursuri și manuale universitare (peste 50), lucrări de diplomă, licență (peste 500);

– Articole științifice în reviste și volumul manifestărilor științifice (evaluarea lor necesită noi studii bibliografice).

Volumul mare de publicații reflectă nivelul ridicat la care a ajuns cunoașterea în domeniul radiolocației și radarului.

O categorie importantă de publicații este cea care abordează istoria radiolocației și radarului în România și în lume – peste 20 de lucrări istorice și istorico-literare. În Tabelul 2 sunt prezentate principalele cărți publicate în România în domeniul istoriei radiolocației și radarului.

Tabel nr. 2 – Cărți publicate de autori români în domeniul istoriei radiolocației și radarului

An apa- riție	Autori	Titlul cărții	Editura
1995	Gl. Lt. Mircea Agapie, Mr. Dănuț Mircea Chiriac, Mr. Ion Emil, Mr. Constantin Hlihor	De la Școala Superioară de Război la Academia de Înalte Studii Militare. Comandanți, Profesori, Absolvenți (1889–1995)	Editura Aca- demiei de Înalte Studii Militare, București
1999	Col. (rtr.) dr. Sorin Vegheș	<i>Radiolocația și suve- ranitatea națională la cumpăna mileniilor</i>	Editura Aca- demiei de Înalte Studii Militare, București
1999	Col. (r) Nicolae Petrică, Col. dr. Con- stantin Teodorescu	<i>Scutul electronic</i>	Editura Sylvi, Bucu- rești

An apa- riție	Autori	Titlul cărții	Editura
2001	Gl. D. (Rtr.) Neculai Iordache, Gl. Bg. (Rtr.) Radu Vlăsceanu, Col. (Rtr.) Ion Savu, Col. (Rtr.) Constantin Chiper	<i>Istoria Radiolocației din Apărarea Antiaeriană a României</i>	Editura Pro Transilvania, București
2001	Gl. D. (r) Eugen Teodorescu, Col. dr. Visarion Neagoe, Lt. Col dr. Ioan Munteanu	<i>Supravegherea aeriană – De la mitolocație la radiolocație</i>	Editura Sylvi, București
2004	Cpt. Cdor. Mircia Țiplea, Lt. Cdor. Hageanu Daniel, M.M. Clementin Isprăvnicelu	<i>Monografia Școlii Militare de Maiștri Militari și Subofițeri a Forțelor Aeriene – 1920 – 2004</i>	Mediaș
2004	Gl. Bg. Dr. Constantin Ucrain, Col. (r) Constantin Chiper	<i>Personalități ale artileriei și radiolocației</i>	Editura Pro Transilvania, București
2009	Cornel Lazăr	<i>În colbul rotitor de stele</i>	Editura Psihomedica, Sibiu
2013	Col. (rtr) Vasile Moldovan	<i>Memoriile unui soldat</i>	Brașov
2013	Decebal Lungu, Aurel Pentelescu	<i>Cartea Promoției de ofițeri tehnici de radiolocație – București, 1957 – 1960</i>	Editura Editgraph, Buzău
2014	Marius Adrian Nicoară, Ionuț Constantin Petcu, Daniel Stan	<i>Cartea cu prieteni: mărturii, impresii, amintiri. Aurel Pentelescu la 75 de ani</i>	Editura Editgraph, Buzău
2018	Gl. Bg. Vasile Mihalache	<i>Așa cum a fost ... – Amintiri</i>	Editura Axa, Botoșani
2019	Col. (r) dr. ing. Anton Muraru	<i>Radarul Românesc – O istorie vie</i>	Editura AGIR, București
2020	Gheorghe I. Gheorghe	<i>La ecranele Radar prin Ținutul Pontic</i>	Editura Hoffman, Caracal

An apa- riție	Autori	Titlul cărții	Editura
2020	Eugen Moș, Marcel Man	<i>Oameni și fapte. Monografia promoției 1974 a Școlii Militare de Ofițeri Activi de Artilerie Antiaeriană și Radiolocație „Leontin Sălăjan”, Brașov – Arma Radiolocație</i>	Ploiești
2020	Lt. Col. Ing. (Rdlc) Ladislau Penzes	<i>Contribuția unor state privind dezvoltarea Radarului</i>	Editura Eurostampa
2020	Col. dr. ing. Ioan Gheorghe Rațiu	<i>Considerații privind Istoria Radiolocației în România</i>	Editura Universității Transilvania, Brașov
2023	Maria Taflan	<i>O privire spre lumină, Dumitru N. Taflan (1939 – 2019)</i>	Editura Ecou Transilvan, Cluj-Napoca
2023	Cristian George Presadă, Marian Miu	<i>Radarele din Bărăgan – 65 (1958 – 2023)</i>	Editura Metamorfosi, Slobozia
2024	Gheorghe I. Gheorghe	<i>În prima linie (Jurnal)</i>	Editura Detectiv literar, București

Autorii celor mai noi lucrări în domeniul istoriei radiolocației și radarului românesc sunt desăvârșiți radiolocatoriști, specialiști cunoscuți și recunoscuți în marea familie a radiolocatoriștilor români: Lt. col. (Rtr.) ing. Ladislau Penzes – reputat specialist de radiolocație; Col. (Rtr.) dr. ing. C.S. I Anton Muraru – membru titular CRIFST al Academiei Române, unul dintre pionierii primului radar românesc START–1M, care a primit în 2021 „Premiul Petre Sergescu” al Academiei Române, în domeniul Istoria științelor și tehnicii; Col. (Rtr.) Constantin Crăciun, comandant de unitate operativă de radiolocație, supranumit și „Comandantul radiolocației dobrogene”; Col. (Rtr.) conf. univ. dr.ing. Ioan Gheorghe Rațiu, membru titular CRIFST al Academiei Române.

Din lista lucrărilor literare, se remarcă romanele cu tematică de radiolocație „Nepoții lui Argus” și „În prima linie (Jurnal)”, autor Col. (Rtr.) Gheorghe I. Gheorghe și serialul online „Drumuri printre amintiri”, cu peste

590 de episoade, câte unul pe săptămână, autor Col. (Rtr.) Ion Sofronie, ambii ofițeri de radiolocație, scriitori și renumiți jurnaliști militari.

Publicațiile științifico-tehnice și cele din categoria istoriei radiolocației și radarului demonstrează că într-o perioadă relativ scurtă, de șapte decenii de radiolocație românească, activitățile de învățământ împreună cu cele de cercetare științifică au avut drept scop cunoașterea și modernizarea tehnicii radar existente, crearea de echipamente radar noi și managementul superior al informațiilor radar în instituțiile din România. Se disting principalele centre de cercetare și inovare în domeniu:

- Academia Tehnică Militară „Ferdinand I”, București (ingineri de radiolocație);

- Academia Militară Generală, Academia de Înalte Studii Militare (AISM), în prezent Universitatea Națională de Apărare „Carol I” (UNAp) (ofițeri de radiolocație de comandă și stat major);

- Școala militară de ofițeri tehnici de radiolocație din București, urmată de cea de ofițeri activi din Brașov, cu profil de rachete, artilerie anti-aeriană și radiolocație, acum Academia Forțelor Aeriene „Henri Coandă”;

- Centrul de Instrucție al Trupelor Radiotehnice din Ploiești, unde au efectuat stagiul militar cu termen redus în arma radiolocație mii de absolvenți sau candidați admiși la facultățile cu profil electronic din țară (ulterior Școala de Aplicație pentru Radiolocație, acum Școala de Aplicație a Forțelor Aeriene de la Boboc-Buzău);

- Școala Militară de Maiștri Militari și Subofițeri de Radiolocație din Brașov, apoi Școala de Maiștri Militari și Subofițeri a Forțelor Aeriene Brașov, acum la Boboc-Buzău, cu rol important în pregătirea tehnicienilor radar;

- Facultățile de Electronică și Telecomunicații din componența unor universități și școli politehnice din țară.

Există colaborări de succes între instituțiile de învățământ și centrele de cercetare. Un exemplu în domeniul procesării semnalelor radar, este cel al Prof. univ. dr.ing. Silviu Ciochină, fost director al Departamentului de Telecomunicații din cadrul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației (FETTI) din Institutul Politehnic București, azi Universitatea Națională de Știință și Tehnologie din București, coordonatorul realizării procesorului numeric pentru radarul Doppler în impuls și a procesorului numeric pentru selecția țintelor mobile, bazat pe o bancă de filtre Doppler, în colaborare și la solicitarea Institutului de Cercetări al

Armatei. Un alt exemplu este cel al colectivului format din șef de lucrări dr. ing. Andrei Anghel, conf. univ. dr. ing. Remus Cacoveanu, prof. univ. dr. ing. Mihai Datcu și prof. univ. dr. ing. Silviu Ciochină, care au introdus treptat în activitatea de cercetare radarul cu apertură sintetică (SAR – *Synthetic Aperture Radar*), cu rezultate deosebite, unele în premieră mondială.

După anul 1989, în fruntea celor două structuri DIA și DGA au fost ofițeri ingineri de radiolocație, care au avut o contribuție deosebită în promovarea asimilării de echipamente radar noi sau modernizate prin forțe proprii și prin cooperare industrială cu firme de prestigiu din lume, e.g. Marconi Radar Projects (Marea Britanie), Lockheed Martin (SUA), Thomson (Thales), Franța ș.a.

Un aport însemnat în procesul de asimilare a tehnicii de radiolocație l-au avut și reprezentanții militari din întreprinderile din economia națională, membri ai comisiilor de omologare și de măsurători, precum și personalul operativ de radiolocație, care prin propunerile de îmbunătățire a soluțiilor tehnice adoptate de către cercetători și proiectanți au contribuit la creșterea calității echipamentelor și optimizarea ducerii acțiunilor de luptă de radiolocație.

Volumul omagial [16] publicat cu prilejul aniversării a 65 de ani de la înființarea Radiolocației României, a fost dedicat Radiolocației ca armă tehnică militară, dar și radiolocatoriștilor militari, oameni instruiți și pregătiți profesional, care au exploatat, inovat, creat, construit, administrat, organizat, condus și desfășurat toate tipurile de activități prin care sistemul tehnic foarte complex – Sistemul de Radiolocație al României – funcționează neîntrerupt de peste șapte decenii.

În prezent, când peste tot în lume au loc și se accelerează procese care reconstruiesc din temelii ordinea globală, România se află în stare de alertă geopolitică de nivel ridicat. Urmând transformările radicale din unele țări occidentale, cu precădere din SUA și UE, sistemul de apărare națională al României va fi modernizat prin adoptarea Strategiei Naționale de Apărare [17]. Neadaptarea la noile realități geopolitice, dinamice și imprevizibile, poate avea consecințe negative grave pe termen lung privind securitatea spațiului românesc.

Cunoscând importanța deosebită a radarului în cadrul Sistemului Național de Apărare, sărbătorirea în anul 2025 a aniversării a 70 de ani de istorie a radiolocației și radarului românesc (25 iulie 1955 – 25 iulie

2025) și aniversarea a 112 ani de existență a supravegherii spațiului aerian al României (iunie 1913 – iunie 2025) s-a desfășurat cu mândrie, respect și decență, având în vedere condițiile actuale, naționale și internaționale.

În cadrul proiectului național de realizare a „*Istoriei tehnicii românești*” propus de către Comitetul Român pentru Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii (CRIFST), o „*Istorie a radiolocației în România*” nu trebuie să lipsească, deoarece aceasta face parte din Patrimoniul național al poporului român.

7. Concluzii

Istoria radiolocației românești, armă de sine stătătoare în cadrul Armatei României, deși are o istorie relativ tânără comparativ cu istoria altor arme, are realizări însemnate, ceea ce justifică o abordare retrospectivă, istorică, științifică și tehnică asupra dezvoltării radiolocației și radarului în România.

Dezvoltarea radiolocației ca metodologie științifico-tehnică și introducerea radarului ca sistem tehnic de supraveghere a spațiului aerian au avut loc în strânsă legătură cu progresul cunoașterii științifice și cu condițiile economice, sociale și politice din România.

Învățământul de radiolocație și activitatea de cercetare la toate nivelurile – de la toate formele de învățământ și până la Agenția de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare – au contribuit la continua creștere a performanțelor științifice și tehnice în domeniul radiolocației și radarului românesc.

În decursul timpului au fost publicate nenumărate cărți și monografii științifice cu tematică din domeniul tehnicii de radiolocație, dar și cărți despre istoria radiolocației, scrise de tehnicieni care au contribuit la dezvoltarea acestui domeniu tehnic de vârf.

Autorii care au abordat istoria radiolocației și a radarului românesc au fost și sunt specialiști în domeniul tehnic, de conducere și management de radiolocație, care au trăit și au făurit istoria radiolocației și radarului românesc, ceea ce conferă o înaltă valoare și veridicitate lucrărilor lor. Desigur că o abordare extinsă, care să includă nu doar istoria intrinsecă a radiolocației și radarului românesc ci și istoria externă – cea care reflectă cauzele și condițiile în care s-a dezvoltat aceste inovații științifico-tehnice, în corelare cu ansamblul dezvoltării societății românești – aceasta poate deschide noi

căi și perspective de cercetare în domeniul istoriei și filosofiei științei și tehnicii românești și mondiale.

Personalități de excelență în domeniul radarului și radiolocației românești au contribuit la formarea de noi și noi generații de ingineri și tehnicieni specialiști de înaltă probitate profesională care au lucrat nemijlocit în întreprinderi românești de profil sau în unități militare de radiolocație pe diferite trepte ierahice. Ei merită și trebuie să fie omagiați și prezentați în cărțile și lucrările dedicate istoriei radarului și radiolocației pentru contribuțiile lor ca specialiști și factori de decizie în elaborarea unor strategii de dezvoltare a radiolocației în România.

Bibliografie:

- [1] KIRITESCU, Constantin, *Istoria războiului pentru întregirea României, 1916–1919*, Editura Stiintifică și Enciclopedică, București, 1989.
- [2] MURARU, Anton, *Radarul românesc. O istorie vie*, Editura AGIR, București, 2019.
- [3] RAȚIU, Ioan-Gheorghe, *Istoria Radiolocației / Radarului în România*, în *Hermeneutica: historiae et philosophiae scienciae et technicae. Lucrările de absolvire a cursului „Inițiere în istoria și filosofia științei și tehnicii”*, Brașov, 2009, Coordonatori: HELEREA, Elena, CĂLIN, Marius-Daniel, DINU, Elena-Angelica, Editura Universității Transilvania, Brașov, 2019.
- [4] * * * Calendar militar, https://www.mapn.ro/calendar_militar/, accesat la data de 05.08.2025.
- [5] IORDACHE, Neculai, VLASCEANU, Radu, SAVU, Ion, CHIPER, Constantin, *Istoria radiolocației din apărarea antiaeriană a României*, Editura Pro Transilvania, București, 2001.
- [6] RAȚIU, Ioan-Gheorghe, *Considerații privind Istoria Radiolocației în România*, Editura Uiversității Transilvania, Brașov, 2020.
- [7] GALATI, Gaspare, van GENDEREN, Piet, *History of radar: the need for further analysis and disclosure*, The 11-th European Radar Conference, Rome, 2014, 25–28, doi: 10.1109/EuRAD.2014.6991198.
- [8] BAUER, Arthur, *Christian Hülsmeier and about the early days of radar inventions*, Foundation Centre for German Communications and Related Technologies, 2005, G:\Mijn Documenten\Early radar I FINAL[5b].wpd
- [9] KOCH, Wolfgang, *On the Early History of Radar Data Fusion and Adaptive Radar Management in Germany*, The 8-th IEEE History of Electrotechnology

- Conference (HISTELCON), Florence, Italy, 2023, pp. 92–94, doi: 10.1109/HISTELCON56357.2023.10365778.
- [10] RULEA, George, *Radiolocație*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
- [11] BORISOVA, Nina, *Beginning of soviet broadcasting and first soviet radar projects as example of state influence on innovations*, 2015 ICOHTEC/IEEE International History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference (HISTELCON), Tel-Aviv, Israel, 2015, pp. 1–5, doi: 10.1109/HISTELCON.2015.7307320.
- [12] LEONOV, Alexander, *History of monopulse radar in the USSR*, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 13, no. 5, pp. 7–13, May 1998, doi: 10.1109/62.673736.
- [13] CHERNYAIC, Victor, IMMOREEV, Igor, *A Brief History of Radar in the Soviet Union and Russia*, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 24, no. 9, pp. B1-B32, Sept. 2009, doi: 10.1109/MAES.2009.5282288, A Brief History of Radar | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore
- [14] PRUNARIU, Dumitru-Dorin, ANTONIU, Dan, OLIVOTTO, Constantin, BERBENTE, Corneliu-Octavian, *Istoria Aviației, Tehnicii Rachetelor și Științelor Aerospațiale*, Capitolul 7, în: *Istoria Tehnicii și a Industriei Românești*, Vol. 2, *Electrotehnica, Energetica, Transporturile și Învățământul Tehnic*, Coordonator: BANABIC Dorel, Editura Academiei Române, București, 2020.
- [15] PENZES, Ladislau, *Contribuția unor state privind dezvoltarea Radarului*, Editura Eurostampa, Timișoara, 2020.
- [16] RAȚIU, Ioan-Gheorghe, *Septuagenarul aniversar al radiolocației și radarului românesc*, 2025, https://afas.ro/wp-content/uploads/2025/07/20250715_N_XXX_-Septuagenarul-aniversar-al-radiolocatiei-si-radarului-romanesc_01838.pdf
- [17] * * * Strategia Națională de Apărare a Țării, 2020 – 2024, <https://www.mapn.ro/legislatie/>, accesat în 06.08.2025.